
DE FLOGISTONTHEORIE

Inleiding

De achttiende eeuw was een belangrijk scharnierpunt in de evolutie van de scheikunde. In het begin van deze eeuw werd met het oog op levenselixir en transmutatie gezocht naar de Steen der Wijzen. Zo deed Sir Isaac Newton gedurende een groot gedeelte van zijn leven onderzoek naar de transmutatie van metalen, iets wat uiteindelijk alleen resulteerde in een kwikvergiftiging. Op het einde van die zelfde eeuw echter legde Lavoisier met zijn verschillende verhandelingen, en dan vooral met het werk "Traité de Chimie" de basis voor de moderne scheikunde. In de tussliggende periode werd door verschillende wetenschappers getracht om fenomenen zoals de calcinatie van metalen en de verbranding te verklaren aan de hand van de flogistontheorie. Maar ook toen Lavoisier zijn 'oxygène'-principe had gelanceerd, bleven belangrijke onderzoekers, zoals Priestley, de oude theorie trouw. Waarin moet dan het succes van deze theorie gezocht worden? In dat opzicht moet men maar aan leerlingen van een humaniora, die nooit in contact kwamen met moderne scheikundige theorieën, vragen of dat de massa van een metaal na verbranding hoger dan wel lager ligt dan de oorspronkelijke massa (Denk maar aan het "wegroesten" van

ijzer). Velen zullen zeggen dat "iets" is ontsnapt en dat dan een residu met een lagere massa overblijft. Dit "iets" werd door velen van de bovenvermelde geleerden betiteld als flogiston.

Flogistontheorie: situering en grondleggers

De flogistontheorie probeerde komaf te maken met enkele problemen, die zich reeds gedurende eeuwen waren gerezen, namelijk:

- Wat is verbranding en wat zijn de eigenschappen van brandbare stoffen?
- Waarom wordt bij het verbranden van bepaalde metalen in de lucht het overeenkomstige calx gevormd, dat zwaarder is dan het metaal zelf? M.a.w.: welk idee van chemische combinatie zit achter de verbranding?
- Wat is de ware aard van vuur, warmte en een vlam?

Vooreerst moeten we ons even verplaatsen naar het einde van de zeventiende eeuw, op het moment dat Stahl zijn flogistontheorie formuleerde. Wat de verbranding betrof, veronderstelde men volgens Paracelsus (1493-1541), die ook op dat moment nog als een halfgod werd vereerd, dat alle zaken in de natuur zijn samengesteld uit de vier elementen van Aristoteles (aarde, lucht, vuur en water). De

eigenschappen van elke materie uiten zich als een mengsel van de 'tria prima' (zwavel, kwik en zout). De oorzaak van verbranding van een voorwerp moet toegewezen worden aan het gehalte zwavel, als principe van onbrandbaarheid, in dat voorwerp. Hierdoor wordt de vluchtige materie uitgedreven (het principe van de vluchtigheid of kwik). De as die overblijft is het zout. Anderzijds werd de deeltjestheorie van Democritus herontdekt, zeker nadat René Descartes (1596-1650) zijn theorie over het verbranden van hout had beschreven. Voor hem was vuur samengesteld uit kleine vuurdeeltjes, die door elkaar bewegen op een zeer snelle en, zoals hij het stelt, "gewelddadige" manier. Bij de verbranding van een voorwerp worden dan door deze hevige beweging de deeltjes van dit voorwerp uit elkaar gedreven. Slechts weinigen hielden rekening met de rol van de omgevende lucht. Een van de eersten die de band tussen verbranding en lucht legde, was Leonardo da Vinci (1452-1519). In een zeer obscuur geschreven werk stelt hij dat vuur continu de omgevingslucht verbruikt en dat, indien er geen voldoende toevoer is van lucht, er zich een vacuum vormt. Ook Jean Rey (1575-1645) stelde dat bij de calcinatie van tin en lood de toename in gewicht te wijten is aan de opname van lucht, vermits, volgens hem, elk van de vier elementen van Aristoteles gewicht bezitten. Zijn werk over de calcinatie van metalen en de gewichtstoename hiervan werd echter sterk bekritiseerd en compleet genegeerd in de zeventiende eeuw. Zo stelde Otto Tachenius in 1668 in zijn werk *Hippocrates Chemicus* dat, als lucht inderdaad een rol zou spelen, er een verschil in toename zou zijn wanneer de calcinatie in de winter dan wel in de zomer verricht wordt. Koude lucht is immers meer samenge-drukt dan warme lucht. Dus, als lucht alleen door het lood wordt geabsor-

beerd, zoals Rey stelde, dan moet er een verschil bestaan in gewicht, afhankelijk of de calcinatie werd verricht in de zomer dan wel in de winter. Dit was echter niet het geval en dus zat Rey, zo stelde Tachenius triomfantelijk, fout met het toewijzen van elke functie aan de omgevende lucht. Daarom weet hij de toename van de massa van het metaal na calcinatie aan het "zuur" in de vlam.

Robert Hooke (1635-1703) en John Mayow (1643-1679) stelden eveneens dat er zich een actieve component in de lucht bevond, die zich zou verbinden met het brandbare gedeelte van het voorwerp. Dit samengaan veroorzaakt dan de vlam. Mayow stelde trouwens een analogie vast tussen verbranding, ademhaling en fermentatie.

Robert Boyle (1627-1691) ondervond uit experimenten dat "in vacuo-Boyliano" een brandbare stof niet kan ontstoken worden. Toch miste hij de relatie met de gewichtstoename van metalen na calcinatie, vermits hij, zoals Descartes, stelde dat deze gewichtstoename veroorzaakt werd door de opname van de vuurdeeltjes. Hij maakte ook melding van het gesis van de instromende lucht wanneer een metaal geoxideerd werd in een afgesloten ruimte, maar schatte dit verkeerd in, want, zo stelde hij:

"Though it be not improbable that the brisk agitation communicated by the small parts of the glass to those of the body contained in it, may contribute much to the effect of the fire; and though by the small increment of weight we found in our exposed metal, it is very likely, that far the greater part of the flame was excluded by the close texture of the glass; yet, on the other side, it is plain that igneous particles were trajected through the glass... Whether these igneous corpuscles do stick, after the like manner to the parts of meat, dressed by the help of the fire,... may be a question I shall now leave undiscussed because I think it difficult to be determined..."

Boyle verwierp dus de ideeën van Mayow en Hooke in verband met de calcinatie en zette zijn corpusculaire theorie in de plaats. Ook Hermann Boerhaave (1668-1738) nam deze theorie over en doceerde haar in zijn zeer invloedrijke leerboeken, zoals de *Elementa Chemiae* (1724). Door de grote invloed van deze beide personen op het chemisch publiek van die tijd kregen Mayow en Hooke geen navolging. Het moet echter gezegd worden dat de meeste onderzoekers op het vasteland echter nog onvervalste iatrochemici waren, die blindelings hun voorbeeld Paracelsus volgden. De Engelsen dan weer waren meer ontvankelijk voor de foute theorie van Boyle. In dit kader en met deze kennis voorhanden ontwikkelden Becher en Stahl nu hun flogistontheorie.

Johann Joachim Becher werd in 1632 te Speyer geboren en werd professor aan de Universiteit van Mainz. Op het einde van zijn leven verbleef hij in Engeland, waar hij waarschijnlijk in 1682 stierf. Hij was een bedreven onderzoeker, maar doordat hij nog sterk de alchemistische denkbeelden aanhing, is zijn wetenschappelijke kwaliteit van minieme waarde. Zo ging veel van zijn onderzoek in de richting van het ontdekken van de Steen der Wijzen. Hij trok ook rond door geheel Europa. Hij stichtte in 1676 te Wenen onder de auspiciën van keizer Leopold I een technische school voor handel en nijverheid. Enkele jaren later vinden we hem terug in de Verenigde Provinciën, waar hij voorstelde om goud uit zilver te winnen met behulp van zeezand. Na een tijdje hield hij het daar echter voor bekeken en trok naar Engeland. Zijn eerste belangrijke werk is *Oedipus Chemicus* (1664), waarin hij in zeer omstandige bewoordingen alle eigenschappen van substanties verdeelde in twee categorieën: nl. diegene die essentieel en diegene die accidenteel

zijn. Voor het dieren- en plantenrijk zijn de essentiële eigenschappen “olieachtige geest”, het “gefixeerde zout” en het “vluchtige zout”, terwijl “*Flegma*” en “*Terra in capite mortuo*” accidenteel zijn. Voor de mineralen zijn de essentiële kenmerken zwavel en zout (gefixeerd of vluchtig), terwijl azijn en minerale aarde accidenteel zijn. In feite steunt hij hier nog sterk op de denkbeelden van Paracelsus. In een later werk echter, namelijk *Physica Subterranea* (1669), verlaat hij de tria prima van Paracelsus en stelt dat er in feite vier elementen zijn en dit zijn naast water, drie soorten aarde:

- **Terra fluida of vluchtige aarde.** Zij geeft vloeibaarheid, vluchtigheid en het metaalkarakter.
- **Terra pinguis of vette aarde,** die in staat voor de olieachtige en brandbare kenmerken van voorwerpen.
- **Terra lapidia of vitreuze aarde,** die in feite de basis is van elk voorwerp.

Een eenvoudig voorwerp, dat alleen bestaat uit het *terra lapidia*, is dus niet brandbaar en de *terra pinguis* is dus noodzakelijk voor de brandbaarheid. Gewichtstoename bij de verbranding van metalen verklaarde hij volgens Boyle door de opname van vuurdeeltjes.

Het was echter zijn leerling Georg Ernst Stahl, die zijn theorie verder uitwerkte tot wat later de flogistontheorie zou worden genoemd. Stahl werd in 1660 te Anspach geboren. Hij studeerde geneeskunde in Jena en werd in 1687 de lijfarts van de hertog van Saksen-Weimar. In 1694 werd hij professor in geneeskunde en scheikunde aan de Universiteit van Halle. In die hoedanigheid legde hij het juiste verband tussen verbranding en ademhaling. In 1716 verliet hij echter de universitaire wereld en werd lijfarts van de koning van Pruisen in Berlijn, waar hij in 1734 stierf. Stahl nam in tegenstelling met zijn leermeester nadrukkelijk afstand van elk alchemistisch principe, alhoewel hij er ook in zijn jonge jaren mee gedweept had. Ook de ideeën van Paracelsus en de iatroche-

mici verwierp hij volledig. Zijn belangrijkste werken – hij was een zeer vruchtbaar schrijver – zijn *Specimen Becherianum* (1703), waarin hij Bechers werk heruitgeeft en voorziet van zijn eigen commentaar (hij gebruikt hierin ook voor het eerst de term **flogiston**), het *Opusculum Chymico-Physico-Medicum* (1715), de *Experimenta, Observationes, Animadversiones, CCC Numero, Chymicae et Physicae* (1731), maar vooral zijn leerboek *Fundamenta Chymiae* (1723). In dit laatste werk geeft hij in feite een samenvatting van zijn theorie weer. Naast een indeling van de wereld in een aantal categorieën, gaat hij dieper in op de samenstelling van de materie. Hij stelt dat de vier elementen van Aristoteles en de tria prima van Paracelsus als zeer weinig concreet overkomen. In plaats daarvan schuift hij de aarden van Becher naar voren (die in feite al even weinig concreet zijn). Een voorwerp bevat volgens hem een efficiënte vorm, ten gevolge van de constante actie van God en materie. Elke materie wordt gekenmerkt door een constante beweging, aangevoerd door vuur. Vuur zelf was voor hem dus een verzameling van een groot aantal deeltjes, die in een constante en hevige beweging zijn. De vorm was dus de beweging, terwijl de materie een aggregaat is. Wanneer de deeltjes verspreid zijn over een grote ruimte, wordt vuur aanvoeld als warmte, terwijl bij “brandend vuur” de deeltjes zeer compacte aggregaten vormen. Vuur, lucht en water zijn de voornaamste instrumenten van de beweging, terwijl aarde het principe is van “rust en aggregatie”. Zoals hij ook in *Specimen Becherianum* stelt, is het vuur een belangrijk middel voor het samensmelten van materie. Dit vuur maakt dus integraal deel uit van het totale voorwerp, namelijk het “*materia et principium ignis*” en dit noemt hij flogiston. Deze term of beter dit principe, dat hij in zijn ge-

schriften steeds in het Grieks schrijft, bedacht hij waarschijnlijk niet zelf. Het werd voor het eerst gebruikt door een zekere Hapellius in 1606 (*Theatrum Chemicum*). Ook Boyle gebruikte deze term in een andere context en het is waarschijnlijk via deze weg – Stahl was goed vertrouwd met de geschriften van Boyle – dat hij tot deze benaming kwam. In zijn *Opusculum Chymico-Physico-Medicum* wordt hij concreter. Gedurende de calcinatie van een metaal wordt het metaal door de beweging van de vuurdeeltjes uit elkaar gedreven, waardoor het flogiston ontsnapt. De metaaltoestand kan hersteld worden door toevoeging van flogiston onder de vorm van houtskool, dat volgens hem rijk is aan flogiston. Flogiston komt in alle brandbare stoffen voor, alsook in lucht doordat het is vrijgekomen via chemische middelen. Aldus komt hij tot volgende conclusies over de aard en eigenschappen van flogiston:

1. Er bestaat een stof of beter een principe, flogiston genoemd, die, als ze niet in combinatie voorkomt, niet-elastisch en droog is. Zij is totaal onwaarneembaar voor de menselijke zintuigen.
2. Flogiston maakt de bewegingseigenschappen van vuur uit.
3. Het is de oorzaak van kleur.
4. Het is het principe van onbrandbaarheid. Een brandbaar voorwerp verliest flogiston bij verbranden en flogiston gaat over in de lucht.
5. Flogiston is eeuwig en kan niet ontsnappen uit de atmosfeer.
6. Onbrandbare stoffen, zoals de calx van metalen, hebben ofwel nooit flogiston bezeten of hebben het verloren.
7. Stoffen, zoals houtskool, bevatten veel flogiston. Deze stoffen zijn over het algemeen vet en olieachtig.
8. Sommige vormen van calx kunnen terug gevormd worden tot het corresponderende metaal door het op te warmen met dergelijke, rijk aan flogiston zijnde stoffen. Bijgevolg: metaal = calx + flogiston.
9. Het is een wezenlijk onderdeel van bepaalde stoffen. Zo is zwavel samen-

gesteld uit vitrioolzuur (zwavelzuur) en flogiston.

10. Voor de productie van vuur zijn zowel flogiston als vrije lucht nodig.
11. De beweging van vuur is cirkelvormig en niet voortdurend.

Vreemd genoeg maakt hij geen moeilijkheden omtrent de toename in gewicht van de gecalcineerde "resten" van metalen. De meest waarschijnlijke uitleg voor dit negeren van het probleem is dat Stahl flogiston niet als materie beschouwde en het dus voor hem eerder een principe was, dat uiteraard geen gewicht bezat. Hij beschouwde het als analoog aan licht. Flogiston is dus niet samengesteld uit deeltjes, maar is de beweging van deze vuurdeeltjes in ditzelfde vuur. Maar zelfs indien hij het geen massa toekende, is deze gewichtstoename niet verklaarbaar. Zoals gezegd, refereert Stahl niet aan dit probleem, dat hij zeker gekend moet hebben. Waarschijnlijk stelde hij dat de vuurdeeltjes zelf wel een massa bezaten en, naar analogie met Boyle, dat ze samen met het metaal, nadat dit door het flogiston was verlaten, het metaal een verhoogde massa gaven. Het zijn echter zijn volgelingen, die meer en meer te maken kregen met dit probleem en dus hieraan een mouw dienden te passen. Hierbij getuigden ze van een zeer grote originaliteit (of moeten we zeggen, krampachtigheid) door aan deze waarneming allerlei verklaringen te geven. Stahls theorie echter sloeg geweldig aan, zowel in zijn geboorteland als ver daarbuiten. Tot zijn schare van volgelingen behoorden o.a. Neumann, Henckel, Pott, Meyer, Richter, Bergman, Scheele, de Réaumur, Hellot, de Morveau, Baumé, Macquer, Cullen, Black, Cavendish, Priestley, Kirwan, Henry, Crawford en Drew. Zij bleven echter niet allemaal gedurende heel hun leven deze theorie aanhangen. Zo werden de mensen uit de Franse School

uiteindelijk allemaal bekeerd tot de ideeën van Lavoisier. Sommigen echter, zoals Boerhaave en Geoffroy (1672-1731), bekend om zijn tabel van affiniteiten (Table des Rappports) bleven hun eigen theorie trouw, terwijl Friedrich Hoffmann het alchemistische principe van zwavel als essentieel element van metalen niet afviel.

De ontwikkeling van de flogistontheorie gedurende de achttiende eeuw

De flogistontheorie gaf dus schijnbaar een antwoord op verschillende vragen, maar toch bleven enkele problemen op te lossen en dan in de eerste plaats de oorzaak van de gewichtstoename van metalen na calcinatie. Voor Stahl en zijn eerste discipels werd de verhoogde massa van gecalcineerde metalen niet als een groot probleem beschouwd. Zij bekeken flogiston meer als een principe, dan wel als materie. Daardoor werd deze waarneming ofwel geïnterpreteerd als een verkeerde meting, ofwel werd de oorzaak ervan als losstaande van het flogiston beschouwd. Maar meer en meer nam men geen genoegen meer met deze gang van zaken en begon men flogiston als iets materieels te bekijken. Hierdoor moest natuurlijk wel naar een verklaring gezocht worden met als gevolg dat bijna elke onderzoeker zijn eigen flogistontheorie begon te ontwikkelen. Toen hierbij de theorieën van Lavoisier kwamen, maakten sommigen van het "oxygène"-principe gebruik om, met behoud van het flogistonprincipe, een mengtheorie op te stellen. Het is echter onmogelijk in dit kort bestek om de verschillende theorieën te vermelden en dus zal slechts een ruwe schets gegeven worden van de belangrijkste strekkingen.

Juncker was waarschijnlijk de eerste, die aan flogiston een negatief gewicht toekende en flogiston dus definitief als iets materieel beschouwde. Scheele, echter, verwierp deze zienswijze en zo deden ook Priestley en de meeste flogistonaanhangers:

“That phlogiston should communicate absolute levity to the bodies with which it is combined, is a supposition that I am not willing to have recourse to, though it would afford an easy solution of the difficulty.”

Na zijn ontdekking van gedeflogistoneerde lucht (zuurstofgas) werd het probleem er niet eenvoudiger op en liet Priestley het probleem open voor discussie. Hij beschouwde dit dus niet als een ontkrachten van de flogistontheorie, maar nam vrede met het idee dat een andere, nog te ontdekken oorzaak aan de basis lag van dit probleem:

“...the chief of them is that we are not able to ascertain the weight of phlogiston or indeed that of the oxygenous principle. But neither do any of us pretend to have weighed light, or the kind of heat, though we do not doubt but that they are properly substances capable by their addition or abstraction, of making great changes in the properties of bodies, and of being transmitted from one substance to another.”

Macquer stelde voor om aan flogiston toch een massa toe te kennen. Hij nam aan dat bij de calcinatie van metalen tegelijkertijd flogiston ontsnapte en een gas door het metaal werd opgenomen. Dit werd later het zuurstofgas in een poging om de flogistontheorie met de stellingen van Lavoisier te verzoenen.

Met de komst van de flogistontheorie werd een oplossing gegeven aan het probleem van de verbranding. Wanneer een verbinding brandt, ontsnapt er flogiston en het was dit flogiston dat verantwoordelijk was voor het ontstaan van het ermee gepaard gaande licht en warmte. De omliggende lucht werd door de meeste flogistonaanhangers als noodzakelijk beschouwd, hetzij als hulp bij de verbranding, dan wel als het

medium dat diende voor de absorptie van het flogiston. Maar toen in de loop van de tweede helft van de achttiende eeuw meer en meer andere gassen ontdekt werden, moesten deze ingepast worden in het flogistonschema. Scheele en Priestley ontdekten zelf dergelijke nieuwe gassen en trachten dit te verklaren via verschillende theorieën. Scheele doet dit in zijn werk *Observations and Experiments on Air and Fire* (1777). Hij benadrukt het feit dat lucht noodzakelijk is ter ondersteuning van de verbranding. Lucht bestaat uit twee componenten, waarvan een actief is, de “*Empyreal Air*” en een andere inactief, die hij “*Foul*” noemt. De gassen, die net ontdekt waren, beschouwt hij als verschillend van de gewone lucht, met verschillende gehalten aan flogiston. Waterstofgas werd beschouwd als bijna zuivere flogiston, zoals Stahl dit had aangenomen voor houtskool. Dit was ook vrij aannemelijk. Immers, het was een sterk brandbare stof, die geen as naliet. Ze combineerde zich met bepaalde metaaloxiden tot het oorspronkelijke metaal en tenslotte kwam bij de verhitting van houtskool blijkbaar dit gas vrij. Vooral dit laatste argument, dat Lavoisier nooit kon verklaren, was een sterk argument in de handen van de laatste flogistonisten. Het was pas in 1800, dus na de dood van Lavoisier, dat W. Cruickshank kon aantonen dat dit vrijgekomen gas in feite een apart gas was, namelijk koolstofmonoxide.

In zijn werk *Experiments on Air* (1784) toonde Cavendish aan dat zich bij de ontploffing van waterstofgas water vormde. Hieruit besloot hij dat ontvlambare lucht, zoals het waterstofgas werd genoemd, bestond uit water en flogiston. Het waren trouwens deze bevindingen, die mee de ondergang betekenden voor de flogistontheorie.

Toen Priestley zuurstof ontdekte (of gedeflogistoneerde lucht, zoals hij het nieuwe gas noemde), was hij zich niet direct bewust van de aanwezigheid van dit gas in lucht. Het was Cavendish die zich reali-

seerde dat gewone lucht een mengsel was van gedeflogistoneerde en geflogistoneerde lucht. Dit laatste gas onderhield dus de verbranding niet, want, zo stelde Cavendish, het was totaal verzadigd aan flogiston. Cavendish geloofde dat geflogistoneerde lucht een samenstelling was van salpeterzuur en flogiston, naar analogie met zwavel als combinatie van zwavelzuur en flogiston.

Een ander probleem ontstond toen Van Helmonts sylvestergas werd herontdekt in experimenten van vooral J. Black (1728-1799). Deze Schotse chemicus had bijna altijd sceptisch gestaan tegenover de theorie van Stahl en werd op late leeftijd een bekeerling van Lavoisier. Zijn experimenten met Magnesia Alba (magnesiumcarbonaat) in alkali brachten hem tot de bevinding dat deze verbinding gewicht verloor en wel zoveel als er gefixeerde lucht (koolstofdioxide) ontsnapt was. Deze bevindingen waren een regelrechte aanval op de flogistontheorie en meer bepaald op de theorie van Meyer, die in zijn *Chemische Versuche* (1764) had gesteld dat er een soort principe bestond dat hij noemde "*acidum pinguedinum*" of "*acidum causticum*", dat vrijkwam bij de verhitting van krijt. Onder het pseudoniem "Alethophilus" had hij gepostuleerd dat dit *acidum pingue* geen normaal zuur was, maar een "elastische materie", bijna even subtiel als flogiston zelf. Hij dacht eveneens dat bij de vorming van calx de metalen dit *acidum pingue* hadden opgenomen.

Lavoisier en de ondergang van de flogistontheorie

Door zijn stelling dat metaalkalk wordt gevormd door de opname van het principe zuurstof door het metaal gaf Lavoisier een geheel andere zienswijze op de toename in massa na calcina-

tie. Deze zienswijze overtuigde uiteindelijk alle chemici van zijn tijd met uitzondering van Priestley. In de theorie van Lavoisier zaten enkele zwakke punten en zaken die hij niet kon verklaren. Hierop konden bepaalde flogistonaanhangers inpikken om Lavoisier aan te vallen op heel zijn theorie. Het gevolg was dat de flogistontheorie niet direct verlaten werd en in feite verdween ze pas volledig toen de belangrijkste fouten uit Lavoisiers werk werden opgelost. De belangrijkste redenen voor dit relatief traag verdwijnen van de flogistontheorie zijn:

- Het feit dat ook de flogistonisten ondertussen een mouw hadden gepast aan het probleem van de calcinatie. Zij stelden immers dat calcinatie niets anders was dan de afgifte van flogiston en het opnemen van een gas, eventueel zuurstofgas. Lavoisier introduceerde het begrip *calorique* dat werd ingevoerd om de vrijgestelde warmte te verklaren. De inhoud, die Lavoisier aan het begrip *calorique* toekende, komt echter sterk overeen met het flogiston van Macquer.
- Het feit dat Lavoisier, zoals boven reeds gezegd, de vrijstelling van koolstofmonoxide uit houtskool niet kon verklaren.
- Het feit dat Lavoisier verkeerdelijk veronderstelde dat zuren per definitie zuurstof moesten bevatten. Hierdoor kwam hij in problemen met zoutzuur. De verklaring, die hij hieraan gaf, gaf de flogistonisten argumenten om geheel zijn theorie te verwerpen of alleszins toch de kern ervan, namelijk het oxygène-principe.

Besluit

Toen Lavoisier in 1794 een gewelddadige dood stierf ten gevolge van de Jacobijnse dictatuur, was de flogistontheorie geenszins totaal verlaten. Invloedrijke chemici namen weliswaar grotendeels zijn theorie over, maar er bleven hiaten, waarop ande-

re chemici, zoals Priestley en Cavendish, genadeloos konden wijzen. Hierdoor stierf de flogistontheorie geen plotselinge dood, maar bleef nog enkele jaren onder een aangepaste vorm aanwezig. Het begrip *calorique* bood hier trouwens een goede gelegenheid voor. Wel kan men stellen dat Lavoisier (en niet Boyle, zoals dikwijls gezegd wordt) afrekende met de Aristoteliaanse elementen. Deze waren echter op dat moment reeds door de meeste voornoemde aanhangers van de flogistontheorie verlaten. De belangrijkste vraag die men zich moet stellen is hoe het komt dat Stahl met zijn flogistontheorie, ondanks haar duidelijke tekortkomingen, dergelijke aanhang heeft kunnen verkrijgen en bijna kritiekloos door elke chemicus werd gevolgd. De voornaamste reden moet gezocht worden in de tijdsomstandigheid.

Met de opkomst van het Cartesiaanse denken nam men minder genoegen met de verklaringen, die de alchemisten boden. De Aristoteliaanse elementen kenden wel een wisselend succes tot vooraan in de achttiende eeuw, maar gaf aan wetenschappelijke geesten geen voldoening, mede door het esoterisch karakter dat er vanuit ging. Dit was totaal anders met de flogistontheorie. Deze theorie gaf (schijnbaar) een algemeen antwoord op verschillende vragen en bleek een unificerende theorie te zijn. Dit was iets geheel nieuw en moet dan ook op rekening van Stahl geschreven worden. In de

loop van de achttiende eeuw, toen men flogiston als iets materieel ging beschouwen en toen steeds meer gassen werden ontdekt, een gegeven dat nog moeilijk in te passen was in het flogistonschema, begon de flogistontheorie op haar grondvesten te daveren. Toen ook het kwantitatieve aspect haar intrede deed, zat men met deze theorie met een levensgroot probleem. Toch mag men de flogistontheorie niet verguizen, al was het maar omwille van haar historisch karakter. Zij trok de meeste onderzoekers weg uit de alchemistische principes. Bovendien gaf zij op bepaalde problemen een antwoord zonder het verdere onderzoek te hinderen. Wel is het zo dat sommigen zelfs met de argumenten van Lavoisier argumenten bleven vinden om niet te moeten overschakelen naar een andere en juistere theorie. Dergelijke houding verhinderde bekwame onderzoekers, zoals Priestley, over te schakelen naar een betere verklaring voor hun wetenschappelijke problemen. Dergelijke uitwassen van conservatisme maakten en maken nog steeds dat wetenschappelijk onderzoek wordt bemoeilijkt. Het is dus historisch fout om te stellen dat Stahl de oorzaak is van een eeuw stilstand in de ontwikkeling van de scheikunde. Misschien is wel het tegendeel waar: door het genie van Stahl werd het mogelijk voor een ander, misschien groter genie als Lavoisier om te duiden op de fouten van zijn voorganger. Lavoisier had dus de tijd mee en het is dus door de verschillende ontdekkingen van zijn voorgangers dat hij zijn theorie kon ontwikkelen.

Referenties:

- J.R. Partington. A short history of chemistry. Dover Publications, Inc., New York, 1989.
 - W.H. Brock. The Fontana History of Chemistry. Fontana Press, London, 1992.
 - E.J. Holmyard. Alchemy. Dover Publications, Inc., New York, 1990.
 - J.H. White. The History of the Phlogiston Theory. Uitgegeven bij Edward Arnold & Co. als doctoraatsthesis, 1932.
-

Pieter Joos
Departement Scheikunde, UA