

De Flogistontheorie: een foute theorie of de weg naar de waarheid?

Eind zeventiende eeuw werd de flogistontheorie ontwikkeld. De flogistontheorie wordt vandaag de dag resoluut afgeschoten en verworpen. Lang heeft de theorie het menselijk denken en handelen beïnvloedt. De flogistontheorie is echter een theorie die aandacht verdient en misschien zelfs wel zeer interessant is.

Lang heeft de theorie invloed gehad op het denken binnen de chemie over het fenomeen van verbranding en oxidatie. Om te achterhalen of de flogistontheorie een stap in de richting is van onze huidige inzichten in verbrandingsprocessen, zullen een aantal zaken behandeld worden ter verduidelijking van deze flogistontheorie. Allereerst zal er ingegaan worden op de ontwikkeling van de flogistontheorie om deze daarna in te passen in de toentertijd bestaande theorieën omtrent verbranding. Hierna zal de tijd belicht worden waarin de flogistontheorie opkwam. Aansluitend hierop zal Lavoisier aan bod komen. Hij wordt beschouwd als de man die de flogistontheorie aanviel en deed wankelen. Als laatste zal geprobeerd worden het effect van de flogistontheorie op het gedane onderzoek te achterhalen om vervolgens af te sluiten met een conclusie.

Flogiston

Lang heeft men geprobeerd het fenomeen van verbranding te beschrijven. Visies en theorieën veranderden in de loop der tijd door voortschrijdende inzichten.

De oude Grieken beschreven een stof als een substantie die was samengesteld uit de elementen vuur, water, lucht en aarde. Tijdens de verbranding kwam vuur vrij en lucht en water zouden ontsnappen. De aarde bleef na de verbranding achter. Deze vier elementen waren als eerste geopperd door Empedocles (490-430 voor Christus)¹. Deze alchemistische leer heeft standgehouden tot in de tweede helft van de achttiende eeuw.

In de zeventiende eeuw opperde Boyle (1627-1691) dat de massatoename door verbranding kwam doordat deeltjes van vuur zich tussen de deeltjes van het ijzer, of in zijn geval: tin, hadden gemengd.²

Johann Joachim Becher (1635 – 1682/85)³ bracht in 1669 voor de verbranding een theorie volgens een alchemistisch principe naar voren. Becher stelde dat stoffen bestonden uit aarde, water en lucht. De aarde had Becher nog verder opgedeeld in smeltbare aarde, brandbare aarde ook wel bekend als *terra pinguis*, en mercuriale aarde die het karakter van het metaal bevatte. Volgens Becher ontweek bij verbranding van een substantie de brandbare aarde.⁴⁵

Bechers idee werd echter overrompeld door Stahls flogistontheorie.

In 1697 stelde Georg Ernst Stahl (1660- 1734)⁶ zijn theorie omtrent verbranding op: de flogistontheorie. In Stahls ogen ontstond bij verbranding van een metaal het flogiston en een metaalkalk. Stahls flogistontheorie stelde hem ook in staat ademhaling, gisting en verrotting te beschrijven. Stahls flogistontheorie had als probleem dat de massa van een substantie tijdens de verbranding toeneemt. Volgens Stahl ontweek flogiston uit de stof, maar hoe kon het dan dat sommige metalen toch zwaarder werden tijdens verbranding? Als “oplossing” van dit probleem werd deze massatoename aanvankelijk geheel buiten beschouwing gelaten.⁷ In 1763 probeerde de secretaris van de Parijse academie der wetenschap de theorie te verdedigen door simpelweg te stellen dat het om een van de paradoxen uit de scheikunde ging. Lavoisier toonde in 1772 bij fosfor en later in 1775 bij kwik aan dat beide stoffen in gewicht toenamen.

Men wist al langer wist dat de metaalkalken meer wogen dan de metalen zelf.⁸ De theorie kreeg al helemaal een knauw toen Guyton de Morveau in 1772 aantoonde dat alle metalen een gewichtstoename kende. Dit kwam de theorie ook niet ten goede. Morveau kon dit probleem oplossen door te stellen dat flogiston een negatief gewicht had.

De flogistontheorie was weer voor een tijd gered⁹, maar de aanname dat flogiston een negatieve massa had bleek slechts uitstel van executie.

Priestley ontdekte in 1774 zuurstof. Priestley bleef echter aanhanger van de theorie van flogiston en noemde zijn bevinding: gedeflogistoneerde lucht. Lavoisier ging met Priestleys resultaten verder en ging proeven doen. Het duurde twee jaar voordat Lavoisier ging begrijpen dat de atmosferische lucht een bestandsdeel bevatte wat zich verbond met het te verbranden materiaal. Dit bestandsdeel was de substantie die Priestley al eerder had ontdekt en waar Lavoisier mee doorging. In 1777 deed Lavoisier proeven om zijn aanname van een zich met de stof verbindende substantie te bevestigen. Lavoisiers zeer precieze weegschaal stelde hem in staat de wet van behoud van massa op te stellen. Volgens Lavoisier ging massa nooit verloren. Lavoisier bevestigde dit met proeven en toonde daarmee aan dat zuurstof altijd betrokken was bij verbranding of oxidatie.¹⁰

Pas vanaf 1785 werd de oxidatieleer van Lavoisier meer en meer geaccepteerd. Pas vanaf 1785 begon flogiston terrein te verliezen.¹¹ Vooral toen er steeds meer gassen ontdekt werden en het kwantitatief onderzoek, waaronder het meten van massa, haar intrede deed, begon de flogistontheorie helemaal ruimte te verliezen. Aan Lavoisiers oxidatietheorie zaten nog wat haken en ogen. De theorie was niet sluitend en bood de flogistonisten de kans Lavoisiers theorie aan te vallen. De theorie verdween dus niet meteen na Lavoisiers publicatie. Er waren meer aanwijzingen en sluitende bewijzen nodig. Toch, langzaam begon de flogistontheorie uit te sterven. De theorie bleef nog wel bestaan, zij het in aangepaste vorm, maar de aanhang werd minder.¹²

De periode waarin Flogiston opkwam

De periode 1650 tot 1750 was de overgangperiode van alchemie naar moderne chemie. Nog steeds probeerden (al)chemisten de edele metalen goud en zilver te verkrijgen uit de onedele metalen. De (al)chemisten bereikten niet hun doel: het bereiden van edele metalen en het vinden van de Steen der Wijzen. Een positief effect van al deze metallurgische proeven was echter wel dat er veel metallurgische kennis werd opgedaan. In de ogen van Francis Bacon (1561 –1626) zat de wetenschappelijke wereld vast. Men trad niet buiten het alchemistisch denken.¹³ Daarom voerde Francis Bacon een pleidooi voor waarnemingen en experimenten als grondslag voor een nieuwe natuurwetenschap.¹⁴ Pas tegen het einde van de achttiende eeuw zouden zijn woorden gevolgen krijgen.

De achttiende eeuw was een eeuw waarin over kenmerken en eigenschappen van stoffen al wel veel bekend was, maar nog nooit was iemand opgestaan om ook wat te doen met al die kennis. Lavoisier richtte zich niet alleen op wat er vrij kwam of nieuw ontstond¹⁵, maar keek ook naar hoeveel er van ontstond. Lavoisier ging dus meten en wegen en hij veranderde de wetenschap daarmee van kwalitatief naar kwantitatief gericht. Het was onder andere deze aanpak die leidde tot kritiek op de flogistontheorie.

Naast Lavoisier bracht ook Robert Boyle in de zeventiende eeuw een verandering teweeg in de (al)chemie. Boyle verliet het idee van de vier elementen en beweerde dat deze elementen zijn samengesteld uit nog fijnere elementen.

Boyle was een Engelse amateurwetenschapper zoals men die in Engeland vaker kende. Deze amateurwetenschappers waren met elkaar verbonden via gezelschappen waar zij spraken over

natuurwetenschappelijke onderwerpen. Enkele van deze genootschappen zouden later uitgroeien tot toonaangevende genootschappen. Denk hierbij onder andere aan de Royal Society in Londen. Kennis verspreidde zich snel onder de leden daar zij veel contact onderhielden. Deze amateurwetenschappers kende men echter op het vaste land van Europa niet. Het Europese vaste land had voornamelijk wetenschappers die farmaceutisch en medisch geschoold waren.¹⁶

Het belang van de flogistontheorie

De flogistontheorie was zeer nieuw. De theorie was niet zozeer nieuw vanwege haar inhoud, maar eerder vanwege de manier waarop de theorie voor tal van problemen oplossingen bood. De theorie was breed genoeg om vergisting, verrotting en verbranding te verklaren. De theorie werd daarmee een theorie die een breed scala aan problemen kon verklaren¹⁷ en de wetenschappelijke wereld omhelsde deze daarom. De vele onderlinge relaties tussen wetenschappers in deze tijd hebben daar veel aan bijgedragen.

Maar er is nog een verklaring. Daarvoor sluiten we aan bij het begrip paradigma: een gemeenschappelijk en maatgevend referentiekader waarin een wetenschappelijke werkelijkheid wordt geïnterpreteerd op een bepaalde wijze. De hierbij ook veronderstelde socialisatie van wetenschappers kon bij de flogistontheorie ook een belangrijke rol gaan spelen gezien de toenemende internationale contacten.

Terwijl wetenschappers filosoferen over theorieën en de fundamenteën van die theorieën, is het mogelijk dat één theorie teruggetrokken wordt uit de gevoerde gevechten. Indien die theorie vervolgens antwoord blijkt te geven op verscheidene kleinere vraagstukken dan alleen het fundamentele vraagstuk, dan begint de theorie aanhang te verwerven. Waarbij opgemerkt moet worden dat die vraagstukken vaak gesitueerd zijn in een wetenschappelijke hoek die al veel informatie bevat. Zie hiervoor Koningsveld wanneer hij in hoofdstuk 6 in “Het verschijnsel wetenschap” schrijft over Kuhns paradigmatische theorie.¹⁸

De flogistontheorie was niet alleen één van de vele bestaande theorieën omtrent verbranding. De flogistontheorie ging verder dan alleen het fundamentele principe van verbranding beschrijven. Zij bood als enige een alom geaccepteerde verklaring voor vergisting en verrotting. Het was toepasbaar op een breed scala van reacties en situaties. De theorie bood daarmee een nieuw referentiekader, met niet alleen een beschrijving maar ook een verklaring van verschijnselen. Het massaverlies was een groot probleem in de flogistontheorie, maar het opmerken van dit massaverlies en het denken over een oplossing waren al een breuk met het alchemistische verleden. De flogistontheorie was nog steeds speculatief, maar had toch al elementen van het moderne wetenschappelijke denken.

Lavoisier en flogiston

Waarom staat Lavoisier bekend als degene die de flogistontheorie verwierp? In eerste instantie omdat hij het ook daadwerkelijk verwierp in een verhandeling over zuurstof, gestuurd naar de Academie des Sciences in Parijs. Lavoisier had als eerste de stap gezet om de flogistontheorie ook daadwerkelijk te gaan verwerpen. Lavoisier trad buiten het paradigmatische denkpatroon dat velen nog hadden. Lavoisiers interesse voor de verschillende soorten ‘lucht’ zoals zij toentertijd bekend waren, kwam voort uit enkele experimenten die hij zelf gedaan had. Lavoisier ontdekte dat het verbranden van fosfor en zwavel leidde tot een gewichtstoename van die twee stoffen. Daarnaast, een metaal verhitten samen met kolen leidde tot het ontstaan van een “lucht”. Voor Lavoisier was het ontdekken van deze lucht een heel belangrijke ontdekking. Voor hem zelfs zo belangrijk dat hij dit de belangrijkste ontdekking na Stahls flogistontheorie vond.

Gedreven ging Lavoisier vele artikelen lezen die te maken hadden met de verschillende soorten lucht die toen bekend waren. Lavoisier ontdekte het, in zijn ogen, revolutionaire werk van Priestley. Priestley had verscheidene soorten lucht gevonden en schreef daarover in een driedelig werk.¹⁹

Lavoisier was in staat theorieën in twijfel te trekken. Lavoisier was een kritisch man. Hij was ook in staat zijn theorieën te funderen. Geholpen door zijn handigheid in het doen van experimenten, kon Lavoisier uiteindelijk ook theorieën gaan controleren. Lavoisier kreeg de methodes om massa's te wegen onder de knie. Lavoisier kon obstakels overwinnen die het experimenteren zo lastig maakte. Zo kon Lavoisier metingen verrichten aan reacties om daarbij zijn aanname te versterken: de aanname dat massa niet gecreëerd wordt of verloren gaat. Juist deze aanname en zijn handigheid, gaven hem een mogelijkheid om verder te kijken dan zijn medewetenschappers.²⁰

Flogiston en onderzoek

De flogistontheorie zorgde ervoor dat men het verschijnsel van verbranding, waartoe ook oxidatie gerekend moet worden, kon verklaren. Er is echter niets bekend van onderzoek of nieuwe theorieën die voortgebracht zijn uit onderzoek gebaseerd op de flogistontheorie. De theorie op zich was niet juist. Het was een doodlopend paradigma dat de wetenschappers toentertijd bewandeld hebben. Dat wil echter niet zeggen dat de theorie op zich waardeloos is. De theorie probeerde het verschijnsel van verbranding te verklaren, los van de alchemistische elementen vuur, water, lucht en aarde. Misschien dat Stahl toch ook wat alchemistische bedoelingen had met zijn theorie en dat wij zijn metaalkalk ook moeten zien als een soort brandbare aarde. Nergens is echter een dergelijke toespeling te vinden en zodoende kunnen wij hier slechts naar gissen. Waarschijnlijk is het Stahls bedoeling geweest een degelijke theorie te formuleren die in één klap vele problemen oploste.

De flogistontheorie op zich was fout. De functie die de theorie echter wel gehad heeft, moet dieper gezocht worden. De theorie vormde de basis voor een nieuw paradigma in de natuurwetenschappen, dat de alchemistische opvattingen ging opvolgen. Zij bood als enige niet alleen een alom geaccepteerde beschrijving maar ook een verklaring voor een breed scala aan verschijnselen, reacties en situaties. Binnen dit paradigma ontstonden twijfels, met name rond het probleem van het massaverlies. Door deze problemen ontstonden twijfels over de geldigheid van de flogistontheorie. Maar het was ook juist de flogistontheorie die het mogelijk maakte, dat deze problemen geformuleerd konden worden. Vrijdenkende onderzoekers, beginnende bij Lavoisier, kregen de drang de geformuleerde problemen te gaan onderzoeken. Het opheldering van deze onderzoeksvragen leidde tot nieuwe inzichten. Dit leidde tot aanvallen op de flogistontheorie en de drang om de theorie te weerleggen. Met de bijbehorende strijd, zal het onderzoek de natuurwetenschappelijke kennis een nieuwe wending hebben gegeven en hebben geleid tot een nieuw en modern paradigma.

Conclusie

De flogistontheorie was niet de stap naar de waarheid, maar ongetwijfeld heeft het toch zijn waarde gehad. Doodlopende sporen zijn niet altijd per definitie waardeloos. De theorie werd aangevallen en getoetst. Zo is men verder gekomen en zo heeft men nieuwe en betere kennis verworven. Misschien zitten wij nu tegenwoordig ook wel verkeerd. Misschien lachen zij ons over honderd jaar ook uit omdat wij een foute aanname gedaan hebben. Er moet dan ook niet vergeten worden dat wetenschap niet alleen het nemen van stappen in de juiste richting is, maar dat ook het stappen in de verkeerde richting tot nieuwe inzichten kan leiden. De flogistontheorie op zich was fout, maar haar poging de verschijnselen zoals oxidatie en

verbranding te beschrijven waren goed. De theorie bood een overkoepelende verklaring en was de wegbereider van nieuwe theorie.

-
- 1 Encyclopaedia Britannica (<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/186015/Empedocles>)
 - 2 (RSC) op <http://www.rsc.org/education/teachers/learnnet/pdf/LearnNet/rsc/social-histss.pdf>
 - ³ Encyclopaedia Britannica (<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/57883/Johann-Joachim-Becher>)
 - 4 H.A.M. Snelders, IV. Van flogistontheorie naar Lavoisiers zuurstofleer, in: De geschiedenis van de scheikunde in Nederland Van alchemie tot chemie en chemische industrie rond 1900; Delftse Universitaire Pers: Delft, 1993
 - 5 Encyclopaedia Britannica (<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/456974/phlogiston/456974main/Article#ref=ref121433>)
 - 6 Encyclopaedia Britannica (<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/562520/Georg-Ernst-Stahl>)
 - 7 Zie punt 2
 - 8 Colin Howson, Method and appraisal in the physical sciences; University Printing House, Cambridge, 1976
 - 9 Frederic Lawrence Holmes (Science Eyclopedia) op <http://science.jrank.org/pages/49377/phlogiston.html>
 - 10 Encyclopaedia Britannica (<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/456974/flogiston/456974main/Article#ref=ref121433>)
 - 11 Zie punt 2
 - 12 Pieter Joos (Universiteit Antwerpen, Departement Scheikunde, Antwerpen, België) op <http://historiek.kvcv.be/Artikelen/ECHO/Echo09art15.pdf>, pagina gedateerd ca 2006
 - 13 David Simpson (DePaul University, Chicago, USA) op <http://www.iep.utm.edu/bacon/>, site gedateerd ca 2005
 - 14 H.A.M. Snelders, Scheikunde rond 1700: theorie en praktijk in de periode 1650-1750 op <http://igitur-archive.library.uu.nl/sg/2007-0625-201040/scheikunde.pdf>, pagina gedateerd ca 1991
 - 15 Philip Gardner Larson (University of Virginia, Charlottesville, USA) op <http://cti.itc.virginia.edu/~meg3c/classes/tcc313/200Rprojs/lavoisier2/home.html>
 - 16 Zie punt 2
 - 17 Zie punt 10
 - 18 Herman Koningsveld, Het verschijnsel wetenschap (p 157-158); Boom Meppel: Amsterdam, 1980
 - 19 Zie punt 2
 - 20 Frederic Lawrence Holmes (Science Eyclopedia) <http://science.jrank.org/pages/49212/Antoine-Laurent-Lavoisier.html>