

# LEVEN EN WERKEN VAN JOSEPH PRIESTLEY

DOOR

**R. S. TIADEN MOODERMAN.**

Vervolg en Slot.

---

Wellicht zal men meenen, dat in het voorgaande te veel is medegedeeld 't geen hoofdzakelijk den predikant PRIESTLEY raakt en bijgevolg in dit tijdschrift minder op zijn plaats is. Toch was dit onvermijdelijk, wilde ik een eenigszins volledige schets van zijn leven geven. PRIESTLEY was toch in de eerste plaats theoloog; en wat hij als zoodanig leerde met woord en schrift was van veel meer invloed op zijn lotgevallen, dan wat hij op natuurwetenschappelijk gebied verrichtte. Niettemin berust zijn blijvende roem alleen op dit laatste; en zelfs in zijn vaderland blijft zijn naam voortleven, niet als onvermoeid strijder en martelaar voor burgerlijke, politieke en bovenal godsdienstige vrijheid, maar eenig en alleen als scheikundige.

Onverklaarbaar is dit niet. De wereld oordeelt naar den uitslag. PRIESTLEY's taai en manmoedig verzet tegen kleinzielige bekrompenheid en onverdraagzaamheid moge al iets goeds bewerkt hebben in zijn vaderland, tastbare bewijzen daarvoor heeft men toch niet. Van zijn ontdekkingen daarentegen op chemisch gebied springt het groote belang onmiddellijk in het oog, iedereen begrijpt, dat zij aan de geheele menschheid ten goede zijn gekomen.

Het hoofdwerk waarop — gelijk boven reeds is opgemerkt — PRIESTLEY's roem berust, is zijn »Experiments and Observations on different Kinds of Air«, dat achtereenvolgens van 1775 tot 1786

in zes deelen verscheen. De daarin beschreven onderzoekingen zijn voor een klein deel genomen te Leeds, voor het meerendeel evenwel te Calne, bij Lord SELBORNE.

Volgens THORPE, die een overzicht van het werk geeft, hebben weinige schrijvers hun lezers zoo volkomen in hun vertrouwen genomen als PRIESTLEY. Hij laat hen deelen in zijn twijfelingen, bezwaren en vergissingen en komt er rond voor uit als de uitkomst eener proef anders is, dan hij verwacht had. Men vergeeft de omslachtige en vaak taaie uiteenzetting, alsook de kleine trekken van zelfvoldoening, wegens de oprechtheid en eerlijkheid waarmee hij als eenig doel naar waarheid streeft.

Van zijn voorgangers op het door hem bewerkte gebied, maakt PRIESTLEY slechts vluchtig melding. Niet evenwel ter bemanteling van hun verdiensten, maar omdat hij de geschiedenis van de kennis der luchtsoorten in een afzonderlijk werk wilde geven, op gelijke wijze als hij dit voor de electriciteit gedaan had.

Dat voornemen is evenwel niet tot uitvoering gekomen.

Van wat wij gassen noemen, hadden de ouden eenige, zij 't ook nooddruftige begrippen. Behalve van de lucht, noodig voor het dierlijk leven en de verbranding, wist men iets van hier en daar uit den bodem opstijgende dampen, waarvan de inademing doodelijk was, (*Plin. Nat. Hist.*, II, 95) of die zelf brandden of althans door een flambouw konden worden aangestoken (id. II, 95 en 110). Tot een verdere onderscheiding dan drieërlei: gewone lucht, stiklucht en brandbare lucht kwam het niet vóór PRIESTLEY.

Niettemin had deze voorgangers in de gasstudie, waardoor reeds vele bijzonderheden aan het licht waren gekomen. Vooreerst de Brusselsche edelman VAN HELMONT (1577—1647), van wien de naam *gas* afkomstig is. Hij noemde zoo alle luchtsoorten, die van de dampkringslucht verschilden, en bestudeerde vooral de stiklucht, door hem *gas sylvestre* of soms ook *gas carbonum* geheeten. 't Ontstaat volgens hem bij de gisting van bier en wijn en de verbranding van kool. In de natuur komt het voor in onderaardsche holen, zooals de hondsgrot en is opgelost in de minerale wateren van Spa. Ook weet hij het kunstmatig te verkrijgen door kalksteen met azijn te overgieten.

Naar men ziet is dit alles hetzelfde gas, ons koolzuur, doch doordien hij er geen ander herkenningsmiddel voor had dan dit, dat daarin dieren stikten en vlammen uitdoofden, bracht hij verkeerdelijk daartoe ook het gas, door zilver uit scheiwater ontwikkeld, door de verbranding van zwavel gevormd, en door de distillatie van salmomiak met salpeterzuur voortgebracht. Men ziet hieruit dat hij

kleur en reuk voor minderwaardige kenmerken hield. Wellicht dat hij ze toeschreef aan bijmengsels.

De meening, dat alle gassen in hoofdzaak identisch waren en de waargenomen verschillen slechts aan kleine verontreinigingen waren toe te schrijven, werd ook later nog herhaaldelijk door vele onderzoekers aangenomen, zoo door HALES, BOERHAAVE, BAUMÉ en zelfs PRIESTLEY schijnt aanvankelijk van 't zelfde gevoelen geweest te zijn. Ook brandbaar gas kende v. HELMONT en wist het te bereiden door droge distillatie van olie en andere organische stoffen (*gas pingue*).

Opmerking verdient, dat het woord *gas* (dat v. H. van *chaos* schijnt af te leiden, en men in verband heeft gebracht met *gist* en *geest*) later zelden meer gebruikt wordt, (ook niet door PRIESTLEY) tot dat MACQUER en LAVOISIER het opnieuw invoerden, doch in meer algemeen zinnig dan VAN HELMONT, die alleen stiklucht en brandbare lucht zoo noemde.

Na VAN HELMONT zijn het vooral Engelschen, die zich met gas-studiën bezig houden. Uit de beschrijving hunner proeven blijkt, dat sommigen hunner een groot aantal verschillende gassen onder handen hebben gehad. Het meeste wel HALES (1677—1761). Doch doorgaans ging hun onderzoek niet verder dan het beproeven of het gas brandbaar was of wel een vlam uitdoofde<sup>1)</sup>. Wat v. HELMONT *gas* noemde, heet bij hem, op het voetspoor van BOYLE, *factitious air* (kunstlucht) doch wordt door de meesten beschouwd als verontreinigde dampkringslucht. BLACK (1729—1799) evenwel beschouwt het koolzuur als geheel verschillend van gewone lucht, en toont aan dat het in verdichten staat voorhanden is in potasch, soda en krijt, reden waarom hij het *vaste lucht* noemt. Nadat MAYOW (1645—1679) en HALES reeds beproefd hadden verschillen in dichtheid tusschen enkele gassen te bepalen, werd dit nauwkeuriger gedaan door PRIESTLEY's tijdgenoot CAVENDISH (1731—1810), die (lucht = 1) voor koolzuur het soort-gew. 1.57 vond en voor waterstof, door hem als een afzonderlijk gas beschouwd, 0.09<sup>2)</sup>.

Ziehier het voornaamste van 'tgeen vóór PRIESTLEY van de chemie der gassen bekend was. Veel is dat niet, wat ongetwijfeld voor een

---

1) HALES kende een gas, dat zich met dampkringslucht verdichtte onder roodkleuring. Dit moet stikstofoxyde geweest zijn.

Opmerking verdient dat deze predikant, vooral beroemd om zijn proeven over de opstijgende gasbeweging in de planten, door zijn landgenooten beter gewaardeerd werd dan zijn jongere collega PRIESTLEY. Hij heeft een fraai monument in de Westminster-abdij.

2) De thans geldende cijfers zijn voor koolzuur 1.529 en voor waterstof 0.069.

goed deel hieraan te wijten is, dat het experimenteeren met de onta- en meerendeels ook onzichtbare gassen aanvankelijk op groote bezwaren afstuitte. VAN HELMONT kende in 't geheel nog geen manier om gassen op te vangen en voor nader onderzoek geschikt te maken. Een van de eersten, zoo niet de eerste, die dit deed was BOYLE, bij zijn proeven over door kunst verkrijgbare lucht. Hij vulde een glazen kolf geheel met verdund zwavelzuur, bracht er eenige stukken ijzer in, sloot de monding en hield de kolf omgekeerd onder 't oppervlak van 't zelfde vocht in een diepen schotel. Terstond zag hij in de kolf luchtbellen opstijgen die zich boven aanzamelden, het vocht naar beneden drukkend. Van dit gas (waterstof) constateerde BOYLE dat het op lucht geleek, evenals deze door verwarming uitzette en door bekoeling inkromp, doch daarvan verschilde door zijn brandbaarheid. Het blijkt evenwel niet dat hij dit kunstgas voor wezenlijk verschillend van gewone lucht gehouden heeft.

Van een andere manier bediende zich WREN (1632—1723), beroemd architect, hoogleeraar in de sterrenkunde te Londen en wis- en natuurkundige. Deze bevestigde aan de eene opening van een flesch met twee halzen een varkensblaas en goot door de andere opening scheidwater op de in de flesch aanwezige oesterschelpen. 't Ontwikkelende koolzuur deed de blaas opzwellen. Later is nog dikwerf voor 't opvangen van gassen van blazen gebruik gemaakt, zelfs deed dit nog SCHEELE.

De manier van BOYLE werd belangrijk verbeterd door HALES. Terwijl de eerste het gas in 't zelfde vat liet aanzamelen, waarin het door werking van zuur op metaal of krijt ontstond, zijn bij den laatste ontwikkelingsvat en ontvanger gescheiden. Voor het eerste nam hij een retort met lang uitgetrokken hals en deed deze door een looden verbindingsbuis uitmonden onder een vat, dat omgekeerd zoo is opgehangen, dat de opening in het water van den schotel gedompeld is.

Hiermede zijn wij tot PRIESTLEY teruggekomen, want de daarop volgende verbetering, aan 't slot der inleiding van bovengenoemd werk beschreven, is door hem aangebracht. Zij bestaat eenvoudig hierin, dat het glas waarin men 't gas wil opvangen, niet aan een koord is opgehangen, maar op de zoogenoemde brug staat, d.i. op een van openingen voorzien plankje, dat een paar duim boven den bodem van den bak is aangebracht en nog even onder water staat. 't Is wel opmerkelijk hoe lang het geduurd heeft voordat men tot dit eenvoudige toestel kwam, dat onder den naam van pneumatischen trog of luchtbak nog steeds in gebruik is en nog lang zal blijven. Zooals THORPE te recht opmerkt, is dit niet de geringste van de ver-

diensten door PRIESTLEY aan de chemie bewezen. Nog zij aangestipt, dat hij tevens de eerste was die gassen, vooral als ze zeer oplosbaar in water waren, boven kwikzilver opving.

't Eerste door PRIESTLEY bestudeerd gas was het koolzuur geweest, dat hem vooral diende voor de bereiding van spuitwater, zooals boven (bladz. 300) is medegedeeld. Slechts dient nog vermeld, dat hij eens, in het denkbeeld het op deze wijze zuiver te verkrijgen, fijn gewreven kalksteen in een geweerloop verhitte en het ontwikkelend gas in water leidende tot zijn verwondering waarnam, dat het daarin slechts ten deele oploste. Wat overbleef, ongeveer de helft, bleek een gas te zijn dat met een blauwe vlam brandde.

Zooals wij thans weten was dit kooloxyde, ontstaan doordien het gloeiend ijzer de helft van de zuurstof aan het koolzuur onttrok. Dat aan PRIESTLEY de juiste verklaring ontging (naar de door hem omhelsde leer, zou het vaste lucht moeten zijn, die phlogiston aan het ijzer onttrokken had) kan niet verwonderen. Later, in Amerika, verkreeg hij het gas andermaal: eerst door verhitting van kool met hamerslag (ten deele geoxydeerd ijzer) en later door de inwerking van dit laatste op koolzure baryt. Hij schijnt het toen voor gephlogistiseerd water gehouden te hebben, weinig of niet verschillend van gewoon phlogiston (waterstof) en maakte er een wapen van tegen de volgelingen van LAVOISIER. De ware samenstelling van het kooloxyde is eerst in 1800 en 1801 aan het licht gebracht, resp. door CRUIKSHANK in Engeland en CLÉMENT en DÉSORMES in Frankrijk.

Behalve in zijn laatste jaren, toen hij het phlogiston weer tot eere trachtte te brengen, liet PRIESTLEY zich bij zijn proefnemingen veel meer leiden door het toeval dan door een vooraf wel overwogen plan. Blijkens vele uitlatingen in zijn geschriften en nog meer in zijn brieven was hij zich van dat gemis aan logischen samenhang in zijn onderzoekingen zeer wel bewust.

Duidelijk komt dit gebrek o.a. uit in zijn ontdekkingen aangaande de samenstelling der dampkringslucht. Niet alleen dat ze op zeer verschillende tijdstippen gedaan zijn, men ontwaart niet dat ze met elkander in een noodzakelijk verband staan.

Zijn eerste belangrijke ontdekking op dit gebied is in 1771 gedaan en beschreven in het tweede hoofdstuk van meergenoemd werk, onder den titel: »Air in which Candles have burned«.

Door VAN HELMONT wist men, dat lichten, die in een afgesloten ruimte branden, na eenigen tijd uitgaan en door MAYOW, dat in de hierbij achterblijvende lucht niet alleen geen verbranding meer moge-

lijk is, maar dat zij ook voor de ademhaling van mensch en dier ongeschikt is geworden.

Nu had PRIESTLEY een proef herhaald van een Italiaanschen graaf, die beweerd had dat men door brandende kaarsen bedorven lucht herstellen kon, door ze af te koelen. »Doch — zoo verhaalt hij — »schoon die proef mislukte, ben ik toch zoo gelukkig geweest door »toeval op een manier te komen om door brandende kaarsen bedorven lucht te herstellen en om tevens een van de middelen te ontdekken waarop de Natuur dit tot stand brengt. Dat middel is het »Plantenrijk. De herstelling van bedorven lucht geschiedt, naar ik gis, »doordien de planten het phlogiston opzuigen, waarmee de dampkring »verzadigd wordt door de verbranding van brandbare lichamen.« Aangezien dieren dit met brandende lichten gemeen hebben dat zij de lucht bederven, was hij namelijk op het denkbeeld gekomen om te onderzoeken of planten dit ook zouden doen. Niet twijfelend of dit zou zoo zijn, aangezien planten even goed als dieren de gewone lucht voor haar leven behoeven, plaatste hij een loot van een munt in een glazen flesch, die omgekeerd in een vat met water stond. Na een paar maanden bevond hij tot zijn verbazing, dat een kaars door de lucht uit de flesch niet uitgedoofd werd en dat zij ook niet onbehagelijk was voor een muis die hij er in bracht. Op 17 Aug. 1771 werd nu de proef herhaald, doch met dit verschil dat de munt in de flesch kwam, nadat een kaars daarin zoolang gebrand had tot zij uitging. Tien dagen later bevond hij dat een kaars er nu weer heel goed in brandde. Wel acht of tien maal werd de proef met gelijken uitslag herhaald en soms in dier voege, dat hij de lucht, waarin de kaars was uitgebrand, over twee flesschen verdeelde, beide omgekeerd boven water plaatste, doch slechts in ééne een munt bracht. In deze flesch kon dan later steeds weer een kaars branden, doch nooit in de andere.

Tot aan Juli 1772 nam hij voor deze proeven steeds munt, daarna ook andere planten: *balm* (melisse?), kruiswortel en spinazie. Van de laatste zegt hij dat zij snel groeide, maar niet lang in water gedijde.

Het is bevreemdend, dat hij de door planten herstelde lucht alleen met een brandende kaars keurde en niet door daarin zijn muis te laten ademen. Doch hij heeft dat verzuim later hersteld.

Na een verhandeling over brandbare gassen, die volgens THORPE vol dwalingen is, wijdt hij in zijn boek een hoofdstuk aan lucht bedorven door ademhaling of rotting, en toont daarin aan dat deze door plantengroei eveneens weer voor inademing geschikt wordt. Duidelijk blijkt hier, dat hij het groote gewicht zijner ontdekking volkomen inziet, de planten

als het door de natuur bestemde middel beschouwend om, door haar omgekeerde werking op de atmosfeer, deze voor de ademhaling van levende en de rotting van doode dieren weer geschikt te maken.

Hij meende evenwel nog een ander middel gevonden te hebben, waardoor de natuur de lucht voor het dierlijk leven bruikbaar houdt en wel door de beweging van zeeën en groote meren. Hij bevond namelijk, dat als hij bedorven lucht heftig met water schudde deze opnieuw geschikt werd voor de ademhaling.

Dat hij deze proef verkeerd uitlegde is begrijpelijk. De juiste verklaring is deze, dat door het schudden met water koolzuur uit de bedorven lucht werd weggenomen. En, naar men weet, wordt in afgesloten lucht de ademhaling niet eerst dan belemmerd als de zuurstof is opgeteerd, maar reeds veel vroeger, wanneer het koolzuurgehalte ongeveer gelijk geworden is aan dat van de lucht uit de longen.

Uit de volgende proef, waardoor PRIESTLEY gewone in bedorven lucht veranderde, blijkt, dat hij stikstof bereidde zonder dit als een speciaal gas te erkennen. Reeds HALES had waargenomen, dat een met water gedrenkt mengsel van zwavel en ijzervijzel gas uit de lucht opslorpt. Bij herhaling dezer proef vond hij dat »één vijfde of eerder iets meer« van de lucht opgenomen werd en dat de overblijvende lucht iets lichter was dan dampkringslucht. Zij had geen werking op kalkwater en was ongeschikt voor de ademhaling.

Ongeveer ter zelfder tijd werd de stikstof door PRIESTLEY's landgenoot RUTHERFORD als een afzonderlijk gas en bestanddeel der atmosfeer erkend.

Een van de beste verhandelingen van PRIESTLEY is die over het door hem ontdekte stikstofoxyde. Dit gas was reeds dikwerf waargenomen, zonder dat het als een afzonderlijke luchtsoort erkend werd. PRIESTLEY kwam tot deze ontdekking doordien hij in de *Statical Essays* van HALES van lucht las, door de werking van salpetergeest (salpeterzuur) op pyrietten verkregen en die dampkringslucht opslorpte onder roodkleuring. Afgaande op een uiting van CAVENDISH dat dit gas niet uit de pyrietten stamde, maar alleen uit 't salpeterzuur en men het waarschijnlijk even goed zou verkrijgen door de inwerking van metalen, vond PRIESTLEY in het koper een doelmatige stof om het gas uit salpeterzuur te ontwikkelen. Hij beschrijft de voornaamste eigenschappen en weidt vooral uit over het gedrag van de *nitrous air* (een naam die hem maar half beviel, doch dien hij bij gebreke van een beter aan 't gas gaf) tegen dampkringslucht. Hij bevond, dat een maat van dit gas en ongeveer twee maten dampkringslucht de grootste samentrekking geven en dat deze ongeveer één vijfde

bedraagt van de ruimte door de lucht ingenomen. »Het is — zegt hij — bijzonder opmerkelijk, dat die opbruising en inkrumping, door menging met *nitrous air*, alleen eigen is aan gewone of voor adem-»*haling bruikbare lucht* en dat wel — voor zoover ik uit een groot »aantal waarnemingen oordeelen kan — zeer ten naastenbij of geheel »evenredig aan haar geschiktheid voor dat doel, zoodat men door dit »middel de deugdelijkheid van de lucht veel nauwkeuriger kan be-»oordeelen, dan door muizen of andere dieren daarin te laten leven.«

Naar men ziet doet PRIESTLEY hier reeds (nog voor de ontdekking der zuurstof) een eudiometrische methode aan de hand, waarvan hij en inzonderheid ook CAVENDISH zich bediend hebben om, naar men meende de deugdelijkheid, in waarheid evenwel het zuurstofgehalte der lucht te meten. Hiermede werd de grond gelegd voor de kwantitatieve lucht-analyse <sup>1)</sup>.

De uitvoerige bestudeering van het stikstofoxyde bracht hem ook tot de ontdekking van het stikstofoxydule. »Een zeer opmerkelijke »en geheel onverwachte verandering — zegt hij — onderging de »»nitrous air« door ijzer (hij schudde het gas met vochtig ijzervijzel). »Niet alleen maakte dit dat er een kaars in branden kon, maar de »vlam is *vergroot*, soms twee maal, enkele keeren vijf of zes maal »zoo groot als gewoonlijk en toch gebeurde daarbij geen ontploffing.«

Later heeft hij dit nieuwe gas (door hem gedephlogistiseerde salpeterlucht genoemd) uitvoeriger bestudeerd en er andere bereidingswijzen voor gevonden, o. a. werking van ijzer, tin of zink op verdund salpeterzuur. De beste bereiding evenwel, verhitting van salpeterzure ammoniak, is van de Hollandsche scheikundigen, die mede bewezen dat het een lagere oxydatietrap van de stikstof is dan het stikstofoxyde.

In de volgende verhandeling worden proeven beschreven, die licht hadden kunnen geven over de geaardheid van de dampkringslucht, doch die den trouwen phlogiston-vereerder niets verder brachten. Hij

1) PRIESTLEY verzekerde, dat hij met zijn methode verschil in zuiverheid vond tusschen de lucht in zijn laboratorium, nadat daarin eenige menschen vertoefd hadden, en de buitenlucht. Na de ontdekking van de zuurstof is zij door velen toegepast, totdat uit een grondig onderzoek van CAVENDISH, (1783) gebleken was dat haar vele gebreken aankleefden. Deze zelf bleef er niettemin getrouw aan en wist er zulke goede uitkomsten mee te verkrijgen, dat hij reeds tot de gevolgtrekking kwam dat het zuurstofgehalte der buitenlucht, waarvoor hij 20.84 pCt. vond, overal gelijk is.



verhit in boven water of kwik staande glazen lucht, waarin fijn verdeelde kool zweeft met een brandglas, constateert de vorming van vaste lucht, die hij wegneemt met water of kalkwater, en meet het volume der overblijvende lucht. Ook stukjes lood en tin worden door hem op deze wijze verhit en in metaalkalken veranderd. Wat hem in al die proeven treft is dit, dat het luchtvolume steeds met een vijfde afneemt en dat een verdere vermindering niet mogelijk is en dat de overblijvende lucht (stikstof) als 't ware nieuwe eigenschappen had aangenomen. Het is voor ons thans moeilijk begrijpelijk, dat PRIESTLEY niet toen reeds op het denkbeeld kwam, dat de lucht uit minstens tweederlei gasen bestond, en hoe hij meenen kon dat hij in zijn proeven uit de lucht niet iets wegnam, maar integendeel, in weerwil van de volume-vermindering, daarin iets nieuws bracht, met name het phlogiston, dat aan de kool en de metalen onttrokken werd.

Tot de door PRIESTLEY ontdekte gasen kan men ook het chloorwaterstofgas rekenen.

Reeds in 1766 had CAVENDISH, toen hij beproefde koper in zoutzuur op te lossen, de ontwikkeling van een gas waargenomen, dat in aanraking met water snel weer verdween. Bij herhaling dezer proef kwam PRIESTLEY tot het besluit, dat het koper of eenig ander metaal niets met de gasontwikkeling te maken had, en het nieuwe gas, door hem *acid air* of *marine acid air* gedoopt, niets anders was »dan de damp of rook van den geest van zout (zoutzuur), hoewel »schijnbaar van zoodanigen aard, dat het niet verdichtbaar was door »koude, z.a. de damp van water of andere vochten«. Hij kwam op het gelukkige denkbeeld het gas boven kwikzilver op te vangen, en beschrijft er de meest kenmerkende eigenschappen van, o.a. dat het opgeslorpt wordt door kool, dat het zwaarder is dan dampkringslucht en dat het nevels vormt aan de lucht, doordien het daaraan water onttrekt. Zelfs ontleedt hij het door elektrische vonken zoo ver, dat hij brandbare lucht (waterstof) verkreeg.

Als men water met dit gas verzadigt, krijgt men, naar hij opmerkt, »den sterksten geest van zout dien ik ooit gezien heb, . . . ijzervijzel »lost er snel in op, de helft van het gas verdwijnt daarbij en de »andere helft wordt tot brandbare lucht, die niet door water wordt »opgeslorpt. Krijt in 't gas gebracht, doet vaste lucht ontstaan.«

Later vond hij nog de beste bereiding van dit gas, door de werking van zwavelzuur op keukenzout.

De boven medegedeelde onderzoekingen zijn alle verricht vóór of in 't jaar 1772. Bij te voegen zou nog zijn zijne waarneming over

een gas uit salpeter, doch ik verschuif dat tot de bespreking zijner ontdekking der zuurstof, waarbij ze behoort.

De tweede afdeeling van 't eerste deel beschrijft zijn proefnemingen van 1773 en 't begin van 1774. 't Belangrijkste daaruit is de beschrijving van de ontdekking van het ammoniakgas.

't Was PRIESTLEY ingevallen dat, evenals er een zure lucht was, door hem uit den geest van zout gedreven, er mogelijk ook een alkalische zou zijn, verkrijgbaar uit stoffen, die het vluchtig alkali bevatten <sup>1)</sup>. Hij vulde derhalve een fleschje met geest van salmomiak, verhitte dit met een kaarsvlam en ving boven kwikzilver de uitgedreven lucht op. Wat hij verkreeg was doorschijnend en werd niet verdicht toen hij het afkoelde. . . . Te weinig naar zijn zin verkrijgend voor een uitvoerige studie, viel het hem in dat hij beter deed voor de bereiding dezelfde stoffen te nemen, waaruit men geest van salmomiak (*ammonia liquida*) verkrijgt. Bijgevolg verhitte hij een vierde pond salmomiak met drie vierde pond gebluschte kalk en verkreeg door verwarming met een kaars een verbazende hoeveelheid gas. Nadat hij de groote oplosbaarheid in water bestudeerd had, »was ik »ongeduldig — zoo verhaalt hij — om te zien wat er gebeuren zou »als ik mijn nieuwe luchtsoort met andere samenbracht, die ik had »leeren kennen en in 't bijzonder met de *zure* lucht. Mijn idee was, »dat aangezien de twee luchten van tegenovergestelden aard waren, »zij te zamen vermoedelijk een neutrale lucht zouden opleveren, die »misschien wel precies dezelfde kon zijn als de gewone lucht. Maar »niet zoodra kwamen de twee luchtsoorten met elkaar in aanraking, »of er ontstonden fraaie witte wolken, die 't geheele vat aanvulden.

»Toen de wolken verdwenen waren, bleek het dat een vast wit »zout ontstaan was, waarin ik het gewone salmomiak herkende, een »verbinding dus van de zure met de alkalische lucht.« De proef, dikwijls op verschillende manieren herhalende, maakte hij uit de ongelijke bewegingen van de wolk terecht op dat de alkalische lucht soortelijk lichter moest zijn dan de zure. Niet weinig verbaasd was hij door de waarneming dat de alkalische lucht eenigszins brandbaar was.

1) Zooals KOPF meedeelt, had HALES reeds in 1727 salmomiak met kalk in een met water afgesloten pneumatischen toestel verhit, doch wegens de groote oplosbaarheid van 't ammoniakgas geen luchtontwikkeling waargenomen. Integendeel, bij 't eindigen der proef was het water opgestegen in het vat dat het salmomiak en de kalk bevatte.

Tot nog toe had PRIESTLEY in zijn boek opzettelijk nagenoeg alleen feiten meegedeeld, doch aan 't slot van zijn eerste deel gaat hij er toe over zijn denkbeelden te ontwikkelen, hoe het door hem gevondene uit de phlogiston-theorie te verklaren is. Daarbij laat hij aan zijn verbeelding den vrijen teugel, zóó dat hij zelfs zijn vrees uit dat de lezer, die hem tot nog toe voor een *dry experimenter* zal gehouden hebben, hem nu zal gaan beschouwen als een *visionary theorist*.

De dampen van brandende zwavel en de oplossing daarvan in water waren lang bekend geweest vóór PRIESTLEY. Toch was deze de eerste die het zwaveligzuur, of juister gezegd zwaveldioxyde, als gas verkreeg en bestudeerde. De beschrijving daarvan vult het eerste hoofdstuk van het tweede deel.

Aanleiding tot dit onderzoek was het denkbeeld van PRIESTLEY dat, evenals zoutzuur, vitrioololie bij verhitting een luchtsoort zou ontwikkelen. Werkelijk lukte de proef, nadat Mr. LANE het vermoeden had geopperd dat men bij het zuur olijfolie moest voegen. Hij ving het gas boven kwikzilver op, evenals hij het chloorwaterstofgas gedaan had. Vermoedend dat de werking der olijfolie in een afstaan van phlogiston aan de vitrioololie bestond, besloot hij dat alle stoffen rijk aan phlogiston, zooals beenderenkool, bruikbaar zouden zijn. Met deze laatste ging zelfs de gasontwikkeling regelmatiger. Nadat hij bevonden had dat meerdere aan phlogiston rijke stoffen de vitrioololie in staat stelden gas te ontwikkelen, beproefde hij of verhitting alleen niet voldoende was. Ziende dat dit niet ging, verwijderde hij teleurgesteld de brandende kaarsen. Vóórdat hij tijd had de geleidingsbuis tusschen ontwikkelingsflesch en kwikbak los te maken, werd (tengevolge van den door de afkoeling verminderden druk) eenig kwikzilver opgezogen. »Niet zoodra was dit met het heete zuur in aanraking »gekomen, of de flesch werd gevuld met witte dampen, een verbazende »hoeveelheid gas werd ontwikkeld, de geleidingsbuis brak in vele stukken en een gedeelte van 't heete zuur trof mijn handen en brandde die »zoo vreeselijk, dat het effect daarvan nog heden zichtbaar is. De binnenkant van 't glas was gevoerd met een witte zoutachtige stof »(zwavelzuur-kwikoxyde) waarvan een verstikkende reuk (van zwaveligzuur) uitging.« Uit dit ongeluk trok hij de leer, dat sommige metalen hun phlogiston aan heete vitrioololie konden afstaan, en in 't vervolg bereidde hij het nieuwe gas door in de flesch aan 't zwavelzuur eenig kwikzilver toe te voegen, of ook, wat even doelmatig bleek, koper. Sterk verhitten was alsdan onnoodig.

Deze door PRIESTLEY op pijnlijke wijze gevonden bereiding geeft

een zuiver gas en wordt nog heden gevolgd. Ook zijn verklaring is, als men de phlogiston-theorie aanneemt, niet onjuist.

Evenals ammonia en chloorwaterstof heeft hij ook het zwaveldioxyde goed beschreven: zijn oplosbaarheid in water, ongeschiktheid om de verbranding te onderhouden, alsook om zelf te branden, zijn verbinding met ammonia, opslorpbareid door kool, enz.

Was hij er in geslaagd uit minerale zuren luchtsoorten te verkrijgen, vruchteloos waren zijn pogingen om een *vegetable acid air* op te sporen. Weliswaar meende hij aanvankelijk uit een plantenzuur een nieuw gas bereid te hebben, doch het bleek weldra identisch te zijn met zwaveldioxyde. Voor plantenzuur had hij azijn genomen, zoo sterk als hij zich dien verschaffen kon, doch zooals hem later bleek, was die in hooge mate vervalscht met zwavelzuur.

Wij komen thans tot de belangrijkste van zijn vele ontdekkingen — tot diegene die het meeste tot zijn roem heeft bijgedragen.

Boven (blz. 330) is gezegd, dat PRIESTLEY nog in zijn eerste deel van een gas melding maakt uit salpeter verkregen. Dit geschiedde in 1771, en uit de beschrijving blijkt duidelijk dat dit zuurstof moet geweest zijn. Hij had het salpeter verhit in een geweerloop en bevond — naar hij zegt — dat in de ontwikkelde lucht een kaars niet alleen »brandde, maar met vergrootte vlam. Een sissend geluid werd gehoord, overeenkomend met dat 'twelk salpeter geeft in een open »vuur«. Ook nam hij roode dampen waar toen hij stikstofoxyde bij het gas bracht. Hij eindigt deze in het hoofdstuk »Miscellaneous Observations« opgenomene mededeeling met de woorden: »deze reeks »feiten aangaande lucht uit salpeter getrokken schijnt mij heel onge»woon en belangrijk. In bekwame handen zou het kunnen leiden »tot belangrijke ontdekkingen«. Misschien toen reeds in de zijne, had hij MAYOW's verhandeling (1669) *de Sal nitro et spiritu nitro-aëro* geraadpleegd.

Hoe dit zij, de eigenlijke ontdekking der zuurstof maakte PRIESTLEY eerst 1 Aug. 1774. Dat hij toen het groote belang zijner ontdekking beseftte, blijkt uit den aanhef van het hoofdstuk »Of Dephlogisticated Air, and of the Constitution of the Atmosphere«. Men zal daaruit tevens de bevestiging zien van 'tgeen vroeger is opgemerkt over het planlooze in zijn proefnemingen. »De inhoud van dit hoofdstuk zal een sprekend voorbeeld geven van een reeds meer dan eens »door mij gemaakte opmerking. . . . te weten dat meer te danken is »aan 'tgeen wij *toeval* noemen, of wijsgeerig gezegd aan de waarneming van *gevolgen van onbekende oorzaken*, dan aan een bepaald

»plan of aan een vooraf uitgedachte theorie. Dit komt niet uit in de »werken van hen, die *synthetisch* over deze onderwerpen schrijven, »maar ongetwijfeld zou dit wel zoo zijn, als ze dit *analytisch* en on»opgesmukt deden, en dit wel zeer in 't oog loopend bij hen, die om »hun wijsgeerige scherpzinnigheid het beroemdste zijn.

»Wat mij aangaat, beken ik ruitelijk, dat ik bij 't begin der hier»onder verhaalde proeven zoover af was van 't bezit eener hypothese, »die mij in mijn ontdekkingen leidde, dat ik die stellig voor zeer »onwaarschijnlijk zou gehouden hebben, wanneer mij zulk eene was »meegedeeld. Toen dan ook de beslissende feiten zich ten slotte on»afwijsbaar aan mij opdrongen, was het niet dan heel langzaam en »wifelend, dat ik mij bij de uitspraak mijner zintuigen neerlegde. »En toch, van achteren bezien, en mijn jongste ontdekkingen aan»gaande de samenstelling van den dampkring vergelijkend met de »eerst gemaakte, zie ik daartusschen het nauwste en begrijpelijkste »verband van de wereld, en verbaas ik mij, dat ik niet onmiddellijk »van de eene op de andere gekomen ben.«

Hij zet vervolgens uiteen, dat weinige stellingen der natuurkundi»gen zoo vast geloof vonden als deze, dat de lucht, te weten de damp»kringslucht, een enkelvoudige, elementaire stof was, onvernietigbaar en onvatbaar voor verandering, en dit althans evenzeer als men dit voor het water aannam.

En toch hadden zijn proeven geleerd, dat de dampkringslucht niet iets onveranderlijks was, aangezien brandende stoffen en ademende dieren die in die mate veranderden, dat zij ten eenemale voor verder gebruik ongeschikt werd, en dat hij manieren ontdekt had, inzonderheid door plantengroei, die strekten om ze in haar oorspronkelijken staat van zuiverheid te herstellen. »Doch — zei hij — ik moet »bekennen, dat ik geen idee had van de mogelijkheid om in dit op»zicht nog verder te gaan en een lucht te verkrijgen nog zuiverder »dan de beste gewone lucht.« Hij verhaalt dan hoe hij, in 't bezit gekomen van een bijzonder krachtig brandglas van 12 duim in doorsnede en met een brandpuntsafstand van 20 dm., daarmee allerlei stoffen verhit had, die hij in kleine, wijde flesschen met ronden bodem en gevuld met kwik omgekeerd in een bak met hetzelfde metaal had opgesteld, met het doel om te zien of zij een of andere luchtsoort zouden loslaten.

»Na een groot aantal andere proefnemingen, waarvan ter geschik»ter plaatse verslag wordt gegeven, trachtte ik op 1 Aug. 1774 lucht »te verkrijgen uit *mercurius calcinatus per se* <sup>1)</sup> en bevond dat dit

1) D. i. kwikoxyde, bereid door kwik aan de lucht te verhitten. Het

»met behulp van de lens gemakkelijk ging. Toen ik ongeveer drie of »vier keer het volume van mijn materialen verkregen had, liet ik er »water bijkomen en vond dat dit daarvan niets opnam. Doch wat »mij meer verbaasde dan ik zeggen kan, was dat een kaars in deze »lucht met een opmerkelijk sterke vlam brandde, zeer veel gelijkend »op de vergroote vlam, waarmee een kaars dit doet in *nitrous air*, dat »met ijzer of zwavellever behandeld is (d.i. in stikstofoxydule). Aan- »gezien die laatste luchtsoort de eenige was, waarin ik dit merkwaar- »dig verschijnsel had waargenomen, en ik wist dat de *mercurius cal-* »*cinatus* zonder hulp van salpeterzuur bereid was, kon ik mij de toe- »dracht in 't geheel niet verklaren.«

Zooals hem later bleek, brandde de kaars zelfs met veel meer glans in het nieuwe gas dan in stikstofoxydule en een gloeiend gemaakt houtje met even schitterend licht als papier dat met salpeter gedrenkt was.

Uit gewoon *rood praecipitaat*, d.i. kwikoxyde bereid door verhitten van salpeterzuur-kwik, verkreeg PRIESTLEY eveneens gas met dezelfde eigenschappen en besloot daaruit dat het gas van salpeterachtige natuur was. Daar het eerst gebezigd kwikoxyde het eveneens gaf, moest dit ook in de lucht voorkomen.<sup>1)</sup> Om zeker te gaan raadpleegde hij Mr. WARLTIK, »a good chemist and lecturer in Natural Philosophy«, die hem een rood kwikoxyde gaf, waarvan 't volkomen zeker was, dat het alleen door verhitting aan de lucht bereid was. Ook hieruit verkreeg hij wederom hetzelfde gas, zelfs meer dan vroeger, doordien hij de verhitting langer voortzette. „Een niet al te groote »scepticus — zegt hij — zou nu overtuigd zijn, maar toen ik daarna »in October te Parijs was, waar verscheidene uitstekende chemici

---

heette ook: *mercurius* of *hydrargyrus praecipitatus ruber*, d.i. rood kwik, dat zijn vluchtigheid verloren heeft. Reeds BOYLE wist dat het door sterker verhitten (onder verlies van een vurige of zoutachtige stof, beweert hij) weer tot metalliek kwik werd. En in 't zelfde jaar dat PRIESTLEY zijn ontdekking deed, toonde BAYEN in Frankrijk aan, dat de kwikkalk onder gasontwikkeling, in kwik terugging, alleen door hitte, zonder dat men phlogistonhoudende stoffen (m.a.w. reductiemiddelen) bijvoegde. Het kwik woog, naar hij bevond, juist zooveel minder als 't gewicht der ontwikkelde lucht bedroeg. Hij besloot daaruit dat de phlogistontheorie beperking behoefde, tenzij men wilde aannemen dat kwikkalk geen ware kalk was. Had hij de ontwikkelde lucht nader onderzocht, dan zou hij mede de zuurstof ontdekt hebben.

1) Reeds een eeuw vroeger had MAYOW als bestanddeel der lucht een *spiritus nitro-aëreus* aangenomen. Of PRIESTLEY met diens verhandeling bekend was, blijkt niet.

»zijn, liet ik de gelegenheid niet voorbijgaan om mij met behulp van »mijn vriend Mr. MAGELLAN, een ons *mercurius calcinatus* te verschaffen, bereid door Mr. CADET en waarvan de echtheid onmogelijk kon »verdacht worden. Tevens uitte ik herhaaldelijk mijn verbazing over »den aard van de luchtsoort, die ik uit dit praeparaat verkregen had, »tegen Mr. LAVOISIER, Mr. LE ROY en verschillende andere natuur- »kundigen, die in die stad mij de eer aandeden zich met mij te be- »moeien en die stellig niet missen kunnen, zich dię omstandigheid te »herinneren.«

Naar men weet, heeft LAVOISIER goed gevonden deze mededeeling van PRIESTLEY als niet gedaan te beschouwen. In een verhandeling van 1782 schreef hij: „Men zal zich herinneren, dat ik in de Paasch- »zitting van 1775 de ontdekking van een nieuwe luchtsoort aankon- »digde, die ik eenige maanden te voren met M. PRUDAINE gemaakt »had, eene luchtsoort die toen nog geheel onbekend was en die wij »door reductie van *mercurius praecipitatus per se* verkregen hadden. »M. PRIESTLEY, die deze luchtsoort tegelijkertijd met mij ontdekte, »en ik geloof zelfs nog wel vóór mij, noemt ze gedephlogisteerde »lucht.« Men ziet hieruit, dat LAVOISIER, die overigens de groote be- teekenis beter inzag dan PRIESTLEY, aan laatstgenoemde niet de pri- oriteit der ontdekking betwistte, maar alleen beweerde die zelfstandig eveneens gemaakt te hebben. In 1800 in zijn »the Doctrine of Phlogiston established« kwam PRIESTLEY daartegen op, mededeelende dat het aan de tafel van LAVOISIER was, dat hij 't verhaal deed van de uit *praecipitatus per se* als ook uit »red lead« (menie) verkregen lucht- soort. De heer en mevr. LAVOISIER hadden zich daarover niet min- der verbaasd getoond dan de overige gasten. Daar hij het Fransch niet dan gebrekkig sprak, had hij van »plomb rouge« gesproken, welke uitdrukking niet begrepen was, totdat M. MACQUER opmerkte, dat hij *minium* moest bedoelen. »Mr. SCHEELE's ontdekking — voegt »hij er nog bij — was stellig onafhankelijk van de mijne, ofschoon, »naar ik meen, niet zoo vroeg gedaan.«

Voor dit zijn geloof had PRIESTLEY alle reden en meer dan een eeuw lang heeft de geheele wetenschappelijke wereld dit gedeeld. De verhandeling toch »von der Luft und dem Feuer«, waarin SCHEELE de zuurstof beschreef, verscheen in Aug. 1777 voor 't eerst en wel in de Deutsche taal, te Upsala en Leipzig.<sup>1)</sup> Nu bleek wel is waar, uit het voorbericht van BERGMAN, dat de in deze verhandeling be-

---

1) Een Engelsche vertaling daarvan, die PR. kan hebben gelezen, ver- scheen in 1780.

schreven onderzoeken reeds twee jaar vroeger voltooid waren, doch daaruit kon alleen worden afgeleid, dat SCHEELE de zuurstof niet later ontdekte dan Aug. 1775. Eerst door de nagelaten brieven en aantekeningen van SCHEELE, in 1892 door A. E. NORDENSKIÖLD uitgegeven, is aan 't licht gekomen, dat hij de zuurstof (door hem »Feuerluft« genoemd) reeds in 1772 bereid, onderzocht en als bestanddeel der dampkringslucht erkend had. <sup>1)</sup>

SCHEELE is PRIESTLEY derhalve vóór geweest in de ontdekking, doch door den laatste is zij 't eerste bekend geworden.

Na zijn terugkeer uit Frankrijk heeft PRIESTLEY de studie van 't nieuwe gas vlijtig voortgezet. Dat hij het toen ook reeds verkregen had door verhitting van menie is reeds boven vermeld. Daar dit op dezelfde wijze bereid wordt als kwikkalk, versterkte hem dit in 't idee, dat de door deze metaaloxiden ontwikkelde zuurstof uit de lucht afkomstig was.

Van stikstofoxydule leerde hij de zuurstof onderscheiden door de geringere oplosbaarheid der laatste in water. De gemakkelijke onderscheiding door bij de gassen eenige bellen stikstofoxyde te brengen, vind ik niet vermeld, doch uitvoerig gaat hij de veel grootere inkrimping na, die dit gas met zuurstof geeft in vergelijking met de dampkringslucht. Hij bracht ook brandbare lucht met zuurstof saam, in de verwachting dat het daarmee een sterkere ontploffing zou geven, dan met gewone lucht. »Doch — zegt hij — de uitkomst over-

1) SCHEELE verkreeg de zuurstof 't eerst door distillatie van rookend salpeterzuur. Nadat er geen roode dampen meer overgingen, en het kleurloos geworden zuur in de retort weer opnieuw rood werd, ving hij 't nu ontwikkelend gas in een blaas op. „Ich füllte ein Glas, welches zehn »Unzen Wasser enthielt, mit dieser Luft, darauf stellte ich ein schmales »angezündetes Licht darein; kaum war dieses geschehen, fing das Licht »an mit einer grossen Flamme zu brennen, wobei es einen so hellen »Schein von sich gab, dass es die Augen verblenden konnte. Ich mischte »einen Theil dieser Luft mit drei Theilen derjenige Luft in welches »das Feuer nicht \ brennen wollte; hier hatte ich eine Luft, »welche der ordinären in allen gleich war. Da diese Luft nothwendig zur »Entstehung des Feuers erfordert wird, und etwa den dritten Theil in »unserer allgemeinen ausmachtet, so werde sie der Kürze halber inskünftige die Feuerluft nennen; die andere Luft aber, welche zur feurigen »Erscheinung gar nicht dienlich ist, und welche in unserer Luft etwa »zwei Drittheile ausmachtet, will ich in der Folge mit dem bereits »bekannten Namen verdorbene Luft belegen.«

SCHEELE geeft hier juist de twee hoofdbestanddeelen der lucht aan, schoon onnauwkeurig wat de volumeverhouding betreft, die 1: 4 is en niet 1: 2.



»trof nog verre mijne verwachting en ieder, voor wien ik de proef »deed, was er even verbaasd van.« Ook de groote hitte, waarmede de verbranding in zuurstof geschiedt, trok zijn aandacht. »De kracht van »een vuur — zegt hij — is gemakkelijk enorm te verhoogen door »aanblazen met gedephlogisteerde, in plaats van met gewone lucht. »Mogelijk dat men platina op deze wijze zal kunnen smelten.«

Hij bevindt dat een muis in zuurstof langer in leven blijft dan in een gelijke volume dampkringslucht, doch besluit daaruit niet dat voor gezonden de ademhaling in eerstgenoemd gas heilzaam zou zijn, wel misschien in sommige gevallen voor zieken. »Want — zegt hij — »evenals een kaars sneller in gedephlogisteerde lucht opbrandt dan in »gewone lucht, zoo zouden ook wij daarin wellicht te snel asleven »(live out to fast)... Wie kan zeggen of niet mettertijd deze zuivere »lucht een fashionable modeartikel zal worden. Tot nog toe hebben »alleen twee muizen en ik het voorrecht gehad ze in te ademen.«

Later vond hij nog dat de zuurstof iets zwaarder is dan de dampkringslucht.

Wat den naam betreft, door PRIESTLEY aan 't gas gegeven, deze was van 't standpunt der door hem gehuldigde theorie goed gekozen. Dat de lichamen daarin zoo intensief verbrandden, dus hun phlogiston snel verloren, deed vermoeden, dat het gas daaraan veel armer moest zijn dan alle andere luchtsoorten. Geheel vrij daarvan dacht PRIESTLEY aanvankelijk zich de zuurstof toch niet. Zijn eerste voorstelling over de samenstelling was dat het bestond uit salpeterzuur en aarde, vereenigd met zooveel phlogiston als noodig was voor haar elasticiteit, m.a.w. om er een gas van te maken. Later wijzigde hij die voorstelling nog verscheidene malen, totdat hij eindelijk in 't laatste deel van zijn hoofdwerk de zuurstof voor het eenige elementaire gas verklaarde, met de bijvoeging evenwel dat het mogelijk een verbinding van een element met warmte was. Doch, meent hij, aangezien het niet waarschijnlijk is dat warmte iets tot het gewicht van de lichamen bijdraagt, kan men haar moeilijk in de lichamen waarin ze voorkomt als element beschouwen.

Naar men ziet is dit een toenadering tot LAVOISIER, die van de zuurstof dezelfde voorstelling had.

Dat PRIESTLEY niet altijd geluk had met zijn onderzoekingen, blijkt o.a. uit de vele proeven aangaande de werking van salpeterzuur op plantaardige en dierlijke stoffen. Hij meende dat daartusschen een eigendommelijk verschil moest bestaan. Doch hoeveel moeite hij zich ook gaf, iets van blijvende beteekenis hebben die proeven niet opgeleverd.

Zijn speciaal gebied was de pneumatische chemie en de thans volgende verhandeling in het 2de deel is dan ook weer belangrijker. Zij heeft de *Fluor acid air* tot onderwerp: »een door Mr. SCHEELE, een »Zweed, ontdekt lichaam, reden waarom het vaak *Swedish acid* genoemd wordt.«

Dat men met poeder van het mineraal vloeispaat glas kon etsen door het met vitrioololie aan te mengen, was lang bekend. De ontdekking daarvan wordt toegeschreven aan den Neurenberger kunstenaar HEINRICH SCHWANHARDT (1670). In 1768 had MARGGRAF vloeispaat met zwavelzuur uit een glazen retort gedistilleerd en 't ontwikkelend gas in water opvangend een *aarde* verkregen, die hij voor vluchtig en afkomstig uit het vloeispaat hield. SCHEELE, die 1777 deze proef herhaalde, kwam de juiste toedracht reeds iets nader op 't spoor. Volgens hem maakt het zwavelzuur uit het vloeispaat een vluchtig zuur vrij, dat aan kalk gebonden was, doch in 't water komend daardoor gefixeerd wordt en de kiezelaaarde doet ontstaan.<sup>1)</sup>

PRIESTLEY ontwikkelde het gas eveneens door verwarming van vloeispaat met zwavelzuur in een glazen retort, doch verkreeg het als zoodanig doordien hij het boven kwik opving. Eerst daarna bracht hij er water bij. »Het is -- schrijft hij -- zeer amusant te zien hoe »elke gasbel, die door het kwik het water bereikt, als 't ware oogen»blikkelijk in steen veranderd wordt.« Sommige personen, voor wie hij de proef nam, konden er wel een uur naar zitten kijken.

Dat hij in de verklaring van het verschijnsel niet slaagde, kan niet verwonderen. Hij bemerkte wel is waar, 't geen aan zijn voorgangers ontgaan was, dat het glas der retort aangetast werd, doch kwam niet op het denkbeeld dat daaruit de afgescheiden aarde kon stammen. De eerst langzamerhand opgehelderde toedracht (waaraan vele onderzoekers aandeel hadden tot aan BERZELIUS toe, in 1823) komt — het moge kort herinnerd worden — op 't volgende neer. Het zwavelzuur zet zich met het vloeispaat (fluorcalcium) om tot calciumsulfaat, dat in de retort blijft en tot fluorwaterstof die vervluchtigt. Voor zoo ver die laatste evenwel het glas treft, ontnemt zij daaraan kiezelzuur, waarmee zij zich omzet tot fluorkiezelgas en water, dat door 't sterke zwavelzuur gebonden wordt:

---

1) In 't algemeen schreef hij aan water 't vermogen toe zuren te fixeren, doelende op de kookpuntsverhooging, die rookend salpeterzuur, rookend zwavelzuur enz. door vermenging met water ondergaan. Doch vloeispaatzuur is, volgens hem, 'teenige waarvan de fixatie zoo ver gaat, dat een eigenlijke aarde ontstaat.



Het door PRIESTLEY boven kwik opgevangen gas moet dus een mengsel geweest zijn van fluorwaterstof en fluorkieziel. In aanraking met overvloedig water komend geeft dit laatste gas, volgens de formule:  $3 \text{ Si Fl}_4 + 4 \text{ H}_2\text{O} = \text{Si(OH)}_4 + 2 \text{ H}_2\text{Si Fl}_6$ , geleiachtig kiezelzuur, (aardachtige vlokken) terwijl in het water kiezelfluorwaterstofzuur opgelost blijft. Dat uit dit laatste (door ontleding der oplossing bij het indampen) nog kiezelzuur verkrijgbaar is, werd ook door hem waargenomen.

Zijn verklaring, waarvoor hij de hulp van 't phlogiston te hulp riep, waardoor de uit het vloeispaat afkomstige aarde zou vervluchtigd worden, verdient geen verdere bespreking.

Middelwyl hadden LAVOISIER en anderen van door PRIESTLEY gevonden feiten gebruik gemaakt om de door dezen verdedigde theorie te bestrijden. Naar THORPE meent, is het onder den indruk hiervan geweest, dat hij de voorrede schreef van zijn in 1777 verschenen derde deel. »Ik kan slechts herhalen — zoo heet het o.a. — dat het »niet mijn *meeningen* zijn, waarop ik geacht wil worden nadruk te »leggen. Laten de *nieuwe feiten*, waaruit ik die afleid, beschouwd »worden als mijn *ontdekkingen* en laten anderen, als ze kunnen, »daaruit betere besluiten trekken. Dit (nl. de pneumatische chemie) »is een nieuw veld voor proefnemingen en bespiegelingen en een te »vroeg vasthouden aan een hypotheese is het grootste struikelblok »om daarop voorwaarts te komen. Ik meen dat ik mij daarvoor vrij »wel gewacht heb en daarom anderen te moeten waarschuwen om »eveneens op hun hoede te zijn.«

Dit derde deel bevat weinig belangrijks. Het bevat een uitvoerig relaas van proeven over de werking van salpeterzuur op een aantal verschillende stoffen. Doch het ontbreekt daarin aan samenhang en hij komt dan ook niet tot algemeene gevolgtrekkingen. Voorts geeft hij in dit deel een nalezing over zijn gas-studies, het vroeger meegedeelde aanvullende en hier en daar verbeterende.

In een hoofdstuk getiteld: »Over de menging van verschillende luchtsoorten, die niet op elkaar inwerken« toont hij bereids een heldere voorstelling te hebben van diffusie, die later door zijn landgenooten DALTON, HENRY, GRAHAM, met vrucht zou bestudeerd worden <sup>1)</sup>.

1) Wat DALTON betreft, herinner ik hier aan wat vroeger in dit tijdschrift door mij is uiteengezet (Jaarg. 1902, p. 338 en v.), nl. dat deze door nadenken over 't gemengd blijven van bestanddeelen der lucht (1801), tot zijn atoomtheorie kwam, die hij daarna op de chemie toepaste.

»De uitkomst mijner proeven zijn in 't algemeen deze geweest, dat »als twee luchtsoorten gemengd zijn geworden, het onmogelijk is ze »door afschenken (*decanting*) te scheiden, hoe voorzichtig men daarmee »ook te werk moge gaan. Ze mogen al niet geheel in elkander door»dringen, ter vorming van *een derde luchtsoort* met nieuwe eigenschap»pen, toch blijven ze gelijkelijk tusschen elkander uitgespreid, zoodat, »onverschillig of men uit het vat, waarin ze, zijn van boven iets uit»neemt of wel van onderen, zonder 't overige in beroering te brengen, »altijd hetzelfde mengsel van beide verkregen wordt.«

Nog komt in het derde deel een opstel voor over »Respiration and the use of blood«, gelezen in de *Royal Society*, 25 Jan. 1776. Hij beschouwt, naar men begrijpt, de ademhaling als een phlogistisch proces, waarvan het doel is door de longen het vunzige *effluvium* af te voeren of 't lichaam te bevrijden van het in het voedsel toegevoerde phlogiston. De uitgeademde lucht is daarvoor het voertuig. Voorts meent hij te hebben aangetoond, dat de aanvoer geschiedt door het bloed, dat in de longen in nauwe aanraking met de lucht komt. Die vloeistof is er verwonderlijk op ingericht om zich overal in 't lichaam te drenken met dit beginsel, dat de scheikundigen phlogiston noemen en zij verandert van kleur telkens als zij dit beginsel opneemt of weer loslaat. Naar men ziet, is zijn opvatting zoo goed als zich met zijn theorie rijmen laat.

In het vierde deel, 1779 verschenen, vindt men een groot aantal verhandelingen, waaruit wederom duidelijk blijkt welk een vlijtige, schoon weinig methodische proefnemer PRIESTLEY was.

Men vindt daarin vele juiste waarnemingen, doch die op zichzelf staan en geen verklaring vinden, zoodat ze ten deele later opnieuw moesten gedaan worden.

Proeven nemend met stikstofoxyde, dat hij door zwavelzuur wil doen opnemen, verkreeg hij fraaie kristallen die door water weder ontleed werden. Klaarblijkelijk is dit de later door CLÉMENT en DÉSORMES bij de fabrikage van Engelsch zwavelzuur waargenomene verbinding (nitrosylzwavelzuur) of de zoogenoemde looden kamerkristallen. Hij beschrijft ook de donkerbruine verkleuring, die een oplossing van ijzervitriool vertoont, als men ze stikstofoxyde laat opslorpen. Doch op het zonderlinge vermoeden komend, dat dit met de »astringency« (den bekenden samentrekkenden smaak) van genoemd ijzerzout in verband zou staan, beproefde hij vruchteloos gelijke verkleuring te verkrijgen door het gas in een aftreksel van groene thee te leiden.

De donkerblauwe kleuring, die water voorbijgaande aanneemt door

schudden met roodbruine dampen van stikstofdioxyde (vorming van salpeterigzuur) is meermalen door hem waargenomen.

Opmerking verdient nog, dat hij zijn eudiometrische proeven voortzettend ten einde met behulp van stikstofoxyde de deugdelijkheid van de lucht te bepalen, nog vóór CAVENDISH tot de bevinding kwam, dat men op die manier geen verschillen kon vinden grooter dan die »uit de onnauwkeurigheid der methodes verklaarbaar waren. Door goede vrienden had hij zich uit allerlei plaatsen, vooral fabrieksteden, lucht laten toezenden en zelf in allerlei tijden van het jaar en bij zeer uiteenloopende weersgesteldheid lucht verzameld. Het pleit voor zijn nauwkeurigheid en zelfstandigheid dat hij met zijn gebrekkige methode reeds tot dit besluit kwam en zich daarvan niet liet afbrengen door de hem bekende uitkomsten van anderen, met name van LANDRIANI te Milaan.

PRIESTLEY schreef, z. a. reeds is opgemerkt, veel van zijne ontdekkingen aan het toeval toe. Dat dit hem niet altijd gunstig was blijkt uit de beschrijving van verscheidene in dit en in het volgende deel vermelde proeven. Zonder het te weten bereidde hij phosphorwaterstof, phosphorigzuur en het chloor, voordat de ontdekking daarvan door SCHEELE in Engeland bekend was. Hij verkreeg dit belangrijke element uit »de oplossing van bruinsteen in den geest van zout«, nam er een bijzonderen reuk aan waar (gelijk aan dien van menie in 't zelfde zuur) en bemerkte dat het kwik aantastte. Maar, zegt hij, »andere dingen op het oog hebbende, weerhield mij dit daarop veel acht »te geven.«

De belangrijkste opstellen in het vierde deel handelen over de verbetering van de lucht door den plantengroei, waarvan hij aantoonde dat die tot stand komt door het bladgroen en dat zonlicht daarvoor noodig is.

Met vijf andere opstellen over 't zelfde onderwerp opent het in 1781 verschenen vijfde deel. Nieuws brengen ze niet, alleen bevestiging van de zuurstofontwikkeling in 't zonlicht, die inmiddels (1779) ook door INGEN—HOUSZ geconstateerd was <sup>1)</sup>.

Onder de proeven, die PRIESTLEY met gassen gewoon was te nemen, behoorde ook deze, dat hij er elektrische vonken liet doorgaan. In dit deel beschrijft hij de merkwaardige uitkomst die hij op deze wijze met ammoniak-gas verkreeg. Hij nam waar, dat het volume hierbij ver-

1) Zie over 't belangrijk aandeel dat onze landgenoot aan de ontdekking had: Het Leven van JAN INGEN—HOUSZ, door Dr. H. W. HEINSIUS, in dit Tijdschrift: Jaarg. 1897, p. 1.

groot werd en dat er brandbare lucht (waterstof) ontstond, geheel overeenkomend met het phlogiston, gelijk hij dat door de behandeling van metalen met zuren verkregen had. Dat tegelijkertijd nog een ander gas ontstond (stikstof) ontgaat aan zijn aandacht en ook geeft hij de volumevergrooting te klein op. Dit laatste is niet te verwonderen, want de ontleding gaat langzaam en geeft zelfs (door omkeering der reactie: vereeniging van H en N tot  $\text{NH}_3$ ) nooit precies verdubbeling van 't volume. Toch was de door hem verkregen hoeveelheid waterstof groot genoeg om hem ten uiterste te verbazen. Uit de geringe brandbaarheid van ammoniak-gas had hij toch vermoed, dat de hoeveelheid phlogiston (waterstof) in ammonia voorhanden veel minder groot moest zijn.

Het vijfde deel eindigt met een physische verhandeling »over het geluid in verschillende luchtsoorten«. De proeven werden genomen met een klok, die onder de stolp van een luchtpomp geplaatst was en die hij door neerdrukking van een koperen stang een keer of twaalf achtereen kon laten slaan. Achtereenvolgens werden in de stolp verschillende gassoorten gebracht en de afstanden bepaald, waarop 't geluid der slaande klok nog gehoord kon worden. Hij besluit uit die proeven, dat de sterkte van 't geluid onafhankelijk is van den chemischen aard van 't gas en geheel bepaald wordt door zijn dichtheid. »In brandbare lucht is 't geluid nauwelijks sterker dan in een tamenlijk goed vacuum en deze lucht is tien maal ijler dan gewone lucht. »In vaste lucht was 't geluid veel sterker dan in gewone lucht, zoodat het ongeveer nog de helft verder kon gehoord worden, en deze »lucht is ongeveer in dezelfde hoeveelheid dichter dan gewone lucht. »Ook in gedephlogistiseerde lucht was 't geluid sterker, en naar 't »mij voorkwam zelfs meer dan in reden van haar hoogere dichtheid; »maar ik kan niet beweren dat ik daarvan volkomen zeker ben.«

De voorrede van 't in 1786 verschenen zesde en laatste deel is opmerkelijk, omdat daaruit duidelijk blijkt, dat zijn werk op natuurkundig gebied in Engeland hooger geschat werd dan zijn theologisch geschrift. Hij verdedigt zich daarin tegen de beschuldiging, dat hij aan het laatste te veel tijd besteedde door de opmerking, dat de theologie en niet de natuurkunde zijn eigenlijk vak was en dat bovendien de proefnemingen, vereischt om enkele zinnen in dit werk te kunnen schrijven, hem veel meer tijd hadden gekost dan geheele hoofdstukken uit zijn godgeleerde geschriften.

't Eerste opstel in dit deel bevat de beschrijving van proeven ter verdediging van de leer van het phlogiston. Volgens THORPE zijn ze

vernuftig uitgedacht en treffend, doch van de wijze waarop hij ze uitlegt zegt hij dat ze PRIESTLEY's eigen woorden bevestigt: »Ons geloof aan de waarachtigheid eener leerstelling kan zoo vast zijn, »dat de ondubbelzinnigste uitspraak onzer zinnen dat ternauwernood »kan schokken.... Hoe scherpzinniger iemand is, des te vaster zal »hij in zijn dwalingen verstrikt blijven, doordien zijn vindingrijk- »heid hem alleen dient om zichzelf te misleiden en om aan de macht »der waarheid te ontkomen.«

Wat in dit opstel treft is de openhartige bekentenis, dat hij op het punt heeft gestaan de leer van LAVOISIER te omhelzen. De verklaring toch, door GUYTON DE MORVEAU, GREN, FORDYCE en anderen van de gewichtsvermeerdering gegeven, die metalen door de verkalming ondergaan, kon PRIESTLEY niet bevredigen. Een materie die *the principle of levity* zou zijn, een massa die de ontkenning van massa zou wezen, die afgestooten wordt door de aarde in plaats van aangetrokken, is in zijn oog een totaal onbevredigende opvatting. »Maar — zoo vervolgt hij — als het phlogiston nu toch eens iets werkelijk »bestaande was, een weegbare stof, schoon dan ook van de uiterst »mogelijke lichtheid? Zoo ja, dan is de leer van STAHL nog te redden. »Mijn vriend Mr. KIRWAN — een knappe schrandere Ier, even vlug »van geest als vaardig met de pen — heeft het denkbeeld geopperd, »dat phlogiston brandbare lucht zou zijn.« En daardoor van de wijs gebracht, verzint PRIESTLEY proeven, die onberispelijk worden uitgevoerd, doch faliekant uitgelegd en hem stijven in 't geloof dat KIRWAN<sup>1)</sup> gelijk en LAVOISIER ongelijk heeft.

De tweede verhandeling van 't zesde deel heeft tot titel: »over de schijnbare verandering van water in lucht«.

In 1774 had PRIESTLEY gevonden dat, als men water leidde door in een kolenvuur verhitte aarden buizen, er lucht ontwikkelde, slechter dan gewone dampkringslucht, die door afkoeling en samendrukking niet meer tot water kon worden verdicht. Geen wonder dat die proef, waardoor een eeuwenoude strijdvraag op eenvoudige wijze afdoende beantwoord scheen, zeer de aandacht trok. Vooral was dit het geval in PRIESTLEY's onmiddellijke omgeving, onder zijn medeleden van het Maanzelschap. Doch zijn proeven op allerlei wijzen herhalend, kwam hij ten slotte tot de overtuiging, dat hij zich vergist

1) Deze bleek per slot van rekening beter vatbaar voor overreding dan PRIESTLEY. In 1792 schreef hij — naar KOPF mededeelt — aan BERTHOLLET: »Na een 10-jarig verzet leg ik de wapens neer en geef het phlogiston op.... 't Is onmogelijk het langer in stand te houden.«

had en verklaarde hij de proef door het vermogen van de buitenlucht om door de poriën van de aarden buis naar binnen te dringen, »door middel van een kracht, zeer verschillend van gasdrukking«. Verder kwam hij in zijn verklaring niet. Had hij dieper over het verschijnsel nagedacht en dit met soortgelijke waarnemingen van hem zelf en van anderen in verband gebracht, wellicht zou hij dan tot de ontdekking gekomen zijn, een halve eeuw later door GRAHAM aangaande diffusie van gassen door poriën gedaan.

't Is opmerkelijk dat PRIESTLEY's eerste uitlegging zijner proef, bij vele, vooral Duitsche geleerden, nog lang geloof vond, nadat hij zelf op grond van nauwkeuriger onderzoek zijn bewering terug had genomen.

Nog tot het einde der 18de eeuw heeft men de omzetting van water in gloeiende buizen tot lucht (stikstof) staande gehouden, totdat eindelijk de welbedachte proeven der Hollandsche scheikundigen buiten twijfel stelden, dat de buitenlucht, na verlies van veel zuurstof bij het strijken door de gloeiende kolen, in de aarden buizen drong en mitsdien als onzuivere stikstof opgevangen werd.

De volgende verhandeling, die over de werking van stoom op roodgloeiend ijzer handelt, (zie bladz. 307), ga ik stilzweigend voorbij. Ook zal ik niet stilstaan bij de beschrijving van het zwavelwaterstofgas, dat hij door de werking van zwavelzuur op zwavelijzer bereidde, doch niet onderscheidde van andere brandbare luchten, die hij alle beschouwde als uit phlogiston bestaande, vereenigd of verontreinigd door andere stoffen, die de eigenschappen min of meer wijzigden. Zoo verklaart hij dan ook den onaangename reuk van de zwavelwaterstof uit de verontreiniging van 't phlogiston met zwavel.

Het zesde deel sluit met reeds vroeger herhaaldelijk beloofde theoretische beschouwingen, waartoe hij evenwel niet dan schoorvoetend overgaat. Gaarne zou hij nog langer uitstel vragen, evenals SIMONIDES toen men hem naar 't wezen der Godheid vroeg,<sup>1)</sup> dewijl hij zich nu, nog minder dan eenige jaren geleden, in staat acht een theorie te geven, die hem zelf bevredigt. Dat hij niettemin er nu een geeft, is om-

1) Van den Griekschen dichter SIMONIDES (geb. 559 v. Chr.) wordt verhaald, dat hij door HIËRO van Syracuse gevraagd: »Wat is God?« eerst verzocht één dag met zijn antwoord te mogen wachten, dan twee, en vervolgens vier, acht, enz. dagen, telkens den termijn verdubbeld. De vorst hierover verwonderd verlangde de reden te weten: »Het is« gaf SIMONIDES ten antwoord: „omdat ik het onderwerp uwer vraag des te onbegrijpelijker vind, hoe meer ik er over nadenk.«



dat hij meent aan 't einde van 't relaas zijner proeven, dit niet te mogen nalaten.

Na 't geen dienaangaande bij 't bespreken der door PR. onderzochte gassen bereids is medegedeeld, kan ik kort zijn over zijn voorstellingen over de samenstelling der luchtsoorten, waarmede hij zich het eerst bezighoudt.

Gedephlogistiseerde lucht is volgens hem het eenige gas dat een element is, schoon wellicht nog gebonden aan het beginsel der warmte (zie bladz. 337). Gephlogistiseerde lucht, door RUTHERFORD mephistische lucht en door LAVOISIER *azote* (stikstof) genoemd, is volgens PRIESTLEY waarschijnlijk saamgesteld uit *nitrous acid* en phlogiston. Is de opvatting analoog aan de meening, dat een metaal een verbinding zou zijn van metaalkalk met phlogiston, men zou nu ook verwachten, dat hij vaste lucht (koolzuur) als een element zou beschouwen waarvan koolstof de phlogistonverbinding is. Doch neen, vaste lucht is volgens hem een verbinding van dezelfde elementen als die waaruit het water bestaat. Doch er zou dit verschil zijn, dat het phlogiston (brandbare lucht) met de gedephlogistiseerde lucht vereenigd, in 't water minder zuiver zou zijn, dan zooals het in de vaste lucht voorkomt.

Van de brandbare luchten bestaat er een verbazend aantal verscheidenheden; de reden daarvan is volgens PR. slechts onvolkomen bekend. De lichtste en daarom wellicht zuiverste soort (waterstof) schijnt alleen uit phlogiston en water te bestaan, en degene, die met walmende vlam branden en daarbij vaste lucht opleveren (koolwaterstoffen), bevatten waarschijnlijk verschillende soorten van olie.

't Zal onnoodig zijn op het ongerijmde en tegenstrijdige van deze voorstellingen te wijzen, die doen betreuren, dat PRIESTLEY niet bleef volharden in zijn navolgen van SIMONIDES. Toch is hij een enkele maal gelukkiger, namelijk in zijn opvatting van ammoniak-gas, dat hij een verbinding noemt van brandbare lucht met gedephlogistiseerde lucht (stikstof).

Ik zal niet uitweiden over zijn beschouwingen van het phlogiston, waarmee hij zijn hoofdwerk besluit. Uit 't geen THORPE daarvan meedeelt, blijkt alweer dat hij destijds (1786) niet van de waarachtigheid der leer overtuigd was en o.a. het gewicht gevoelde van het door de bestrijders aangevoerde feit, dat kwikkalk alleen door hitte tot metaal werd, onder verlies van zuiver gedephlogistiseerde lucht en zonder merkbaar iets op te nemen. Doch met behulp van de veronderstelling van KIRWAN, dat brandbare lucht phlogiston was, meent

hij ook daarvan rekenschap te kunnen geven, en aangezien de leer bij uitstek bruikbaar is, zoo al niet volstrekt noodzakelijk, ter verklaring van vele andere chemische verschijnselen, vindt hij het raadzaam ze niet op te geven.

Met het klimmen der jaren schijnt hij vaster in de leer geworden te zijn, zoodat hij in 1800, in zijn »*Doctrine of Phlogiston Established*» met volle overtuiging tegen zijn Fransche bestrijders optreedt, ze toewenshendend dat hun republiek een langer leven mocht hebben dan hun antiphlogistische theorie. Een voornaam argument, in dit werk gebezigd, is het ontstaan van brandbare lucht door de verhitting van ijzerhamerslag met kool, (zie blz. 325) waarvan trouwens de juiste verklaring volgens de nieuwe leer eerst mogelijk werd door de ontdekking van het kooloxyde.

Het toeval, waaraan PRIESTLEY zulk een groot aandeel toekende in zijn belangrijke ontdekkingen in het laboratorium, is hem niet gunstig geweest bij zijn overpeinzingen in de studeerkamer. Had hij KIRWAN niet op zijn weg ontmoet, mogelijk had hij de leer van LAVOISIER aanvaard en zijn laatste levensjaren vruchtbaarder besteed dan aan het verdedigen eener door de macht der feiten verouderde leer. Toch kan dit geen afbreuk doen aan zijn blijvenden roem, gegrond op baanbrekende ontdekkingen, die, onafhankelijk van slechts tijdelijk geldige theorieën, ten eeuwigden dage haar waarde zullen behouden.

Den Haag, Juni 1907.

---