

---

## DE STEM VAN BERZELIUS

---

Elkeen kan probleemloos namen oproepen van Amerikaanse, Britse, Duitse of Franse geleerden. Gaat het echter om een Zweedse *vetenskapsman*, dan komt wellicht na enige hersenpijniging dit lijstje uit de bus: Svante August ARRHENIUS (1859-1927), Torbern BERGMAN (1735-1784), Jacob BERZELIUS (1779-1848), Anders CELSIUS (1701-1744), Carolus LINNAEUS (1707-1778), Carl SCHEELE (1742-1786), Theodore SVEDBERG (1884-1971), Arne TISELIUS (1902-1971).

### Wie was Berzelius?

Jöns Jacob Berzelius is op 20 augustus 1779 geboren te Linköping. Zijn vader, een protestantse pastor, overlijdt wanneer Jacob vier jaar is. Nadat zijn moeder opnieuw een dominee huwt en Jacob opgroeit in een milieu van lutherse geestelijken, wordt voor hem een toekomst in deze lijn uitgestippeld. Zijn autobiografie laat uitschijnen dat hij een weinig prettige jeugd kent. In 1796 gaat hij geneeskunde studeren aan de universiteit van Uppsala waar op het einde van de 18de eeuw het chemie-onderwijs spaak loopt. De vooruitstrevende (lees: antiflogistonisten) Torbern Bergman en Carl Scheele zijn overleden en worden opgevolgd door enkele traditionalisten. Alleen de assistent Anders Gustaf Eke-

berg is in Parijs in de smeltkroes van Lavoisier gelouterd. Maar Berzelius kan zich de honoraria voor de privé-lessen niet veroorloven en legt zich toe op de Zweedse vertaling van Fourcroy's "Philosophie Chimique". Aangezien Fourcroy veel belangstelling vertoont voor wat tot de organische chemie gaat uitgroeien, is Berzelius vooral geboeid door de "dierlijke en plantaardige scheikunde": wat vandaag geëvolueerd is tot de biochemie en fysiologie, maar toen nog beperkt blijft tot de chemische *analyse* van alle mogelijke planten- en lichaamssappen. Fourcroy houdt immers voor dat de *synthese* van dergelijke stoffen in vitro niet mogelijk is!



Jacob Berzelius (1779-1848)

Berzelius promoveert in 1802 tot arts. Hij wordt een onbetaalde assistent aan (het huidige) Karolinska Institut (<sup>1</sup>) in Stockholm en om den brode oefent hij zijn dokterspraktijk uit in de armenwijken. Zijn assistentschap laat hem evenwel toe te beschikken over een laboratorium waar hij, gesteund door de mijneigenaar Walter Hising, belangrijke proeven over de elektrolyse uitvoert. Hij ontdekt er cerium.

In 1806 wordt hij professor aan de faculteit geneeskunde en farmacie, waar hij zich beter kan verdiepen in de dierlijke en plantaardige scheikunde.

Rond deze periode beleeft Zweden de opkomst van de Romantiek. Onder invloed van de Duitse filosoof Joseph von Schelling drukt deze strekking ook haar stempel op de wetenschap. Hij predikt dat de intuïtie en de verbeelding volstaan om de geheimen van de natuur te doorgronden. De metafysische basis van het bestaan en het leven moet het hoofddoel van het wetenschappelijk onderzoek worden, waarin waarnemingen, metingen en gezond verstand ondergeschikt zijn aan filosofische bespiegelingen.

Berzelius steigert! Voor hem is de organische wereld onderworpen aan dezelfde natuurwetten als de anorganische. Het mysterie van de "levenskracht" is niets anders dan een aaneenschakeling van chemische en fysische processen bij planten en dieren. Onze geestelijke vermogens van denken en oordelen zijn het gevolg van chemische processen in de hersenen, aan dezelfde wetten onderworpen als de overige lichaamsfuncties. Berzelius verdedigt zijn visie in lezingen en publica-

ties. Bij zijn collega's ondervindt hij meer tegenstand dan steun voor zijn materialisme. De gemoederen laaien op. Geven we evenwel toe dat van beide kanten met de nodige hoffelijkheid gebekvecht wordt en dat zowel Berzelius als de Romantici (heel wat) later het nodige water in hun wijn gedaan hebben!

In tegenstelling met de meer praktisch gerichte Humphry Davy verdiept Berzelius zich in heel wat theorieën. Hij zoekt naar de verklaring voor de chemische affiniteit, bepaalt een aantal atoommassa's en de juiste formule van ongeveer 2000 verbindingen, is de grondlegger van onze huidige symbolen, draagt bij tot de classificatie van mineralen en voert heel wat biochemische analyses uit. Hij zondert eveneens de elementen cerium, seleen, silicium en thorium af. We danken hem ook de begrippen katalyse, isomerie, allotropie, polymeer en proteïne. In de volgende paragrafen worden slechts enkele thema's behandeld die tot zijn belangstellingssferen behoren en waarin de invloed blijkt van de nieuwe kennis van de elektriciteit op zijn visie over de chemische binding.

Tussen 1806 en 1840 geeft hij zijn "Lärbok i Kimien" uit, dat naderhand in het Duits en het Frans vertaald wordt, een reeks boeken waarin hij zijn persoonlijk en het werk van zijn tijdgenoten uitgebreid citeert. Vandaag erger je je aan de honderden pagina's doorlopende tekst waarin hier en daar een formule voorkomt doch waarin reactievergelijkingen, grafieken of illustraties ontbreken. In zijn geheel is het een kritisch werk en je staat verstomd hoe ver de kwalitatieve analyse reeds gevorderd was. Af en toe stoot je op enkele pietluttige details: "Wanneer je koper met bezwete handen aanraakt ruiken je handen slecht" of "Wie met een naald een druppeltje waterstof-fluoride op zijn vingers brengt gaat wegens de pijn zeker een slapeloze nacht tegemoet", ....

<sup>1</sup> Dit medisch instituut wilde de tradities van de Franse *grandes écoles* volgen: het verstreken van een degelijke technische en praktische vorming, in tegenstelling tot de veelzijdige en met ballast overladen scholing aan de toenmalige universiteiten.

In 1808 wordt Berzelius opgenomen in de Zweedse Academie voor Wetenschappen waarvan hij in 1810 voorzitter wordt en vanaf 1818 tot aan zijn dood de voorname functie van bestendige secretaris uitoefent. Hij publiceert vanaf 1822 tot 1840 "*Jahresberichte*" die eerst door C.C. Gmelin en later door F. Wöhler in het Duits vertaald worden en zo voor een vlugge verspreiding van Berzelius' theorieën zorgen.

De kroonprins van Zweden volgt zijn werk van nabij wat aan Berzelius de nodige binnenlandse faam bezorgt. Hij onderhoudt ook veel contacten met het buitenland: zijn artikels en werken worden vertaald en tijdens zijn talrijke reizen ontmoet hij in Frankrijk, Engeland en Duitsland de groten van de scheikunde. Hij is de eregast van de Royal Society en de Académie des Sciences. Hij werkt samen met Gay-Lussac in de Cercle d'Arcueil. Rond 1835 vullen zijn publicaties tot 60% van de "*Annales de Chimie et de Physique*". Hij voelt zich echter vooral thuis in een laboratorium. Een ontvangst in de luxueuze manor van Sir Humphry Davy laat hem koud: Davy behoort door zijn huwelijk tot de *high society*. Maar in de chaos van Davy's laboratorium vindt hij een begeesterde mede-chemicus terug: "Een geordend laboratorium is het teken van een luie scheikundige" meent Berzelius.

In elke universiteit of instituut wordt hij met eer overloden, de banketten en recepties volgen elkaar op en telkens en opnieuw vraagt men hem het woord te nemen. De vermoeiende reizen en verplaatsingen en het drukke leven eisen de tol van zijn gezondheid.

## Het Dualisme van Berzelius: de elektrische kracht als chemische binding

Waarom reageert koper met zuurstof?  
Waarom reageert zwavel met zuurstof?  
Waarom reageert koperoxide met zwa-

veloxide?

Berzelius beschouwt elk element als *elektropositief* of *elektronegatief*. Het sterkst elektronegatieve element is zuurstof. De metalen zijn elektropositief. Door neutralisatie van de elektrische ladingen reageert koper met zuurstof. Niet-metalen zijn elektropositief of elektronegatief, naargelang hun partner. Zwavel is elektropositief t.o.v. O en elektronegatief tegenover waterstof: vandaar  $H_2S$  en  $SO_3$

Er bestaat een verschil in de *sterkte* van het elektropositief of elektronegatief zijn. Hij stelt een *spanningsreeks* op (die weinig van de huidige verschilt), waarin de elementen gerangschikt zijn van het sterkst elektropositief tot elektronegatief. Koper is (in absolute waarde) enigszins sterker elektropositief dan zuurstof elektronegatief is. Zo is de verbinding  $CuO$  nog een weinig elektropositief. Zuurstof is (in absolute waarde) meer elektronegatief dan zwavel. Zo kan de elektronegatieve verbinding  $SO_3$  ontstaan.

De licht elektropositieve *base*  $CuO$  gaat daarom en verbinding aan met het enigszins elektronegatieve *zuur*  $SO_3$ . Het resultaat van *base + zuur = zout*,  $CuO + SO_3 = CuSO_4$ . Berzelius tracht dit te verklaren naar analogie met de elektrische ontlading. Immers, de meeste chemische reacties zijn exotherm. Wanneer de affiniteit tussen twee stoffen groot is kan dit zelfs tot vuurverschijnselen leiden. Lichamen worden ook warm bij *elektrische ontladingen* (bliksem, Leidse fles). Berzelius vraagt zich af of de warmte niet het gevolg is van het samenkomen van elektrische ladingen, zowel bij een elektrische vonk als bij een reactie.








Bij de *elektrolyse* geschiedt net het omgekeerde: de verloren gegane elektrische lading bij de vorming van een verbinding wordt van buiten af opnieuw toegediend.

Vergeet niet dat in 1807 de elek-

tricieit nog in haar kinderschoenen staat. Zelfs wanneer Georg Ohm zijn beroemde wet in het pamflet "*Die galvanische Kette mathematisch bearbeitet*" publiceert, is het onthaal zo koel dat hij als leraar wiskunde ontslag neemt aan het college van Keulen en nog veertien jaar, tot in 1841, moet wachten tot zijn wet aanvaard wordt.

## Symbolen

De symbolen die Dalton in 1808-1810 voorstelt zijn niet praktisch.

zuurstof	
waterstof	
zwavel	
stikstof	
lood	
zilver	
stikstofdioxide	

Berzelius stelt voor de elementen aan te duiden met de eerste letter van hun Latijnse of verlatijnste naam, eventueel gevolgd door een tweede en kleine letter... op enkele symbolen na zijn de huidige symbolen onveranderd sedert 1813. Voor lithium kiest hij L; beryllium dat toen *glucinium* heet wordt G.

Dalton is geschokt wanneer Engeland in 1837 Berzelius' symbolen invoert in plaats van zijn hiëroglyfen:

*"Berzelius's symbols are horrifying; a young student might as soon learn Hebrew as make himself acquainted by them. [...] They perplex the adepts of science, discourage the learner, as well as to cloud the beauty and simplicity of the Atomic Theory"*

In feite beoogde Dalton, door de symbolen naast elkaar te schrijven en ze te herhalen (dus zonder index) een beeld

te brengen van de bouw van de moleculen.

Maar Berzelius laat het (helaas) niet hierbij en dan zit de mot er in. Diatomische verbindingen duidt hij aan met een horizontale streep door of onder het element. Dizuurstof  $O_2$  schrijft hij als  $\underline{O}$  of  $\ominus$ . Een oxide duidt hij aan met een punt boven het symbool.

$\overset{\cdot\cdot\cdot}{K}\overset{\cdot\cdot\cdot}{S}$  is  $K_2O+SO_3$  (=  $K_2SO_4$ )

$\underline{\overset{\cdot}{H}}$  is  $H_2O$

$\overset{\cdot\cdot\cdot}{Al}^2$  staat voor  $Al_2O_3$

In de latere uitgave van zijn "*Traité de Chimie*" schrijft Berzelius de index echter als "exponent" :  $Al^2S^3$  (of in computertaal: als *superscript*). Justus von Liebig heeft dit veranderd naar index of *subscript*.

## Nieuwe Elementen

Wat nu niet kan, slaagde evenmin in de 19de eeuw: het is niet mogelijk alle elementen door elektrolyse te isoleren. Men beschikte in die tijd evenwel reeds over een krachtige reductor: het element kalium (zie de ontdekking door Davy).

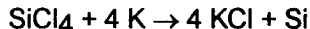
Berzelius ontdekt in 1818 in het loden-kamerslib van een zwavelzuurfabriek een element dat analoge eigenschappen met telluur vertoont. Klaproth had dit element genoemd naar het Latijn *tellus*, aarde. Als tegenhanger geeft Berzelius het nieuwe element de naam selenium (seleen) naar het Grieks, *seleineï*, voor maan. Dit onbekende element komt in het slib voor met veel zwavel en de onzuiverheden Hg, Cu, Sn, Zn, Fe, As. Het isoleren van dit metaal is een parel van kwalitatieve analyse. Met koningswater oxideert hij de metalen tot hun ionen die hij laat neerslaan als sulfide. Vervolgens oxideert hij het mengsel opnieuw met koningswater en voegt er

KOH aan toe. Alleen  $\text{H}_2\text{SeO}_3$  en  $\text{H}_2\text{SeO}_4$  blijven in oplossing. Na indampen voegt hij  $\text{NH}_4\text{Cl}$  toe, waarbij ammoniak waterstofseleniet en waterstofseleenaat reduceert.

In 1824 zondert Berzelius silicium af. Door een silicaat te verhitten ontstaat  $\text{SiO}_2$  (*acide silicique*), dat hij laat reageren met chloorgas en houtskool:



Het siliciumchloride reduceert hij met kalium:



Berzelius neemt een staal *thoriet*,  $\text{ThSiO}_4$  dat na verhitting  $\text{ThO}_2$  vormt. Net zoals hij gedaan had om Si, en Wöhler om Al te isoleren zet hij het oxide met C en  $\text{Cl}_2$  om tot  $\text{ThCl}_4$ , dat hij reduceert met K en thorium verkrijgt (1829).

## Katalyse

“De mysterieuze werking die wij toeschrijven aan een speciale kracht, die waarschijnlijk van elektrische aard is, en wij ‘*force catalytique*’ noemen heeft aanleiding gegeven tot een reeks proeven die tot doel hebben het bestaan van z'n kracht te ontkennen”. Berzelius beschrijft deze proeven van een aantal tijdgenoten (waaronder Justus von Liebig), oordeelt geen enkel bewijs voldoende overtuigend en is onverbiddeijk in zijn kritiek. Hij besluit als volgt:

*“En fait de sciences [...] la seule et véritable voie d'arriver à la connaissance des causes est de laisser tout ce qui est incompréhensible sans explication jusqu'à ce que, tôt ou tard l'explication ressorte d'elle-même des faits. Il est une règle [...] qui consiste à ne pas se figurer qu'on comprenne au delà de ce qui est clair et palpable, et à rejeter tout ce qui dépasse ces bornes dans les sujets qui doivent faire l'objet de nouvelles recherches.”*

---

## BIBLIOGRAFIE

Zie de bibliografie opgegeven onder het artikel over Humphry Davy.

Verder nog:

- *J.J. Berzelius* - “*Traité de Chimie*” - Tome I en “*Appendice*”  
Uitgegeven te Brussel, respectievelijk in 1838 en 1848, uit het Duits vertaald.
- *Aaron J. Ihde* - “*The Development of Modern Chemistry*” - 1984 - Dover Books - New York