

# De werkzaamheden van Martinus van Marum als chemicus tussen 1781 en 1798

door C. H. J. van Soest.

92 M. van Marum : 54 „18”

Een beknopt overzicht wordt gegeven van *van Marum's* ideeën en werkzaamheden als aanhanger van de phlogistontheorie, van zijn „bekering” tot de theorie van *Lavoisier*, en van zijn ideeën en werkzaamheden als aanhanger van deze nieuwe theorie.

## Inleiding.

Martinus van Marum (geboren te Delft in 1750, gestorven te Haarlem in 1837) heeft zich met zeer vele en uiteenlopende onderwerpen der natuurwetenschappen bezig gehouden. Hij promoveerde tot doctor in de filosofie op een botanische dissertatie en tot doctor in de geneeskunde; beide promoties vonden plaats in Groningen in de maand Augustus van het jaar 1773. Voorts is een lange lijst samen te stellen van functies die hij bekleed heeft, en van wetenschappelijke genootschappen, waarvan hij lid geweest is.

In zijn bibliografie zijn artikelen en verhandelingen te vinden over biologische, natuur- en scheikundige, en mineralogische onderwerpen in zeer uitgebreide zin. Hij beperkt zich hierin namelijk niet tot zuiver wetenschappelijke waarnemingen en conclusies, maar zijn belangstelling strekt zich ook uit tot de praktische toepassingen en de problemen die daarmee samenhangen. In dit opzicht kunnen wij bijvoorbeeld noemen zijn experimenten over elektrische ontladings-

gen en over geleiders en de conclusies die hij hieruit trekt voor het vraagstuk van goede bliksemalleiders. Deze proefnemingen tonen *van Marum* als een nauwkeurig en inventief experimentator, wat misschien nog wel meer tot uiting komt in het grote aantal toestellen dat door hem is ontworpen, verbeterd of vereenvoudigd. Het bekendste hiervan is ongetwijfeld de grote electriseermachine van Teyler's Museum, op aanwijzingen van *van Marum* gebouwd door de instrumentmaker *Cuthbertson* uit Amsterdam, welke machine in de loop der jaren steeds meer verbeterd en vergroot werd, zodat hij tenslotte beschikte over een toestel dat, volgens zijn eigen oordeel, in vermogen nergens werd geëvenaard.

Ook is *van Marum* zuiver technisch werkzaam geweest. Zo construeerde hij een draagbare brandspuit en later gaf hij adviezen over het verlenen van octrooien.

In de tijd, waarin *van Marum* zijn wetenschappelijke loopbaan begon, werd in de scheikunde nog algemeen de PHLOGISTON-theorie van *Stahl* aan-

vaard, op welke theorie we later zullen terugkomen. In 1774 verschijnen de eerste proeven van *Lavoisier* in druk, die niet met deze theorie in overeenstemming zijn en langzamerhand komt *Lavoisier* tot een geheel nieuwe theorie der scheikunde. Aanvankelijk heeft hij practisch geen aanhang, maar door de overtuigende bewijzen die hij door zijn experimenten voor zijn theorie weet bijeen te brengen, wordt deze geleidelijk groter en er ontstaat een felle strijd tussen *Stahlianen* en *Lavoisieranen* (de uitdrukkingen zijn van *van Marum*), die pas omstreeks 1800 beëindigd is in het voordeel van laatstgenoemden. *Van Marum* zegt in de voorrede tot zijn verhandeling van 1798, dat bijna niemand van de scheikundigen van naam hier te lande nog tegen de nieuwe leer gekant is.

*Van Marum* is de eerste in Nederland geweest die zich openlijk voor de nieuwe leer van *Lavoisier* heeft uitgesproken. In zijn verhandelingen van 1781, 1783 en 1785 doet hij zich kennen als een aanhanger der phlogistontheorie, maar na zijn bezoek aan Parijs in de zomer van 1785 wordt hij in de winter van 1785/1786 tot de ideeën van *Lavoisier* bekeerd.

Wij willen nu in dit artikel, na eerst even op de phlogistontheorie te zijn ingegaan, een overzicht geven van *van Marum's* werkzaamheden als *Stahliaan*, van de redenen die hem er toe hebben gebracht de phlogistontheorie de rug toe te keren, en van zijn werkzaamheden als *Lavoisieraan*.

## Hoofdstuk I.

### *De phlogistontheorie van Stahl* <sup>1)</sup> <sup>2)</sup>.

Enige punten van de phlogistontheorie van *Stahl* zijn:

1. Het phlogiston heeft een „aardachtige natuur”.
2. Bij verbranden van een stof treedt het phlogiston uit de stof; brengt men deze in zijn oorspronkelijke toestand terug, dan neemt zij phlogiston op. Het phlogiston is een wezenlijk bestanddeel der metalen; verkalken van metalen betekent dus uitdrijving van het phlogiston.
3. Het phlogiston is niet zuiver af te scheiden.

Uit deze punten kan men afleiden, dat verbranding ophoudt, wanneer de lucht geen phlogiston meer opneemt: *gephlogisteerd* is. Het is namelijk mogelijk, dat lichamen die veel phlogiston bevatten, dit afstaan aan andere die het niet of minder bevatten. Zo kan bijvoorbeeld water geen phlogiston aannemen, terwijl zwavel, phosphor en waterstof er zeer rijk aan zijn. Naarmate er meer experimenten bekend werden, die niet volledig met deze theorie klopten, werden verschillende wijzigingen voorgesteld, onder andere:

- a. De vuurstoftheorie van *Baumé*. Deze zegt dat phlogiston geen element is, maar „un principe secondaire composé de deux éléments primitifs qui sont le feu pur et la terre vitrifiable”.
- b. De lichtstoftheorie van *Maquer*: Phlogiston is een onveranderlijk „beginsel”, het is de lichtstof zelf.
- c. De theorie van *Scheele*: Phlogiston is een elementaire stof met een eigen aard, die niets met gebonden vuur gemeen heeft, maar zich bij zijn ontwikkeling met de zuivere lucht — de vuurlucht (in onze hedendaagse nomenclatuur: de zuurstof) — onder verspreiding van warmte verenigt.
- d. De waterstof-phlogistontheorie van *Kirwan*. *Cavendish* e.a. Hierin wordt gezegd, dat de ont-

vlabbare lucht de enige ware grondstof is, waarvan de brandbaarheid afhangt en die in alle dierlijke, plantaardige en minerale stoffen aanwezig is; zij is het phlogiston zelf en bevat noch zuur noch aarde noch enig ander bestanddeel en is in zuivere toestand steeds aan zichzelf gelijk (met ontvlambare lucht wordt waterstof aangeduid).

*Van Marum* is, zoals wij zullen zien, overtuigd van een grote verwantschap tussen „electrische stof” en phlogiston.

De grootste moeilijkheid voor de phlogistontheorie kwam, toen men ontdekte, dat stoffen (inzonderheid metalen), die verkalkt (verbrand) werden, in gewicht toenamen, terwijl toch het phlogiston er uit verdween. Oplossingen werden gezocht in de reeds genoemde richtingen, en ook door phlogiston een negatieve zwaarte toe te kennen. Dit berust op de reeds bij *Aristoteles* aanwezige gedachte, dat gewicht geen noodzakelijke eigenschap is voor iedere op aarde aanwezige stof.

Tot *Lavoisier* heeft men lucht als een element beschouwd, tot *Cavendish*, die in 1781 door het verbranden van waterstof in zuurstof water verkreeg, had men ook deze mening over water. Het element aarde had reeds lang afgedaan, het had te veel verschillende vormen. Omtrent het vuur is men echter in deze tijd nog niet veel wijzer dan in de tijd van *Aristoteles*.

## Hoofdstuk II.

### *Van Marum als Stahliaan (tot 1785)*.

*Van Marum* heeft als aanhanger van de phlogistontheorie drie natuurkundig-scheikundige verhandelingen geschreven <sup>3)</sup> <sup>4)</sup> <sup>5)</sup>, als men de verhandelingen, die vrijwel uitsluitend de electriciteit tot onderwerp hebben en een enkel klein artikel over oliën en vetten niet meerekent. In zijn eerste stuk, dat tegelijkertijd het eerste stuk is van de werken door *Teyler's Tweede Genootschap* uitgegeven, geeft hij aan het begin enige verklaringen en definities van begrippen, wat voor de moderne lezer het begrijpen van zijn gedachtengang zeer vergemakkelijkt. Hij zegt dan dat de „luchten”, waarover hier gesproken wordt, hun naam ontleen aan het Griekse woord *φλογίζον*, waardoor de scheikundigen van die dagen de VUURSTOF aanduidden. Het leek *van Marum*, dat deze vuurstof in alle „lichamen” voorkwam, „ja zelfs een voornaam medezamenstellend deel derzelven uitmaakte”. Vele lichamen veranderen totaal als zij hun phlogiston verliezen. De vuurstof werd als een hoofdstof beschouwd en daarom werd onvermengd phlogiston wel *hoofdstoffelijk vuur* genoemd. Heeft de dampkringslucht meer phlogiston opgenomen dan zij gewoonlijk bezit, dan noemt men haar *gephlogisteerde lucht*; als een luchtsoort minder phlogiston bevat dan gewoonlijk de dampkringslucht, dan noemt men haar *gedephlogisteerde lucht*.

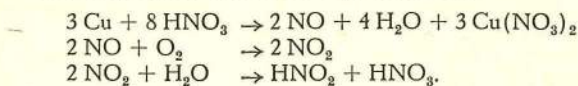
Allereerst willen wij nu wijzen op de tweeslachtigheid waar het *gephlogisteerde* lucht betreft. Zo staat in het begin, dat lucht onder meer *gephlogisteerd* wordt door haar te brengen bij een mengsel van zwavel en staalvijsel. Dit is de (merkwaardige) methode, waarop *van Marum* later, als aanhanger van *Lavoisier's* theorie, uit dampkringslucht de zuurstof haalt om zodoende met „zuivere” stikstof te kunnen werken. Deze *gephlogisteerde* lucht is dus stikstof. Maar enkele hoofdstukken verder worden ademhalings-

proeven met dieren genomen, waaruit blijkt dat deze, als zij een bepaalde tijd in een afgesloten ruimte geademd hebben, sterven omdat de lucht geheel geflogisteerd is. Dit mengsel van kooldioxyde en stikstof wordt dus met dezelfde naam aangeduid als tevoren stikstof alleen. Toch was kooldioxyde of vaste lucht wel bekend, want al in zijn „Verhandeling over het Electrizeeren” van 1776 spreekt *van Marum* over vaste lucht, die door opbruising van kalk met vitrioololie wordt verkregen.

Als een interessant voorbeeld van de proeven over „luchten” genomen, zij hier de volgende uitvoering besproken:

Stelling: De lucht van de dampkring neemt ook phlogiston aan als zij wordt vermengd met lucht, die bij de ontbinding van metalen in salpetergeest (= salpeterzuur) wordt verkregen.

Wij schrijven hiervoor bijvoorbeeld:



*Van Marum* zegt hierover het volgende: De metalen worden in hun beginselen ontbonden, phlogiston scheidt zich van hun aardachtige delen af en vermengt zich dan met de damp van de bij deze ontbinding kokende salpetergeest. Deze menging met het phlogiston veroorzaakt een bestendige veerkracht bij de salpeterdamp, waarom deze salpeterlucht genoemd wordt. (Een veerkrachtige vloeistof is wat wij tegenwoordig damp noemen). Mengt men nu de salpeterlucht met gewone lucht, dan treedt verlies van veerkracht op en vindt opslorping door water plaats. Op grond van het feit dat hij ziet, dat bij menging van salpeterlucht en gewone lucht het volume vermindert, komt *van Marum* tot de conclusie dat er drie mogelijkheden zijn:

1. Het mengsel als zodanig krimpt ineen.
2. De gewone lucht wordt door het water opgeslorpt.
3. De salpeterlucht wordt door het water opgeslorpt.

1. en 2. vinden niet plaats, want dan zou de salpeterlucht overblijven en daarvan is niets merkbaar. Dus wordt salpeterlucht door het water opgeslorpt. Dit kan echter niet dan nadat zij haar veerkracht verloren heeft bij de menging. Het phlogiston moet dus zijn afgestaan aan het water of aan de lucht, waarmee gemengd is. Water kan echter geen phlogiston aannemen; dit moet dus aan de lucht zijn afgestaan. *Van Marum* gebruikt de vermenging van salpeterlucht met gewone lucht om na te gaan in welke mate de lucht geflogisteerd is. Hij neemt lucht die voor  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  en  $\frac{3}{4}$  is geflogisteerd en het blijkt hem dat deze zich ook maar voor  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  en  $\frac{1}{4}$  met salpeterlucht vermengt. Hij meet namelijk de volumevermindering.

*Van Marum* doet echter niet alleen kwalitatieve, maar ook kwantitatieve proeven. Hij meet bijvoorbeeld de verkregen hoeveelheid „lucht” die uit een afgewogen hoeveelheid menie met zoutzuur wordt bereid, maar omdat onze begrippen grammolecuul en molecuulgewicht hem onbekend zijn, is het succes gering. Op grond van deze proeven komt hij tot de volgende bewering, die hier wordt aangehaald, omdat zij in schrille tegenstelling is met wat hij vijf jaar later verdedigt:

Dus blijkt het, dat die geen en dwaalen, welke meenen, dat de lucht, welke uit de menie of andere kalken der metaalen verkregen wordt, die lucht zij, welke bij de verkalking met de kalk

vereenigd is, welke lucht dan naar hunne gedachten daarom geflogisteerd zou zijn, omdat de menie, een lichaam zijnde, hetgeen van phlogiston beroofd is, met hetzelfde een grooter affiniteit dan de lucht zoude oefenen en dat derhalven het phlogiston uit die lucht door de menie zou worden opgenomen... De gedephlogisteerde lucht moet uit de vermenging der aardachtige deelen zelven van die zelfstandigheden en der zuuren, waarvan zij doortrokken zijn, geboren worden.

Opmerkelijk is ook de proef, die *van Marum* neemt in navolging van de Engelsman *Priestley* en die de theorie van *Lavoisier* schijnt tegen te spreken (de theorie van *Lavoisier* wordt helemaal niet genoemd; vermoedelijk heeft *van Marum*, die haar zeer waarschijnlijk wel heeft gekend, haar zo onbelangrijk gevonden, dat hij haar niet eens in zijn beschouwingen betrok; hierop zou ook een passage uit het voorwoord tot zijn verhandeling van 1798 kunnen wijzen). Naar aanleiding van proeven met kwik en kwikoxyde komt hij namelijk tot de stelling:

dat de aardachtige deelen van die zelfstandigheden, uit welke lucht wordt voortgebracht, zelven mede tot lucht overgaan, wat blijkt uit de vermindering van gewicht, die zij ondergaan.

Hij verhitte kwik aan de lucht, waardoor kwik-oxyde („het roode praecipitaat van kwik”) ontstond. Werd dit kwikoxyde door hogere verhitte weer ontleed, dan werd ook bij zeer zorgvuldig opvangen van de kwikdampen minder kwik teruggewonnen dan waarvan men was uitgegaan. De oorzaak van dit verschijnsel zal wel te vinden zijn in de onvolkomenheid van apparatuur en techniek.

Vroeger was al gebleken, dat zuivere gedephlogisteerde lucht vijf maal minder phlogiston bevat dan gewone lucht; dus moeten één deel zuivere gedephlogisteerde lucht plus vier delen geflogisteerde lucht evenveel phlogiston bevatten als gewone dampkringslucht. Dit werd bewezen door menging met salpeterlucht, door het laten branden van kaarsen en door het plaatsen van vinken in gesloten glazen klokken, waarin zich de ene keer gewone dampkringslucht bevond en de andere keer bovengenoemd mengsel. In beide brandde de kaars even lang en stierf de vink even gauw.

De tweede afdeling van deze verhandeling heeft tot titel: „Hoe de natuurkennis van verscheiden zaaken uit de proefneemingen omtrent deze luchten wordt opgehelderd; in hoeverre de eigenschappen dier luchten zelve hieruit verstaan worden; en welke nuttige gevolgen dezelve medebrengen of er uit kunnen voortvloeien”. De uitgangstellingen van deze opheldering luiden:

Uit brandende lichamen vloeit voortdurend phlogiston uit:

1. Als de lucht geen phlogiston meer opneemt, kan de vlam niet voortbestaan en gaat uit; een lichaam in een besloten ruimte brandt dus maar een beperkte tijd, daarna is die ruimte met phlogiston verzadigd.
2. Als de vlam in lucht met minder phlogiston komt, brandt zij heftiger, want deze lucht neemt het phlogiston gerader op; vuur brandt dan ook sterker als het wordt aangeblazen, omdat dan voortdurend minder-gephlogisteerde lucht wordt aangevoerd; aanblazen met vaste lucht veroorzaakt echter uitdoving.

Met deze stellingen als basis behandelt *van Marum* uitvoerig de ademhaling van mens en dier; hij gaat in op experimenten van *Priestley* en van de in Engeland wonende Nederlander *Jan Ingenhousz* over de

ademhaling der planten in vaste lucht, dampkringslucht, gedephlogisteerde lucht en mengsels van deze. Aan het einde volgen enkele nuttige wenken voor goede ventilatie in kamers en voor het redden van drenkelingen door middel van kunstmatige ademhaling, gebaseerd op de ervaringen met bovengenoemde proeven opgedaan.

Deze proeven zijn uitgewerkt en uitgebreid in samenwerking met *Adriaan Paets van Troostwijk* en de resultaten zijn neergelegd in hun verhandeling van 1783<sup>4)</sup>. Veel nieuwe gezichtspunten bevat zij niet. Belangrijk is de vermelding van koolmonoxyde, natuurlijk niet als zodanig, maar er wordt onderscheid gemaakt tussen lucht, die ontstaat uit glimmende kolen en lucht uit gloeiende kolen. Over de aard van eerstgenoemde wensen zij zich niet verder uit te laten, omdat het voor hen met de hun ten dienste staande middelen onmogelijk is, hierover iets naders te bepalen. Zij vermelden slechts, dat dit gas ontstaat, indien de hoeveelheid beschikbare lucht enigszins evenredig is met de hoeveelheid kolen (wij zouden zeggen bij beperkte verbrandingsmogelijkheid) en dat de dieren die erin gestikt zijn, niet meer gered kunnen worden door hen in zuurstof te plaatsen, in tegenstelling tot de dieren, die men in vaste lucht liet stikken en die daarna in gedephlogisteerde lucht weer vrij snel tot leven kwamen. Overigens worden beide gassen aangeduid als lucht, die verzadigd is met phlogiston en daarom niet in staat het bloed van zijn overtollig phlogiston te ontlasten, waardoor zij ongeschikt is voor de ademhaling van mens en dier.

In de verhandeling van 1785<sup>5)</sup> tenslotte, de laatste die *van Marum* als „phlogistiker” heeft geschreven, worden proeven beschreven, door hem met zijn nieuwe grote electriseermachine genomen op allerlei gassen en dampen. De electriciteit wordt aangeduid als elektrische stof, een benaming die *van Marum* ook nog in 1798 bezigt.

Het is te betreuren dat *van Marum* haast heeft moeten maken met het publiceren van dit artikel, iets waarvoor hij zich herhaaldelijk verontschuldigt, maar waardoor de volledigheid toch geleden heeft. Eerder had hij al eens gezegd, dat elektrische stof phlogiston was. Dit tracht hij thans te bewijzen bijvoorbeeld door elektrische vonken door gedephlogisteerde lucht te laten gaan. Zou deze gephlogisteerd worden, dan was een prachtig bewijs geleverd. Er trad echter geen enkele verandering op. Toen *van Marum* en *Paets van Troostwijk* dampkringslucht electriseerden, zagen zij, dat bij vermenging van geëlectriseerde en ongeëlectriseerde dampkringslucht met salpeterlucht bij de eerste minder volumevermindering optrad dan bij laatstgenoemde. Bij de electrisering is dus phlogiston aan de dampkringslucht afgegeven. Een aantal hoofdstukken verder doen *van Marum* en *Paets van Troostwijk* proeven naar aanleiding van experimenten van *Beccaria* en verscheidene Franse onderzoekers over de zogenaamde revivificatie van metaalkalken tot metalen door elektrische ontladingen. *Beccaria* meent, dat dit mogelijk is, maar de Fransen *Brisson* en *Cadet* spreken het tegen. De beide Nederlanders gebruiken sterke ontladingen en het gelukt hun inderdaad de reductie uit te voeren met menie, loodwit, tinas, zink- en antimoonoxyde. Dus, zeggen zij, moet tussen elektrische stof en phlogiston veel overeenkomst bestaan; immers de scheikunde leert, dat metaalkalk alleen dan metaal wordt als men er phlogiston aan toevoegt. De elektrische stof is dus

of het phlogiston zelf of bevat een flinke hoeveelheid ervan. Dat de proeven met gedephlogisteerde lucht hiermee niet in overeenstemming zijn, is volgens *van Marum* slechts schijnbaar, wat hij in een volgend stuk hoopt aan te tonen. Ook over het feit, dat ijzer verkalkt wordt als er elektrische stroom doorgaat, terwijl tevoren werd aangetoond, dat metaaloxiden weer tot metalen zijn terug te brengen, wat voor een phlogiston-theoreticus wel heel vreemd is, wil hij in dit stuk niet verder uitweiden. Het is dus in zekere zin te betreuren dat het volgende stuk gebaseerd is op geheel andere ideeën; wellicht is ons hierdoor een interessante redenering en/of spitsvondigheid ontgaan.

Wij zullen nu niet alle in dit stuk voorkomende experimenten nog uitvoerig gaan bespreken, maar er slechts enkele van vermelden.

Met elektrische ontladingen door ontvlambare lucht (waterstof) toont *van Marum* aan dat er zuur in dit gas aanwezig is. Dat dit onjuist is, erkent hij enkele jaren later zelf; hij wijt de fout aan de mogelijke aanwezigheid van dampen van het vitrioolzuur (zwavelzuur), waaruit met ijzerpoeder de ontvlambare lucht bereid was.

Wanneer elektrische ontladingen gaan door vaste lucht, bereid uit krijt en vitrioolzuur, dan treedt geringe volumevermeerdering op. Plaatst men de geëlectriseerde en niet-geëlectriseerde vaste lucht enige dagen boven water, dan blijft van de eerste tweevijfde deel over, maar van de laatste slechts een tiende. Kennelijk is hier door de ontladingen zuurstof en koolmonoxyde gevormd; dit laatste is namelijk zeer slecht in water oplosbaar.

Gaan elektrische vonken door looglucht (ammoniakgas), dan wordt het volume aanzienlijk groter; water neemt het ontstane mengsel (*van Marum* weet natuurlijk niet dat het een mengsel is, hij spreekt over lucht) niet meer op en dit is met een slag ontvlambaar, als ware ontvlambare lucht met dampkringslucht vermengd.

Dit is dus het laatste werkstuk van *van Marum* geweest als Stahlians scheikundige; dat deze periode in zijn leven een afgerond geheel is, kan moeilijk beweed worden. Veeleer is bij de nog geheel op phlogistonbeschouwingen steunende *van Marum* door zijn bezoek aan Parijs en de vele nieuwe dingen die hij daar gezien en gehoord heeft, plotseling twijfel aan de juistheid van zijn denkbeelden opgekomen, twijfel, die na rijp beraad en na voortdurend afwegen van het voor en tegen van oude en nieuwe theorie heeft geleid tot zijn „beking” tot de theorie van *Lavoisier*.

In het volgende hoofdstuk zullen de redenen worden uiteengezet, die er toe hebben geleid, dat *van Marum* van mening veranderde.

### Hoofdstuk III.

*De redenen die van Marum er toe gebracht hebben aanhanger van de theorie van Lavoisier te worden.*

In het aanhangsel aan de verhandeling van 1787<sup>6)</sup> somt *van Marum* de argumenten op, die naar zijn mening de phlogistontheorie omverwerpen en de nieuwe theorie van *Lavoisier* rechtvaardigen. En in de voorrede tot zijn stuk van 1798<sup>8)</sup> vertelt hij hoe hij met de nieuwe leer in aanraking is gekomen en hoe hij tenslotte deze leer aanvaard heeft.

*Van Marum* geeft in bovengenoemd aanhangsel eerst een samenvatting van de redenen, die hem er toe gebracht hebben de theorie van *Lavoisier* als juist

te erkennen; vervolgens werkt hij de samenvatting nader uit en treedt hij meer in details. Hij noemt de volgende drie redenen:

1. Elke grondstelling van de leer van *Lavoisier* is door beslissende proefnemingen bewezen (beneden besproken onder A t/m M), een uitgezonderd, die niet bevestigd is (N).
2. Men heeft voor de leerstelsels die hiermede strijden, en wel in het bijzonder voor het bestaan van het phlogiston, zoals dit door *Stahl* geleerd is, nooit een rechtstreeks bewijzende proef naar voren gebracht, maar men heeft het aangenomen, omdat hieruit vele verschijnselen verklaard konden worden.
3. Deze nieuwe leer geeft zeer eenvoudige en duidelijke verklaringen van een groot aantal verschijnselen, waaronder vele, die uit andere tot nu toe voorgestelde leerstelsels of in het geheel niet te begrijpen zijn, of daarvan zeer gedwongen en daardoor onaannemelijke of zelfs ongerijmde verklaringen geven.

Daarna volgen de grondstellingen en de beslissende proefnemingen, onder 1. genoemd.

A. *De dampkringslucht is een mengsel*, waarvan het kleinste gedeelte zodanig is, dat het voor de ademhaling geschikt is (air vital, air pur). *Van Marum* zegt dan, dat door *Priestley* dat gedeelte dat niet voor ademhaling geschikt was, gephlogisteerde lucht genoemd werd. Nu noemt men het mofet(te) of schadelijke lucht. Ook werd door *Lavoisier* de verhouding zuurstof : stikstof bepaald door vermenging met salpeterlucht. Deze verhouding was volgens hem 1 : 3. Deze verhouding wordt steeds gevolgd; *van Marum* schijnt zijn verleden zo grondig te willen vergeten, dat hij nergens vermeldt, dat hij vroeger bepaald heeft, dat één deel zuivere gedephlogisteerde lucht en vier delen gephlogisteerde lucht evenveel phlogiston bevatten als gewone dampkringslucht. De verhouding 1 : 4 wordt echter nooit in zijn latere verhandelingen gebruikt voor de verhouding zuurstof : stikstof. Ook wordt niet gewezen op het feit, dat vroeger de naam gephlogisteerde lucht zowel voor stikstof alleen als voor een mengsel van stikstof en kooldioxyde werd gebruikt. Dit komt bij de vaste lucht ter sprake (K).

B. De zuivere lucht (= zuurstof) kan zich met vele stoffen verenigen en hiermee zeer verschillende „zelfstandigheden” vormen. Ook enige andere „luchtsoorten” hebben deze eigenschap, echter niet in die mate als zuivere lucht. Wanneer zuivere lucht of een andere lucht bij het zich verbinden met een stof haar veerkracht verliest, dan verliest zij dat, waaraan zij haar veerkracht dankt. Zo komt *van Marum* tot de volgende formulering: Men noemt nu het grondbeginsel der zuivere lucht de zuivere lucht beroofd van haar veerkracht gevend beginsel. Een uiterst merkwaardige definitie, waarvan later een nadere uiteenzetting wordt gegeven (N).

C. Het grondbeginsel der zuivere lucht uit de dampkring verenigt zich met metaal, wanneer het metaal een zekere graad van hitte heeft, en hieruit ontstaat een stof die men metaalkalk noemt.

*Lavoisier* bewijst het door kwik te verhitten in dampkringslucht tot het bijna kookt. Daarna reduceert (deze term wordt van nu af door *van Marum* geregeld gebruikt) hij het kwik en vindt, dat er dan

evenveel zuivere lucht vrijkomt als uit de dampkringslucht verwijderd was, terwijl het kwik weer in zijn oude toestand terugkeert. Het kwik heeft dus het grondbeginsel der zuivere lucht aangenomen en is daarmee het zogenaamde mercurius praecipitatus per se geworden. De rest van de dampkringslucht bij de verbranding is „in mofet veranderd”. *Van Marum* citeert hierbij enige *Stahlianen* uit deze tijd, die al toegeven dat metalen bij verkalking phlogiston afstaan en lucht opnemen.

D. Het grondbeginsel der zuivere lucht geeft na vereniging met zwavel vitrioolzuur. De opgegeven getallen zijn niet erg nauwkeurig en *van Marum's* kennis over de samenstelling van het zwavelzuur blijkt zeer gering. Voorts maakt hij de opmerking, dat het slechts schijn is, als men meent, dat zwavel en de metalen voor „beginsels” worden gehouden; men kenmerkt ze als stoffen met onbekende samenstelling.

E. Het grondbeginsel der zuivere lucht maakt salpeterzuur, wanneer het zich verenigt met het grondbeginsel der mofet en wanneer deze grondbeginsels zich tevens met enig water verbinden of vermengen kunnen.

In een noot wordt echter opgemerkt, dat de laatste voorwaarde nog niet bewezen is; salpeterzuur, zoals wij het kennen, zou wellicht een vermenging van werkelijk salpeterzuur en water kunnen zijn. *Lavoisier* bracht kwik in salpetergeest, daaruit ontstonden salpeterlucht en een „mercuriaalzout”; dit laatste geeft bij verhitting rood kwikoxyde, wat bij verdere verhitting zuivere lucht afgeeft. Volgens *Lavoisier* bestaat salpetergeest uit salpeterlucht, zuivere lucht en water in een verhouding 1 : 1 : 2. *Van Marum* is van oordeel, dat salpeterlucht bestaat uit mofet, waarin een grote hoeveelheid salpeterzuur in dampvorm, en ook is hem gebleken, dat salpeterzuur, ontdaan van een gedeelte van de zuivere lucht en van water, salpeterlucht is.

F. Phosphor in dampkringslucht verbrand, geeft phosphorzuur, waarbij het volume van de lucht met 1/5 verminderd wordt en wat er aan lucht over blijft, mofet is. Dit laatste wordt echter niet gebruikt om de eerder opgegeven verhouding voor zuurstof : stikstof = 1 : 3 te corrigeren.

G. Als koolstof verbrandt in zuivere lucht ontstaat vaste lucht. De benaming koolzuur voor vaste lucht vindt *van Marum* vreemd, hoewel hij eens gezegd heeft dat vaste lucht „oneigenlijk” zo genoemd werd en hij anderzijds voor phosphoroxoxyde wel de naam phosphorzuur gebruikt.

*Lavoisier* onderscheidt nog kool en koolstof. Kool noemt hij houtskool, een lichaam samengesteld uit ontvlambare lucht, koolstof, een weinig aarde en een weinig loogzout (NaOH). Koolstof is kool ontdaan van zijn ontvlambare lucht, aarde en loogzout. *Van Marum* geeft allerlei redenen op, waarom hij *Lavoisier* niet volgt hierin; hij noemt voortaan koolstof die stoffen, die de houtskolen, behalve aarde en loogzout, bevatten, nadat ze door gloeiing zoveel mogelijk van lucht gezuiverd zijn. *Lavoisier* heeft in nauwkeurige experimenten bepaald, dat de zuivere lucht, wanneer zij door er houtskool in te verbranden in vaste lucht verandert, zoveel in gewicht toeneemt, als het gewicht der gebruikte kool bedraagt. Dit heeft hij ook bij de reductie van kwikoxyde met houtskool gevonden. Dat *van Marum* het verschil tussen houtskool en kool niet begrijpt, blijkt uit zijn opmerking,

dat uit deze proeven blijkt, dat de kool gedeeltelijk uit een zodanige eigenaardige (hetzij eenvoudige, hetzij samengestelde) stof bestaat, die zich met zuivere lucht verenigt. Dat deze stof het voornaamste bestanddeel van de kool uitmaakt, blijkt volgens hem ook uit het feit, dat de kool, door *Lavoisier* gebruikt, slechts 2 % as bevatte, namelijk aarde en loozout.

H. Bij verbranding van allerlei dierlijke en plantaardige oliën en vetten ontstaat vaste lucht.

K. De zuivere lucht van de dampkring wordt ook in vaste lucht veranderd en dus met koolstof verenigd bij de ademhaling. Het overblijvende deel van de dampkringslucht bleek mofet te zijn. Hierbij erkent *van Marum* dat vroeger de fout gemaakt werd de proeven over ademhaling boven water uit te voeren, waardoor de vaste lucht in het water werd opgenomen en de lucht uitsluitend mofet leek te bevatten. Deze verontschuldiging is echter gedeeltelijk onjuist, want in 1781 beschrijft hij hoe een plantje, geplaatst in lucht waarin zojuist een muis door verstikking gestorven was, de lucht zuivert en weer voor ademhaling geschikt maakt, en hoe de planten weliger groeien in geflogisteerde lucht dan in gewone lucht. Wij weten nu, dat  $\text{CO}_2$  voor de plantenademhaling dient en stikstof niet, zodat de genoemde tweeslachtigheid in de naam geflogisteerde lucht zeker juist was.

L. *Lavoisier* noemt het grondbeginsel der zuivere lucht principe oxygine of principe acidifiant, zuurmakend beginsel, omdat het, verbonden met verschillende stoffen, zuren doet ontstaan.

M. Wanneer het grondbeginsel der zuivere lucht zich verenigt met het grondbeginsel der ontvlambare lucht, dan stellen deze beide beginsels het water samen.

*Van Marum* geeft dan een overzicht van de proeven die over de samenstelling van het water zijn gedaan:

- 1) *Lavoisier* merkte, dat bij elke verbranding zuur ontstond (D t/m G) en wilde dat toepassen op de verbranding van ontvlambare lucht. Hij deed daartoe experimenten in 1777, 1781 en 1782, waarbij hij de te gebruiken hoeveelheden waterstof en zuurstof bepaalde, zodat bij het experiment voor genodigden op 24 Juni 1782 ieder zich kon overtuigen dat, wanneer men ontvlambare lucht en zuivere lucht in een vat liet stromen en daar verbrandde, water werd verkregen, dat even zuiver was als gedestilleerd water.
- 2) *Blaqden*, de secretaris van de Royal Society of London, die bij bovengenoemd experiment aanwezig was, vertelde na afloop, dat *Cavendish* deze proef al eens met hetzelfde resultaat had uitgevoerd, waarbij één vijfde van de gebruikte dampkringslucht werd verbruikt en waarbij ook wat salpeterzuur ontstond.
- 3) In dezelfde tijd als *Cavendish* en *Lavoisier*, maar volkomen onbekend met hun resultaten, deed *Monge* een zeer nauwkeurige proef over de samenstelling van het water. Hij woog alle gebruikte en verkregen hoeveelheden precies en zag toen, dat, bij kleine experimentele fouten, het totale gewicht voor en na de proef gelijk was: het door hem aangetoonde zuur was vermoedelijk afkomstig van de waterstof, daar deze bereid was uit metaal en verdund zuur.

4) *Van Marum* haalt nog een proef van *Priestley* aan, waarbij ijzerkalk, in ontvlambare lucht boven water geplaatst in een gesloten klok, onder een brandspiegel werd gezet. De ontvlambare lucht verdween, maar de ijzerkalk was lichter geworden. Bij herhaling van de proef werd na de reactie water zichtbaar.

Tenslotte wordt de proef van *Meusnier* en *Lavoisier* over de ontleding van water vermeld. Zij leidden dit door gloeiende ijzeren buizen, waarbij de buizen verkalkt werden en de verwachte hoeveelheid waterstof werd opgevangen. Tevoren was bepaald, hoeveel de gebruikte hoeveelheid water aan waterstof zou kunnen opbrengen; de opgevangen hoeveelheid waterstof wordt in volume-eenheden opgegeven; hierbij vergeleken betekent de proef van *Monge* dus vooruitgang.

N. Het beginsel dat door zijn vereniging met het grondbeginsel (basis) der zuivere lucht of met het grondbeginsel van enige andere lucht deze tot luchten maakt, is hoogstwaarschijnlijk het vuurbeginsel of de lichtstof (*Lavoisier* houdt beide voor hetzelfde beginsel). Volgens *van Marum* is deze stelling niet direct bewijsbaar, maar berust ze op ondervindingen, die haar waarschijnlijk maken:

- 1) Wanneer een vocht zich van het oppervlak van een lichaam als damp verheft, ondergaat dat lichaam daarbij afkoeling en dus verlies aan het vuurbeginsel, waaraan het zijn graad van warmte voor de genoemde dampvorming dankt. Het vocht heeft zich dus met het vuurbeginsel verenigd.
- 2) Wanneer lucht haar veerkracht verliest, komt warmte vrij. Als voorbeeld wordt gewezen op de verbranding van ontvlambare lucht in zuivere lucht, waardoor water ontstaat, maar waarbij het glas, waarin de reactie plaats vindt, veel warmer wordt dan aan de hitte van de vlam kan worden toegeschreven.

Hierbij maakt *van Marum* nog onderscheid tussen lucht en damp; beide noemt hij veerkrachtige stoffen, maar bij de een is de veerkracht bestendiger dan bij de ander. Hij concludeert uit bovenstaande twee gegevens, dat de lucht, van welke soort ook, en de damp hun veerkracht danken aan het vuurbeginsel, dat zich met het grondbeginsel van elke luchtsoort verenigt.

Na zo de stellingen en de bewijzen van de stellingen van *Lavoisier* te hebben uiteengezet, gaat *van Marum* over tot het geven van verklaringen van allerlei verschijnselen met behulp van de nieuwe theorie. Hij zegt, dat de verklaringen gedeeltelijk gegrond zijn op de volgende door de ondervinding bewezen stellingen:

- a. De verschillende beginsels verenigen zich door zekere aantrekkingen, die deze beginsels op elkaar uitoefenen; vinden zij slechts plaats tussen enige beginsels dan noemt men ze affiniteiten of verwantschappen.
- b. Als een uit twee of meer beginsels bestaande stof wordt ontbonden door een andere bijgevoegde stof, dan komt dat, doordat deze laatste of een der beginsels van deze laatste een grotere affiniteit heeft tot een der beginsels van de eerstgenoemde stof dan deze onder elkaar.
- c. De affiniteiten veranderen met de temperatuur.

De grote hoeveelheid verklaringen, die van *Marum* geeft, zullen wij niet alle gaan bespreken; wij zullen slechts enkele hoofdpunten noemen.

Vroeger beschouwde men zuurstof als een mengsel van zuur, aarde en phlogiston, maar met de nieuwe theorie wordt veel wat vroeger onbegrijpelijk was, verklaarbaar, bijvoorbeeld, waarom vuur in zuivere zuurstof langer brandt dan in hetzelfde volume dampkringslucht, en waarom dieren in zuurstof langer leven. Nu bekend is dat vaste lucht bestaat uit koolstof en zuurstof, is ook begrijpelijk, waarom bij verbranding bijna altijd vaste lucht ontstaat; immers de meeste dierlijke en plantaardige stoffen bevatten koolstof. *Van Marum* somt een aantal eigenschappen van de vaste lucht op:

1. Als lucht voor ademhaling geschikt is, moet ze koolstof kunnen opnemen. Vaste lucht nu is ongeschikt voor de ademhaling, omdat ze reeds zoveel koolstof bevat, als haar samenstelling toelaat, en dus niet méér kan opnemen. Een vreemde argumentatie als men bedenkt, dat het begrip valentie toen onbekend was. De bedoeling is dan ook niet geheel duidelijk.
2. Stoffen kunnen niet in vaste lucht verbranden, want deze neemt geen koolstof van hen aan.
3. Zwavel en fosfor branden niet in vaste lucht, omdat daarin de zuurstof al met de koolstof verbonden is, en hierdoor niet in staat is met genoemde stoffen een verbinding aan te gaan.
4. Vaste lucht is veel zwaarder dan de zuivere lucht door de zwaarte van de koolstof die ze bevat.
5. Vaste lucht is „van eenen zuuren aart”, ongetwijfeld alleen door vereniging van het grondbeginsel der zuivere lucht met de koolstof, want dit grondbeginsel vormt bij zijn meeste verbindingen zuren.
6. Vaste lucht lost gemakkelijk in water op; dit zal volgens *van Marum* wel komen door haar zuur karakter, want water en zuren „hebben veel affiniteit”.

*Van Marum* gaat ook uitvoerig in op de experimenten over de ademhaling der planten. Hij haalt *van Helmont* en *Du Hamel* aan, die aangetoond hebben, dat bomen door water gevoed worden, wat vroeger onbegrijpelijk was, want hoe kon een element als het water door de groei in een brandbare stof veranderen? Nu neemt men aan, dat het brandbaar beginsel van het water overgaat in de plant en dat de zuivere lucht, die door de planten wordt uitgeademd, afkomstig is van het luchtbeginsel uit het water. Dit is nog niet geheel onjuist, maar wat bij deze paragraaf in een noot beweerd wordt, laat duidelijk zien, dat men van het plaats hebbende proces een absoluut verkeerde of helemaal geen voorstelling heeft. Er staat namelijk: Aan het brandbare beginsel van het water, waardoor de planten gevoed worden is dus toe te schrijven:

- a. De ontvlambare lucht, die de groeistoffen hetzij door verhitting, hetzij door verrotting in zeer grote hoeveelheden uitgeven;
- b. De koolstof, die voornamelijk de vaste delen van de plant uitmaakt. Hoe echter, door welke vereniging of verbinding, het ontvlambare waterbeginsel in koolstof overgaat, is nog geheel onbekend.

Als *van Marum* zijn nieuw verworven kennis eens getoetst had aan zijn vroegere experimenten, was hij

wellicht tot een betere conclusie gekomen. In zijn verhandeling over gephlogisteerde en gedephlogisteerde luchten uit 1781 merkt hij namelijk op, bij het nadoen van proeven van *Ingenhousz*, dat de lucht die door de planten wordt ingeademd haar phlogiston afgeeft en als zuivere lucht weer wordt uitgeademd. Het bleek hem toen, dat planten door ademhaling bedorven lucht weer verbeteren en zuiverden.

Over de ademhaling van mens en dier heeft hij echter betrekkelijk goede voorstellingen.

Tegen de opvatting in van hen die menen, dat de nu als koolstof bekende stof niets anders is dan het phlogiston van *Stahl*, brengt *van Marum* naar voren, ten eerste dat bij de reductie van kwikoxyde met of zonder koolstof evenveel kwik ontstaat, zodat de koolstof zich dus niet meer met kwik vermengd kan hebben, ten tweede dat vitrioolzuur zwaarder is dan zwavel, terwijl het ontstaat bij verbranding daarvan, waarbij dus phlogiston uitgestoten zou moeten worden, en ten derde dat volgens *Stahl* bij verbranding phlogiston (= koolstof) aan de lucht wordt afgestaan, waardoor deze gephlogisteerde lucht zou worden; deze lucht noemt men thans mofet en men weet dat bij vereniging van koolstof met lucht de vaste lucht ontstaat. Hun die beweren, dat nu in de plaats van het verworpen phlogiston een nieuw beginsel, de koolstof, wordt ingevoerd, houdt *van Marum* voor, dat koolstof geen verondersteld beginsel is, maar een stof die met de balans kan worden aangetoond.

In de laatste paragraaf van het aanhangsel aan zijn verhandeling van 1787 vertelt *van Marum*, hoe hij zich door bovengenoemde redeneringen heeft laten overtuigen, wat hij in de voorrede tot zijn verhandeling van 1798 nog eens van een andere zijde belicht; daarin geeft hij tevens een overzicht van de uitgangspunten van zijn scheikundige arbeid als Lavoisieraan. De bespreking hiervan vormt de overgang naar het volgende en laatste hoofdstuk, dat de werkzaamheden van *van Marum* als aanhanger van de nieuwe leer tot onderwerp heeft.

*Van Marum* begint met te zeggen, dat er onder zijn lezers velen zullen zijn, die het met de nu door hem verdedigde stellingen niet eens zullen zijn, omdat zij nog geheel en al vasthouden aan de phlogistontheorie. Hij acht het zeer waarschijnlijk, dat vele *Stahlianen* met hem van mening zullen blijven verschillen, omdat het moeilijk is langdurig en algemeen gekoesterde vooroordelen zo maar op zij te schuiven. Diezelfde moeilijkheden hebben hem er van weerhouden de nieuwe theorie eerder te aanvaarden. Hij kende de geschriften van *Lavoisier* uit de *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences de Paris* van 1774 tot 1780, maar de daarin voorgestelde leer kwam hem volslagen ongerijmd voor. In de zomer van 1785 reisde hij naar Parijs en sprak daar met *Lavoisier*, *Monge* en *Berthollet*. Deze laatsten hebben toen zeer veel met hem over de nieuwe ideeën gepraat en hem op allerlei experimenten gewezen die tot dan weinig bekend waren. Daar hij nauwelijks enige weken tevoren zijn verhandeling over de electriseermachine had gepubliceerd, die geheel gebaseerd was op de theorie van *Stahl*, kon hij moeilijk direct deze theorie verwerpen. Hij overwoog en vergeleek nog eens alles en kwam tenslotte tot de conclusie, dat door de beslissende proeven der Franse scheikundigen de grondslagen der *Stahliaanse* leer volledig ondermijnd waren. Dit was in de winter van 1785/1786 en aan

het einde van het jaar 1786 schreef hij de Schets der Leere van M. Lavoisier. De meesten van zijn collega's waren over deze verandering van gedachten bij *van Marum* niet erg tevreden, maar later volgden zij hem hierin practisch allemaal. Het kwam *van Marum* voor, dat één der redenen voor de geringe belangstelling in de theorieën van *Lavoisier* was, dat men geen gelegenheid had de proefnemingen, waarvan de uitkomsten de grondslagen der nieuwe leer vormden, te zien of te herhalen, omdat de nodige apparatuur tamelijk kostbaar was. Dit bracht hem op de gedachte enkele van deze experimenten uit te voeren teneinde zo mee te werken aan de verbreiding van *Lavoisier's* ideeën, waarmee hij persoonlijk zeer was ingenomen, omdat nu vele dingen eenvoudig verklaard konden worden. Allereerst wilde hij een eenvoudiger gazometer (luchtmeter) dan *Lavoisier* gebruikt had, ontwerpen om de proef over de samenstelling van het water te kunnen uitvoeren. Toen dit gelukt was, kwam de nieuwe theorie meer onder de aandacht, wat *van Marum* zeer gestimuleerd heeft om op de ingeslagen weg voort te gaan en de theorieën van *Lavoisier* te propageren door het in het openbaar uitvoeren van experimenten, die bewijzen inhielden voor de nieuwe leer en door haar te behandelen in zijn lessen voor Teyler's Stichting sinds 1791. In het bijzonder heeft hij er voor geijverd de voor de experimenten benodigde apparatuur zo eenvoudig en goedkoop mogelijk te vervaardigen, daarbij echter de degelijkheid en de doelmatigheid niet uit het oog verliezend. Zijn verhandeling van 1798 is er het resultaat van.

#### Hoofdstuk IV.

##### *Van Marum als Lavoisieraan.*

Als aanhanger van de theorie van *Lavoisier* heeft *van Marum* drie grote verhandelingen geschreven, in 1787, 1795 en 1798<sup>6) 7) 8)</sup>. Deze zullen wij in dit hoofdstuk bespreken; andere in deze tijd geschreven artikelen van zijn hand zullen wij buiten beschouwing laten, ook al omdat een aanzienlijk gedeelte hiervan overeenkomt met wat in genoemde verhandelingen te vinden is.

In de verhandeling van 1787 wordt eerst uiteengezet, hoe de elektriseermachine vergroot is, en daarna worden onder andere de volgende series proefnemingen beschreven: Smelten van metalen door elektrische stroom in verschillende „luchtsoorten“, proeven over het ontstaan van salpeterzuur volgens de methode van *Cavendish*, ontladingen in allerlei luchtsoorten en experimenten om onweer na te bootsen.

*Van Marum* heeft bij het smelten van de metalen onderzocht of er overeenkomst te vinden was tussen de hoeveelheid metaal, die door de elektrische stroom werd gesmolten, en de smelttemperatuur der metalen. Deze overeenkomst werd niet gevonden. Hij merkt vervolgens op, dat de hoeveelheid van het luchtbeginsel uit de dampkring (zuurstof), dat zich met de metalen verenigt bij de verkalking door de elektrische stroom, afhangt van de graad van gloeiing. Gaat de stroom door de metaalkalk, dan treedt weer regeneratie tot metaal op. Als men dit volgens de phlogistontheorie zou verklaren, dan zou dezelfde oorzaak (de elektrische stroom) twee verschillende gevolgen hebben onder precies dezelfde omstandigheden. Voert men de proeven in stikstof uit, dan smelten de metalen wel, maar worden niet verkalkt; in zuivere lucht wordt lood nog verder verkalkt dan

in dampkringslucht, maar bij de andere metalen maakt het niets uit. In salpeterlucht blijken ijzer en tin te verkalken, wat *van Marum* eerst vreemd vindt, maar waarvoor hij later de volgende verklaring geeft: Salpeterlucht bestaat voor een groot deel uit salpeterzuur, dat de gedaante van lucht heeft aangenomen; *Lavoisier* meent dat salpeterzuur voor een deel uit grondbeginsel der zuivere lucht bestaat; dit grondbeginsel wordt dus door het metaal aangegrepen, waardoor verkalking optreedt. In water verkalken ook ijzer- en looddraad, mits de draden kort genoeg zijn; er ontstaat kennelijk ook wat wij thans ijzer- en loodhydroxyde noemen. Dit is een uiterst belangrijke vondst, want volgens *Stahl* kon water geen phlogiston aannemen, terwijl bij deze proef water de enige stof was, waaraan het phlogiston zou kunnen zijn afgestaan.

Samen met *Paets van Troostwijk* die nog *Stahliaan* is, zoals uitdrukkelijk wordt medegedeeld, doet *van Marum* de proeven na van *Cavendish* over het ontstaan van salpeterzuur door de vereniging van zuivere lucht en mofet. Zij bevestigen zijn proeven met dit geringe verschil, dat de loog, die de Nederlanders gebruiken, lang niet zo gauw verzadigd is, wat de „opslorping van lucht“ betreft, als de door *Cavendish* gebruikte. *Van Marum* schrijft dit zeer uitvoerig aan *Cavendish*, met het verzoek hem mede te delen, hoe hij precies de voor deze proef benodigde zuivere lucht had bereid, maar de Engelsman is zo onbeleefd niets van zich te laten horen. De „verveelende langwylicheid dezer proefnemingen“ brengt hen er dan toe voorlopig met dit experiment op te houden.

Verder houden zij zich bezig met elektrische ontladingen in verschillende gassen. Zuivere lucht boven kwikzilver verbindt zich door elektrische ontladingen met dit kwik tot kwikkalk. *Van Marum* zegt hierover: Kwik heeft bij zijn verkalking het zogenaamde grondbeginsel der zuivere lucht aangenomen, wat niet dan na voorafgaande ontbinding heeft kunnen plaats vinden. De hierbij waargenomen vermindering leert ook duidelijk, dat een deel der zuivere lucht ontbonden is. De elektrische straal heeft deze ontbinding van een gedeelte der zuivere lucht, waar zij doorheen ging, teweeg gebracht. Volgens *van Marum* is dit een bewijs van de nieuwe leer, want volgens de oude theorie ontdoen metalen zich alleen van hun phlogiston, als ze een zekere graad van hitte hebben bereikt of bij ontbinding door zuur. Hier is het kwik niet warm geworden en er was geen zuur aanwezig, dus de phlogistontheorie deugt niet. De bovengenoemde argumentatie is nog vrij vaag; alles hangt af van de „losmaking van het luchtbeginsel uit de zuivere lucht“. Met een zeer aanvechtbare proef toont *van Marum* dan nog aan, dat zuivere lucht ook boven water ontbonden wordt door elektrische ontladingen. Dit leidt hij af uit de vermindering van het volume zuurstof, die ongeveer dezelfde is als bij de vorige proef, alleen wat langzamer plaats vindt, wat echter volgens hem veroorzaakt kan worden door het feit, dat nu het losgemaakte beginsel der zuivere lucht niet zo gemakkelijk wordt opgenomen. Het is waarschijnlijk juister de langzame vermindering van het volume zuurstof te wijten aan het langzamerhand oplossen van wat zuurstof in water, temeer daar volgens *van Marum* tussen geëlectriseerde en niet-geëlectriseerde luchten geen verschil was.

In het tweede gedeelte van dit hoofdstuk zullen wij niet meer zo'n strakke lijn volgen als tot nu toe; wij zullen niet alles bespreken, maar slechts in dit kader passende onderwerpen aanroeren.



Allereerst iets over de problemen omtrent het begrip warmte. *Van Marum* heeft proeven gedaan, die „bewezen”, dat in de „electriche stof” de zogenaamde calorique of warmtestof voorkwam. Het uitgangspunt hierbij was, dat electriche vonken en losrakende warmtestof beide hetzelfde verschijnsel te zien gaven: licht! Goede geleiders worden niet warm, wat blijkt als men het kwikreservoir van een thermometer oplaadt, de temperatuur blijft gelijk. Dit zou er op wijzen, dat in de electriche stof geen calorique voorkwam, waarbij het warm worden van sommige metalen bij het doorgaan van electriche stroom verklaard zou kunnen worden uit de zeer snelle doorgang en de daardoor ontstane wrijving. Er zijn echter ook experimenten die het tegendeel bewijzen. Hangt men een thermometer zo op, dat bij ontladingen de kwikbol in de vonk geplaatst is, dan stijgt het kwik in de thermometer aanmerkelijk. Dit zou veroorzaakt kunnen worden door de afgestane warmte van ontlede dampkringslucht er omheen; toen de thermometer in verijlde lucht hing, steeg het kwik echter nog meer. Andere proeven die voor de aanwezigheid van het calorique pleiten, zijn electriche ontladingen door vloeistoffen boven kwik, waarbij „lucht” ontstaat, die bij staan haar veerkracht niet verliest (water, alcohol, ammoniak). Zo heeft de electriche stof hier teweeg gebracht, wat — naar men meende — alleen calorique kon doen, namelijk „vochten of onveerkrachtige stoffen” veranderen in „veerkrachtige of luchtvormige vloeistoffen”. Maar als de electriche stof uitsluitend calorique was, zouden opgeladen bollen warmer moeten worden. Dit is niet het geval en daarom komt *van Marum* tot de slotsom, dat de electriche stof geen enkelvoudige stof van een bijzonder soort is, maar een samengestelde stof, bestaande uit het calorique met een of andere tot nu toe onbekende stof verenigd; zij geeft alleen warmte in die gevallen, waarin het calorique wordt afgescheiden van de stof (fen), waarmee het in de electriche stof verenigd is en wanneer het dus door deze afscheiding in vrije werking gesteld wordt.

Het tweede probleem is het branden van zwavel met enige metalen zonder dat er zuurstof bijkomt. De Hollandsche Scheikundigen in Amsterdam hadden namelijk gevonden, dat kopervijlsel en zwavelpoeder bij verwarming plotseling gaan gloeien en samsinteren. Nu waren er mensen die meenden, dat dit niet met de theorie van *Lavoisier* in overeenstemming was, maar *van Marum* brengt hier tegenin, dat deze theorie gaat over de echte verbranding, waarbij vereniging van zuurstof met de verbrandende stof plaats vindt, en hier heeft men niet met verbranding of oxydatie, „gelijk men thans zegt”, te maken<sup>9)</sup>. Weliswaar heeft *Lavoisier* aanvankelijk gedacht dat de zuivere lucht wellicht de enige brandstof in de natuur was, en dat waarschijnlijk maar weinig van het vuurbeginsel of calorique in zwavel, phosphor en vele vaste stoffen voorkwam (1777), maar later is hij toch van oordeel, dat calorique overal in voorkomt. Een deel van de warmtestof die bij de verbranding vrijkomt en als vlam of lichtende vuurstof zichtbaar wordt, is van de „lichamen” zelf afkomstig. De nieuw gevormde verbinding bevat minder calorique dan de twee componenten tevoren samen bevatten. Het vrijkomen van de warmtestof uit de mengsels van metaal en zwavel schijnt voornamelijk hierin te verschillen van hetzelfde verschijnsel bij vermenging van vloeistoffen (bijvoorbeeld zwavelzuur en water), dat het nu pas gebeurt als het mengsel door verwarming al

een zekere graad van warmte heeft bereikt. Eerder hebben metaal en zwavel geen affiniteit tot elkaar. Wat in hoofdstuk III dus vuurbeginsel werd genoemd, heet nu warmtestof of calorique, maar verschil is er verder niet tussen; de stoffelijkheid van de warmte is nog niet verworpen.

Van de toestellen, door *van Marum* vereenvoudigd, verbeterd of gebouwd is de reeds genoemde gazometer voor de verbranding van waterstof wel de belangrijkste. Op zeer vernuftige wijze is het apparaat geconstrueerd, aan alles is gedacht, en bovendien is het niet kostbaar, gemakkelijk na te maken en op te stellen. De proef van de waterstofverbranding lukt dan ook voortreffelijk; *van Marum* vindt dat de gebruikte hoeveelheid zuurstof iets minder dan de helft van de gelijktijdig gebruikte hoeveelheid waterstof bedraagt.

In de loop der jaren bracht hij steeds meer verbeteringen aan deze gazometer aan; van zijn overige toestellen noemen wij een apparatuur om de verbrandingsproducten van oliën en vetten te onderzoeken. Hierbij werd koolzuur opgevangen in potas en water in afgekoelde glazen. De pogingen om van de verschillende oliën quantitatief de samenstelling te bepalen, mislukten, omdat de speciale glazen buis brak, die wegens de oorlogsomstandigheden in die dagen niet uit Engeland kon worden ingevoerd. Voorts is er een snel werkende vacuumpomp, die tevens als perspomp dienst kan doen, en zijn er toestellen om de oxydatie van verschillende metalen goed te kunnen aantonen. Ook dient te worden vermeld dat in deze tijd de ook tegenwoordig nog gebruikte namen van vele stoffen beginnen in te burgeren.

Tenslotte willen wij twee experimenten noemen:

- a. Proef over de ontbinding van alcohol damp. *Priestley* had ontdekt, dat met alcohol damp in aanraking gebracht gloeiend koper werd veranderd in een zwarte, wrijfbaar, op houtskool gelijkende massa. *Van Marum* merkt op, dat volgens *Lavoisier* koolstof een grondbeginsel is, maar dat hij meent, dat het een stof is, samengesteld uit hydrogène met een ander daarmee verenigd beginsel. Hij doet de proef van *Priestley* na en krijgt een grote hoeveelheid ontvlambare lucht, terwijl het koper zeer in gewicht toeneemt. Bij onderzoek van de ontstane koperkool bleek deze voor een deel uit koolstof te bestaan, want hij leverde bij verbranding in zuivere lucht koolzuur (opgevangen in potas), maar er bleef altijd een rest over. Dit was volgens *van Marum* koper, met koolstof tot een zwart poeder verenigd (carbure de cuivre). *Van Marum* is van oordeel, dat alcohol bestaat uit hydrogène (geeft met calorique gaz hydrogène), water en carbone. Volgens *Lavoisier* moet koolstof in groter hoeveelheid in alcohol voorkomen dan hij gevonden heeft, en dit verklaart *van Marum* uit het feit, dat dit gedeelte van de koolstof door het gaz hydrogène ontbonden is, want er komt hier een gaz hydrogène carboné voor, dat veel zwaarder is dan waterstof. Waarschijnlijk ontstaan koolstof, koolmonoxyde, water, waterstof en wat aetheen, terwijl het koper wel gedeeltelijk tot  $\text{CuO}$  geoxydeerd zal zijn.
- b. Proef over de ontbranding van phosphor in het „ijdel der lucht”. Deze proef is, behalve om het verschijnsel zelf, belangwekkend door de merkwaardige verklaring, die *van Marum* er van geeft. Wij zullen het verschijnsel niet bespreken, slechts vermelden, dat het hierop neerkomt, dat phosphor

onder verminderde druk begint te lichten en ten slotte ontbrandt. Tegenwoordig wordt dit met kettingreacties verklaard, maar *van Marum* geeft een andere explicatie: Van phosphor stijgen steeds deeltjes in de lucht op; immers aan de lucht blootgesteld verdwijnt hij spoedig. Zodra de lucht nu een zekere mate van ijzheid heeft, kunnen de genoemde deeltjes of uitvloeisels van de phosphor zich niet langer in de lucht opheffen; dit kan namelijk alleen als ze soortelijk lichter zijn dan lucht. Deze deeltjes blijven rond het stukje phosphor hangen en de vereniging van de zuurstof met de uitvlokkende deeltjes vindt nu alleen vlak bij dit stukje plaats; dus ook het daarmee gepaard gaande vrijkomen van calorique, dat zich als een lichtende stof voordoet. Het licht bij het stukje phosphor moet dus nu veel sterker zijn dan toen de deeltjes nog vrij konden opstijgen. De uit de zuurstof vrijgekomen warmtestof verwarmt de phosphor aanzienlijk en zo is het te begrijpen, dat in wol of katoen gewikkelde phosphor (wol en katoen verhinderen de verspreiding van het calorique) ontvlamt. De verklaring van dit verschijnsel, dat *van Marum* bij toeval tijdens een collegeproef ontdekte, is dus wel zeer vreemd. Men dient ook nog te bedenken, dat het verdampen van vloeistoffen bij kamertemperatuur onder lage druk wel bekend was; *van Marum* noemt het zelfs een der grondwaarheden en heeft een speciaal toestel er voor beschreven, afkomstig van *Lavoisier* en verbeterd door hemzelf<sup>8)</sup>.

Hiermee besluiten wij het overzicht van *van Marum's* werkzaamheden als scheikundige tussen 1781 en 1798. Niet om hierdoor tot slot zijn verdiensten te kleineren of in een verkeerd daglicht te stellen, maar omdat het inderdaad een van de laatste hoofdstukken is geweest, die hij op chemisch gebied geschreven heeft, en omdat het tevens een beeld geeft van de — in onze ogen nog lage — ontwikkelings-trap van de natuurwetenschappen in die tijd. *Van Marum* heeft echter hier zijn werkzaamheden op dit terrein gestaakt, omdat hij niet wist hoe verder te gaan. Zijn werk was steeds gegroepeerd om de grote electriseermachine van Teyler's Museum, waarmee hij de meeste van zijn experimenten heeft uitgevoerd.

In de voorrede van zijn verhandeling van 1795 constateert hij, dat de Electriciteit-kunde in een tijdperk van stilstand schijnt te zijn en zegt hij niet te zien, langs welke weg voor deze wetenschap veelbelovende nasporingen zouden kunnen worden verricht. Bovendien kan men in de laatste hoofdstukken lezen hoe verschillende proefnemingen hem beginnen te vervelen. Zijn verdere activiteit richt zich daarna voornamelijk op de plantkunde (vooral vetplanten), mineralogie en geologie, terwijl hij zich nog een enkele maal (proeven met de zuil van Volta onder andere, 1801) experimenteel met de natuurkunde bezig houdt.

Overzien wij zo het geheel van *van Marum's* werkzaamheden in het genoemde tijdvak, dan kan zonder overdrijving gezegd worden, dat hij voortreffelijk een logisch betoog kon opbouwen en hieraan critische conclusies verbinden. Bij het doorlezen van zijn verhandelingen valt, naast de brede, maar niet langdradige, technische uiteenzettingen en de uitvoerige, maar niet vervelende verslagen van experimenten, vooral de altijd persoonlijke betoogtrant op, als van spreker tot toehoorder. Dit persoonlijke komt ook naar voren in die gedeelten, waarin *van Marum* naar aanleiding van waargenomen verschijnselen zijn geloofsovertuiging laat blijken. In de verhandeling van 1781<sup>3)</sup> zegt hij bijvoorbeeld, bij de bespreking van de ademhaling: Welk een schone schikking door welke de hoogstwijze Albestierder voor de onderhouding van het leven van dieren en planten gezorgd heeft. Geen twijfelaar kan, dunkt mij, zo redenloos zijn, dat hij zich niet, bij zulk een beschouwing als die van deze waarheden, van het bestaan van een oneindig wijze Schepper overtuigen late.

Overigens wilden wij hier geen persoons- of karakterbeschrijving van *van Marum* geven. Dit zou buiten het bestek van dit opstel vallen, waarvan de opzet was zijn werk als chemicus te belichten, niet volledig uiteraard, maar als overzicht van een belangwekkende periode in zijn leven, een periode die samenvalt met een revolutie in de grondslagen der scheikunde.

Professor Ir. R. J. Forbes, die mijn aandacht op dit onderwerp vestigde, betuig ik mijn dank voor zijn belangstelling en voor het doorlezen van het manuscript.

1) Dr. H. P. M. van der Horn van den Bos, Het aandeel dat de Scheikundigen in Frankrijk, Engeland, Duitsland en Noord- en Zuid-Nederland hebben gehad in het tot algemeene erkenning brengen van het Systeem van Lavoisier.

Werken van het Genootschap ter bevordering der Natuur-, Genees- en Heelkunde te Amsterdam, Tweede Serie, deel II.

2) Dr. H. P. M. van der Horn van den Bos, De Nederlandsche Scheikundigen van het laatst der vorige eeuw. Een onderzoek naar hunne verdiensten en aanwijzing van den invloed, dien zij hebben uitgeoefend ter bevestiging en uitbreiding van de theorie van Lavoisier. Utrecht, 1881.

3) *Martinus van Marum*, Natuurkundige Verhandeling over gephlogisteerde en gedephlogisteerde luchten. Verh. van Teyler's Tweede Genootschap, Eerste Stuk, 1781.

4) *Martinus van Marum* en *Adriaan Paets van Troostwijk*, Antwoord op de Vraag: Welke is de aart van de verschillende, schadelijke en verstikkende Uitdampingen van Moerassen, Secreten, Rioolen, Gast- of Zieken- en Gevangenhuizen, Mynen, Putten, Graven, Wyn- en Bierkelders, doove Koolen etc.? En welke zijn de beste middelen en tegengiften om de schadelijkheid dier Uitdampingen naar haaren verschillende aart, te verbeteren, en de verstikken te redden?

Verh. van het Bataafsche Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte te Rotterdam, Achtste Deel, 1787 (geschreven in 1783).

5) *Martinus van Marum*, Beschrijving eener ongemeen groote Electrizeer-Machine, geplaatst in Teyler's Museum te Haarlem en van de Proefnemingen met dezelve in 't werk gesteld. Verh. v. Teyler's Tweede Genootschap, Derde Stuk, 1785.

6) *Martinus van Marum*, Eerste vervolg der Proefnemingen gedaan met Teyler's Electrizeer-machine.

Aanhangsel, bevattende eene Schets der Leere van M. Lavoisier, omtrent de zuivere lucht van den dampkring, en de vereeniging van derzelve grondbeginsel met verschillende zelfstandigheden.

Verh. van Teyler's Tweede Genootschap, Vierde Stuk, 1787.

7) *Martinus van Marum*, Tweede vervolg der Proefnemingen gedaan met Teyler's Electrizeer-machine.

Verh. van Teyler's Tweede Genootschap, Negende Stuk, 1795.

8) *Martinus van Marum*, Beschrijving van eenige nieuwe of verbeterde chemische werktuigen behoorende aan Teyler's Stichting en van Proefnemingen met dezelve in 't werk gesteld.

Verh. van Teyler's Tweede Genootschap, Tiende Stuk, 1798.

9) Aanmerkingen van den Hr. Dr. van Marum, betreffende het branden van Zwavel met eenige Metaalen, zonder aanraaking van zuivere lucht (gaz oxygène). Nieuwe Algemeene Konst- en Letterbode, Eerste Deel, blz. 65, 1794.