



TERUGZIEN NAAR HET VERLEDEN, EEN LES VOOR HET HEDEN

INAUGURELE REDE

uitgesproken bij
de aanvaarding van het ambt
van bijzonder hoogleraar in de
Geschiedenis der Natuurwetenschappen
aan de Landbouwhogeschool te Wageningen
op 25 januari 1979
door

Prof.dr.H.A.M.Snelders

Dames en heren, zeer gewaardeerde toehoorders.

Inleiding.

Na zijn studie aan de Polytechnische School in Delft en de Rijksuniversiteit te Leiden werd de microbioloog en botanicus Martin Willem Beyerinck in 1876 benoemd tot leraar in de plantkunde aan de in Wageningen toen juist opgerichte eerste Rijkslandbouwschool met een salaris van fl 1800,- per jaar. Beyerinck bleef tot het voorjaar van 1885 aan deze school verbonden. In dat jaar benoemde Jacobus Cornelis van Marken, directeur van de uit 1870 daterende Nederlandsche Gist- en Spiritusfabriek te Delft, hem tot microbioloog met een salaris van niet minder dan fl 4500,- per jaar. Beyerinck kwam bij deze - toen nog in de kinderschoenen staande - onderneming in een tijd waarin wetenschappers in de Nederlandse industrie nog vrijwel onbekend waren¹.

Gedurende zijn negen Wageningse jaren, waarin Beyerinck, zoals hij in 1928 zei, "met plezier, en vruchtbaar" had gewerkt², voltooide hij zijn dissertatie (1877) en verrichtte hij een groot aantal botanische onderzoekingen. Hoewel deze vrijgezel in Wageningen een teruggetrokken leven leidde, richtte hij in 1876 met de Duitse landbouwscheikundige Adolph Mayer een nog steeds bestaand 'Natuurwetenschappelijk Gezelschap' op, een vereniging met als

doel de bevordering van de natuurwetenschappen. De oprichting vond plaats op 16 december 1876 op initiatief van Mayer, die als buitengewoon hoogleraar in Heidelberg tot leraar aan de Wageningse Rijkslandbouwschool en tevens tot directeur van het eerste Rijkslandbouwproefstation in ons land was benoemd. Deze moest nu "uit een brandpunt van geestelijk leven, de universiteit van Heidelberg" verhuizen naar "een nieuw opgerichte school in een klein provinciestedje van een vreemd land"³. Kennelijk had hij zich niet gerealiseerd wat de overgang van Heidelberg naar het kleine Wageningen voor hem betekenen zou.

In zijn nieuwe omgeving bevonden zich slechts weinig wetenschappelijk gevormden en het was niet vreemd dat hij een sterke behoefte voelde met hen in nauwer contact te komen. Hij bracht hen daarom samen in een gezelschap met de bedoeling dat zij elkaar "in hun betrekkelijk isolement" op de hoogte zouden houden van de vooruitgang in de verschillende natuurwetenschappen. Het Gezelschap werd door toedoen van Mayer, Beyerinck en vier andere leden het middelpunt van het wetenschappelijke leven in Wageningen. Toen Mayer in 1904 naar zijn vaderland terugkeerde, was het aantal leden gegroeid van 6 tot 40.

Dit 'Natuurwetenschappelijk Gezelschap', waarover in de Wageningse Gids voor Vreemdelingenverkeer in 1928 gezegd wordt dat het "zijn leden recruteert uit de

hoogleraren der Landbouwhoogeschool en de universitair opgeleide inwoners van Wageningen" en waarvoor "maandelijks ... lezingen gehouden (worden) op elk gebied der Natuurwetenschappen"⁴, is een laat voorbeeld van een wetenschappelijk genootschap zoals ons land er vanaf de tweede helft van de achttiende eeuw vele heeft gekend. De secretaris van het 'Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen', Johan van Haeften, sprak in 1781 over zijn tijd terecht als "de Eeuw der Genootschappen"⁵. In die tijd verschenen talrijke populaire uiteenzettingen van de 'nieuwe natuurwetenschappen', welke werden geschreven als hulpmiddel bij de "jaarlijksche lessen over de Proefneemende Natuurkunde" door Benjamin Bosma in Amsterdam (1764)⁶ en die "geschikt (waren) voor jonge Lieden van beide Sexen, die de eerste jaaren huns leevens in Kollegiën of Kostscholen doorbrengen, voor wien alles in de Natuur nieuw is" (Nollet, 1759)⁷. Bij de gegoede burgers bestond toen kennelijk een levendige belangstelling voor de natuurwetenschappen, die door hen ook daadwerkelijk werden beoefend. Rijke Amsterdamse kooplieden als Pieter Cramer en Jacob de Clerq bezaten kostbare natuurkundige instrumenten. De Clerq, de bankier Theodoor de Smeth en de koopman Jacobus van der Wal hadden op hun huis een klein observatorium⁸. In 1736 kon de Utrechtse fysicus Petrus van Musschenbroek in het door hem geschreven eerste Nederlandse leerboek van de natuurkunde al

zeggen: "Nooit heeft men in het vereenigd Nederland meer liefhebbers der Natuurkunde ontmoet, als in onzen tegenwoordigen tyd: want niet alleen bloeit deze wetenschap onder de meeste Geleerden, maar ook by veele voornaame Kooplieden, en menschen van allerlei rang en waardigheid; welke eerst door het leezen van de voortreffelyke Waereldbeschouwingen van den godvruchtigen en wyzen Heer Nieuwentyt opgewekt zyn geworden om de groote verborgentheden, in de geschapen lighaamen van den Almagtigen Maaker gelegd, te zien en te leeren kennen"⁹. In de tweede druk van 1739 kon hij hieraan toevoegen dat uit deze samenkomsten genootschappen groeiden "waarin men beezig is om met een grooten toestel van allerlei kostbaare Instrumenten proeven te neemen, en zich in de bespiegelingen der eigenschappen en werkingen van veelerlei lighaamen te verlustigen"¹⁰.

Van Musschenbroek verwijst hier naar het boek van de Purmerendse arts en burgemeester Bernard Nieuwentyt, "Het regt gebruik der wereltbeschouwingen, ter overtuiging van ongodisten en ongelovigen aangetoont" (1715). In dit invloedrijke en vele malen herdrukte en vertaalde werk betoogt de schrijver dat men God moet leren kennen door de natuurverschijnselen (in de ruimste zin van het woord) te bestuderen. Veel geleerden uit die tijd deden pogingen met de natuurwetenschappen het bestaan van God te bewijzen. Vooraanstaanden onder hen als de arts en chemicus Herman

Boerhaave en de fysici Willem Jacob 's Gravesande en Petrus van Musschenbroek getuigden steeds van hun Christelijk geloof dat hen tot de beoefening van de natuurwetenschappen had aangezet. Het gevolg was een omvangrijke teleologische literatuur met als doel uit de dode en levende natuur bewijzen voor het bestaan van een Opperwezen te vinden. De aangevoerde argumenten onttaardden echter spoedig in dwepen met natuurkennis en doelmatigheidsbewijzen, getuige de vele sterren-, sneeuw-, water-, vuur- en dondertheologieën, welke in de achttiende eeuw zijn gepubliceerd¹¹.

Het bestuderen van het werk van Nieuwentyt gaf aan velen het verlangen om uit eigen aanschouwing met de daarin geschetste wonderen kennis te maken. Van Musschenbroek wijst er al in 1739 op dat spoedig talrijke genootschappen werden opgericht: "In Amsterdam bloeit voornamelyk zodanig Genoodschap, alwaar de Heer Martens met de vermaakelykste stoffe der Natuurkunde te verklaaren, niet weinig lof inlegt: In Middelburg wordt het zelve met niet minder naauwkeurigheid en voortgang door den Geleerden Geneesheer L. Stocke verrigt: In Haarlem en Schiedam houden verscheide uitmuntende Geleerden tot het zelve eind hunne loffelyke byeenkomsten: zodat de proefelyke Natuurkunde tegenwoordig door veel menschen met ongemeene drift geleerd en voortgezet wordt; ..." ¹².

In ons land werden in de tweede helft van de achttiende eeuw talrijke lokale geleerde genootschappen

opgericht met als belangrijkste de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem (1752), het Zeeuwsch Genootschap der Wetenschappen te Vlissingen (1769) en het Bataafsch Genootschap der Proefondervindelijke Wijsbegeerte te Rotterdam (1769). Centraal bij de activiteiten van deze genootschappen stond het uitschrijven van prijsvragen, veelal over maatschappelijke onderwerpen. Zo schreef het Provinciaal Utrechtsch Genootschap in 1777 een prijsvraag uit: "Hoe zoude men de Fabrieken en Trafijken, welken in ons land, en, bijzonder, in de provincie van Utrecht, zijn, best kunnen inrichten tot algemeen voordeel; en om, door dezelve, aan eene menigte van menschen, in onderscheidene staten, eene bekwame kostwinning te bezorgen; en, bepaaldelijk, aan zulken, die geene, zoo genaamde, ambachten geleerd hebben: of, op verscheidene tijden, zonder kostwinning zijn? Midsgaders, welke nieuwe Fabrieken zouden, ten zelfden einde, met verwachting van een' goeden uitslag, kunnen opgericht worden?"¹³ en in hetzelfde jaar en nogmaals in 1780: "Wat heeft men te denken aangaande het planten van Boomen in en rondom de Steden? Is dit voordeelig of nadeelig voor de gezondheid der menschen? Wordt de Lugt door derzelver uitwaseming gezuiverd, of besmet? En welk soort van Boomen is meest, of minst voordeelig of nadeelig?"¹⁴.

Methoden in de wetenschapsgeschiedenis.

Als een zelfstandige professionele discipline is de geschiedenis der natuurwetenschappen betrekkelijk jong. Aanvankelijk werd ze beoefend door praktische wetenschapsbeoefenaars - dikwijls vooraanstaande geleerden - die hun vrije tijd besteedden aan het schrijven van de geschiedenis van hun vak. Geschiedschrijving was meestal een bijproduct van hun wetenschappelijk werk en had blijkbaar een sterke aantrekkingskracht. De resultaten werden neergelegd in historische inleidingen van hand- en leerboeken. Men beperkte zich in de meeste gevallen tot het beschrijven van de vooruitgang van de theoretische en praktische kennis zonder dat men verband legde met andere natuurwetenschappen of met de wijsbegeerte, laat staan met de algemene cultuur.

We vinden deze aanpak in de tweede helft van de achttiende eeuw in de historische overzichten van Louis Lagrange over mechanica, Jean Etienne Montucla over wiskunde, Joseph Priestley over elektriciteit en optica en Jean Baptiste Joseph Delambre over astronomie. In de negentiende en het begin van de twintigste eeuw verschenen de magistrale historische werken van wetenschappers als Herman Kopp (over scheikunde), Johann Christian Poggendorff (over natuurkunde), Julius von Sachs (over plantkunde), Karl Alfred von Zittel en Archibald Geikie (over geologie) en Felix Klein (over wiskunde).

Sinds de vorige eeuw bestond nog een historiografische traditie, welke meer expliciet wijsgerig in zijn doelstellingen was. Bij geleerden als William Whewell, Ernst Mach en Pierre Duhem waren wijsgerige beschouwingen primaire motiveringen voor de beoefening van de wetenschapsgeschiedenis. Waar het bij al deze historische studies uiteindelijk om ging, was het verhelderen en verdiepen van 'moderne' methoden en begrippen door hun voortgaande ontwikkeling te volgen. Men nam waarnemingen, wetten of theorieën, die de moderne wetenschap als fout of irrelevant ter zijde had gelegd, zelden in de historische beschouwing op, tenzij er een les, een methodologische moraal of een verklaring van een periode van schijnbaar onvruchtbare wetenschapsbeoefening uit resulteerde.

Sinds een aantal jaren is het gebruikelijk de geschiedenis van de natuurwetenschappen in te delen in interne en externe geschiedschrijving. In de interne wetenschapsgeschiedenis richt de aandacht van de historicus zich in de eerste plaats op de ontwikkelingen in de wetenschappelijke theorie en praktijk. Dikwijls beperkt hij zich tot een bepaalde wetenschap of tot slechts een deel ervan.

Wanneer hij deze benadering consequent doorvoert, verwaarloost hij de externe factoren, die een rol hebben gespeeld in de ontwikkeling van de wetenschap en bestaat het gevaar dat hij de veranderingen uitsluitend in de interne dynamica van de wetenschap

zelf zoekt. Hij vergeet dan dat de ontwikkeling van de wetenschap niet losstaat van de omringende cultuur en van de stand van de techniek. De interne benadering leert ons de intellectuele factoren kennen, die bij externe studies niet altijd naar voren komen. Belangrijk is verder dat de interne wetenschapsgeschiedenis het materiaal kan leveren waarop anderen kunnen voortbouwen. In het bijzonder kan men daarbij denken aan die onderzoekers, die zich bezighouden met de relaties tussen wetenschap en samenleving.

Tegenover de interne wetenschapsgeschiedenis stelt men de externe, waarbij de nadruk ligt op vooral economische en sociale factoren, die in veel gevallen via de toegepaste wetenschap (de technologie) werkzaam zijn. Hoewel de opvatting dat de moderne wetenschap een produkt van sociale druk is, overeenkomt met een marxistische wetenschapsopvatting, is het onjuist een algemeen externe benadering daarmee te identificeren. Het behoeft geen betoog dat interne en externe wetenschapsgeschiedenis even legitiem zijn. De een is niet beter of slechter dan de ander. De externalist legt sterke nadruk op de wetenschap als sociaal instituut; echter, hij onderzoekt ook de mogelijke invloeden van de wetenschappelijke ontwikkeling op 'externe' sociale, economische, intellectuele, religieuze of politieke factoren en de reacties daarop vanuit maatschappij en regering. Als een internalist de mogelijkheid van zulke interacties ontkent, heeft hij oog-

kleppen voor en is hij een slecht wetenschapshistoricus.

"De geschiedenis der natuurwetenschappen is geschiedenis en geen natuurwetenschap; zij werkt niet volgens de experimentele en mathematisch-deductieve, maar volgens de historische methode" (Hooykaas¹⁵).

Ze is niet los te denken van het geheel van de cultuurgeschiedenis. Ook al gaat men uit van een interne benadering, men komt toch vanzelf tot externe factoren. Een enkel voorbeeld moge dit toelichten.

De ontdekking van het elektromagnetisme.

Wanneer men zich bezighoudt met de geschiedenis van het elektromagnetisme in het begin van de vorige eeuw, constateert men dat de Deense fysicus en chemicus Hans Christian Oersted op 21 juli 1820 zijn ontdekking bekend maakte van de werking van een elektrische stroom op een magneetnaald opgehangen in het magnetische veld van de aarde¹⁶. Oersted ontdekte dat een op een verticale as opgestelde magneetnaald, die evenwijdig aan de sluitdraad van een galvanische batterij was geplaatst, in beweging komt mits de sterkte van de stroom door de draad een behoorlijke waarde heeft. Deze ontdekking van het elektromagnetisme veroorzaakte een geweldige sensatie bij de wetenschapsbeoefenaars uit die tijd, vooral omdat de aard van de elektromagnetische kracht volledig nieuw bleek te zijn. Tot dan toe kende men

alleen krachten die werkzaam waren langs de lijn, die de op elkaar werkende lichamen verbindt: de Newton'se gravitatiekracht en de aantrekkende en afstotende krachten tussen magnetische, respectievelijk elektrisch geladen lichamen. Oersted vond daarentegen dat een kracht tussen een stroom en de pool van een naastliggende magneet loodrecht staat op de verbindingslijn in plaats van erlangs. Toen de Franse fysicus Dominique François Jean Arago in Genève van Oersted's ontdekking hoorde, geloofde hij deze pas nadat zijn Zwitserse collega Auguste de la Rive een demonstratie daarvan had gegeven.

De vraag hoe Oersted tot zijn ontdekking is gekomen, werd in het verleden meestal beantwoord door te spreken van een toevalsontdekking. Nader onderzoek leert echter dat de sensatie, die Oersted's ontdekking te weegbracht, niet werd veroorzaakt door het feit dat een verband tussen elektriciteit en magnetisme was aangetoond, maar juist door de bijzondere aard van de elektromagnetische kracht. Dat er verband moest bestaan, was namelijk allang op wijsgerige gronden aangenomen.

Oersted had een metafysisch geloof in de eenheid van alle natuurkrachten. Hij was een aanhanger van de dynamische materieopvattingen van de filosoof Immanuel Kant, die meende dat de materie ruimte inneemt door het antagonisme tussen aantrekkende en afstotende krachten. Beide krachten bepalen samen de dynamische

natuur van de materie. Oersted was ook beïnvloed door de speculatieve uitwerking van Kant's systeem door Friedrich Wilhelm Joseph von Schelling, die materie terugvoerde tot een conflict tussen aantrekkende en afstotende krachten. Nu wordt de titel van Oersted's publikatie uit 1820 duidelijk: "Experimenta circa effectum conflictus electrici in acum magneti-
cam", "Proeven over de invloed van het elektrisch conflict op de magneetnaald". Voor Oersted waren elektriciteit, magnetisme en galvanisme geen onbeweegbare stoffen (imponderabilia) - zoals velen van zijn tijdgenoten aannamen -, maar verschillende werkingsvormen van de algemene natuurkrachten. In 1806 stelde hij al dat het elektrisch conflict in een draad (dus de elektrische stroom) veroorzaakt wordt door het tegen elkaar stromen van de twee elektrische fluida, die in de polen van een batterij opgehoopt zijn. De voortplanting van de elektriciteit bestaat uit een voortdurende verstoring en herstelling van een evenwicht. In 1812 merkte hij op dat men moest proberen de werking van magneten op de elektriciteit aan te tonen. Het duurde tot 1820 eer hem dit lukte. Wil men het werk van Oersted goed begrijpen, dan komt men vanzelf tot een studie van de invloed van de natuurfilosofische stelsels, die toen in Duitsland heersten. Men begrijpt dat de ontdekking geen toeval was, maar een gevolg van die wijsgerige opvattingen. Men vraagt zich tegelijkertijd af wat nu wel precies

de invloed van de romantische Naturphilosophie op de natuurwetenschappen uit die tijd is geweest. Was die steeds zo positief als in het geval Oersted? Dit tijdperk, dat liep van ongeveer 1787 tot 1840, was tot voor kort een verwaarloosd gebied in de wetenschaps-geschiedenis¹⁷. Met name de opvatting van de Naturphilosophen dat alle natuurwetenschap in feite ondergeschikt is aan de filosofie, dat het uiteindelijk doel van het filosoferen is een 'hogere' inzicht te krijgen in de natuur, moest wel leiden tot een doodlopende weg. Waarom een studie maken van een periode, waarin het experiment een ondergeschikte plaats innam en waarin de waarde ervan dikwijls zonder meer werd ontkend? Een tijdperk, waarin de natuurwetenschappen geconstrueerd werden uit a priori speculaties met als uitgangspunt dat alles in de natuur plaatsvindt door een polaire interactie tussen geest en materie? Een tijd, die de universele Duitse geleerde Alexander von Humboldt beschreef als "een beklagenswaardig tijdperk..., waarin Duitsland achter Engeland en Frankrijk diep gezonken is. Een scheikunde, waarin men zich de handen niet nat maakte. De diamant is een tot bewustzijn gekomen kiezelsteen. Graniet is ether,..."¹⁸.

Bezien vanuit het oogpunt van de natuurwetenschappen is deze periode ongetwijfeld teleurstellend. De Duitse chemicus Von Liebig keek er in 1853 terecht op terug als op een afgestorven boom, die het mooiste

gebladerte en de prachtigste bloemen droeg, maar geen vruchten voortbracht¹⁹. Studie van dit tijdperk leert dat een geheel op intuïtie berustende beoefening van de natuurwetenschappen niet tot blijvende resultaten voert en ten ondergaat in machteloosheid.

Tal van voorbeelden zijn te geven waarin de interne geschiedenis vanzelf verder gaat dan het beantwoorden van vragen naar het wanneer van een ontdekking, het hoe, het door wie enz. Men wil het waarom ervan weten en men zal bijvoorbeeld bij de studie van het werk van Vesalius, Kepler, Galilei of Newton de invloed constateren van de middeleeuwse wetenschapsbeoefening, maar ook die van sociale, religieuze en economische factoren. Of men zal, als men bezig is met de geschiedenis van de organische synthese in de negentiende eeuw, vanzelf komen op het ontstaan van de eerste multinationals²⁰.

Het scherpe onderscheid tussen interne en externe wetenschapsgeschiedenis, door Kuhn in 1968 als "twee afzonderlijke soorten van wetenschapsgeschiedenis" gekenschetst²¹, speelt thans slechts een ondergeschikte rol. Terecht heeft Rudwick opgemerkt dat het meest interessante, gangbare historische onderzoek dat onderzoek is dat het oude onderscheid tussen internalisme en externalisme negeert en probeert de wetenschap in verband te brengen met de culturele omstandigheden, waaronder deze zich heeft ontwikkeld²². Kohlstedt constateerde dat de wetenschapshistoricus

in toenemende mate geïnteresseerd is in vragen, die men meestal als extern aanduidt, te weten de bestudering van de wetenschap in een bepaalde sociale omgeving²³. Basalla bekritiseerde zelfs de externalisten omdat zij zich beperken tot de sociale geschiedenis van de wetenschap zoals die beoefend wordt door een groot aantal internalisten²⁴. De externalisten bestuderen volgens hem de sociale geschiedenis van de wetenschap door zich op internalistische wijze bezig te houden met afzonderlijk en in groepen werkende wetenschapsbeoefenaars. De nieuwe term "social history of science" komen we dan ook steeds meer tegen²⁵.

Justus von Liebig.

Een leeropdracht: "de geschiedenis der natuurwetenschappen, inzonderheid de samenhang tussen de ontwikkelingen van deze wetenschappen en de ontwikkelingen in de maatschappij", gaat uiteraard verder dan een vorm van louter interne geschiedschrijving. Toch levert de laatste tal van voorbeelden die betrekking hebben op de tweede helft van de formulering van de leeropdracht. Wanneer we - om een voorbeeld te geven - het leven en werk van de negentiende eeuwse Duitse geleerde Justus von Liebig (1803-1873) bestuderen, blijkt dat we te maken hebben met iemand die op een groot aantal gebieden werkzaam was, van zuiver wetenschappelijk tot puur technisch onderzoek toe. Liebig

was de zoon van een drogist, die in een klein laboratorium zelf lakken, vernissen en verven bereidde. Hij kwam hierdoor al vroeg in aanraking met de praktische beoefening van de scheikunde. Toen hij op zeventienjarige leeftijd in Bonn scheikunde ging studeren, kwam hij echter in een milieu, waarin de reeds genoemde 'Naturphilosophie' heersend was²⁶. Zijn leermeester, Carl Wilhelm Gottlob Kastner, schonk vrijwel geen aandacht aan het experiment. Het is begrijpelijk dat Liebig later niet veel goeds te zeggen had over het scheikundeonderwijs dat in Bonn werd gegeven²⁷. Hij moet als student echter wel een andere mening hebben gehad, want hij volgde Kastner naar Erlangen, waar de grondlegger van de 'Naturphilosophie', Schelling, doceerde. Hier werd hij sterk geïmponeerd door de voordrachten van de beroemde filosoof, maar hij bleef nuchter en bemerkte spoedig het lege en gevaarlijke van de 'Naturphilosophie'²⁸. Liebig is slechts één jaar in Erlangen geweest en de drie semesters die hij in Bonn en Erlangen heeft doorgebracht, waren zeker geen verloren tijd. Hij werkte met grote energie aan zijn algemene vorming, maar praktisch onderwijs kreeg hij niet. Hij had twee mogelijkheden om daar iets aan te doen: te gaan werken òf in Stockholm òf in Parijs. Op voorspraak van Kastner kreeg hij een stipendium om in Parijs verder te kunnen studeren. Hij merkte al spoedig dat daar een geheel andere geest heerste dan hij in Duitsland gewend was²⁹. In Parijs kreeg hij

zijn opleiding tot chemicus. Op voorspraak van Alexander von Humboldt werd hij al in 1824 benoemd tot buitengewoon hoogleraar in Giessen. Hij was toen net 21 jaar. Op zijn laboratorium werd voor het eerst de studenten een systematisch-praktische chemieopleiding aangeboden. Het instituut werd wereldberoemd en leidde een gehele generatie van Europese en Amerikaanse scheikundigen op.

Liebig maakte veel reizen naar het buitenland om zijn kennis uit te breiden en zijn wetenschappelijke vrienden te bezoeken. Op zijn eerste reis naar de jaarvergadering van de 'British Association for the Advancement of Science' in Liverpool in 1837 werd hij geconfronteerd met de Engelse industriesteden die als zodanig in Duitsland nog onbekend waren. In brieven aan zijn vrouw beschrijft hij zijn reisindrukken. Het gebied tussen Leeds en Manchester "is één rokende schoorsteen, d.w.z. het is bedekt met duizenden kolossale piramiden of zuilen, de rookvangen van ketels van de stoommachines... Manchester, welk een vreemde aanblik biedt dat! Een onnoemelijke hoeveelheid van genoemde schoorstenen, alle rokend en met hun rook de gehele stad omhullend, het ziet er uit als een hel"³⁰ Dat men al vroeg last had van de luchtvervuiling van de stoommachine, blijkt uit het feit dat James Watt zich ook bezighield met het probleem van een te grote rookontwikkeling rond de vuurhaarden van zijn machines. De aanleiding om wat aan dit probleem te doen, was de

waarneming van het effect dat de neerslaande rook had op de planten in de tuin van zijn partner Matthew Boulton, dicht bij de Sofofabriek in Manchester. Proeven met een nieuw type vuurhaard onder de ketel met een verbeterde ventilatie leken veelbelovend genoeg om er octrooi op aan te vragen, maar het resultaat was niet erg bevredigend³¹.

Ook in Birmingham had men al vroeg last van de rook. De scheikundige Thomas Cooper uitte klachten over "de rook en het vuil die tegenwoordig op onze witte kleding neerslaan en tot veel extra en overigens onnodige arbeid dwingen"³². En 'modern' klinkt het als hij zegt: "Hoewel iemand misschien zelf niet veel om rook zal geven, zullen zijn burens dat wel doen en hij zal verplicht zijn met hun belangen rekening te houden indien daartoe geen andere motieven bestaan. En ik denk dat het de vraag is of rookverspreidende machines in of nabij een woonwijk niet als een plaag mogen worden opgevat".

Ondanks de gesignaleerde milieuoverlast, liet Liebig geen gelegenheid voorbijgaan om allerlei fabrieken te bezichtigen. Steeds weer vroeg hij zich af hoe hetgeen hij zag, in het industriearme Duitsland kon worden toegepast. Hij schreef daarover in brieven aan zijn vriend Friedrich Wöhler, die hij - om portiekosten te besparen - insloot bij de brieven aan zijn vrouw.

Liebig heeft steeds pogingen gedaan om de resultaten van zijn onderzoekingen praktisch toepasbaar te maken, meestal met weinig of geen succes. De chemische en aanverwante industrieën stonden na de jaren '50 van de vorige eeuw in Duitsland nog in de kinderschoenen. Ieder land, dat in de Duitse Bond was verenigd, had een andere octrooiwet. In de meeste gevallen vroegen men zelfs geen octrooi aan, maar probeerde men een nieuw proces als fabrieksgeheim toe te passen. Belangrijke door Liebig ontdekte processen als de verbetering van de opbrengst aan kaliumcyanide door het toevoegen van potas aan smeltend bloedloogzout, verbeteringen op het gebied van de galvanoplastiek, de bereiding van acetaldehyde, chloroform, enz. heeft hij niet geoctrooieerd en zelfs niet industrieel toegepast. De eerste keer dat hij een octrooi aanvroeg, was op het gebied van de kunstmest en dat deed hij in Engeland. Maar juist bij zijn belangrijke ontdekkingen op het gebied van de kunstmest maakte hij een fundamentele fout. Hij meende dat het aan de akkerbodem toe te voegen mengsel van minerale zouten in water onoplosbaar moest zijn, omdat anders de meststof door het regen- en bodemwater zou oplossen en daardoor in zulke diepe aardlagen terecht zou komen dat ze niet meer door de plantenwortels kon worden opgenomen. De Engelse boeren, die de door de firma Muspratt in Liverpool op de markt gebrachte kunstmest gebruikten, waren verre van tevreden: een hogere opbrengst werd

niet verkregen. Pas nadat de Engelse landbouwchemicus John Thomas Way in 1850 had ontdekt dat de akkerbodem absorberend vermogen bezit waardoor er geen gevaar is dat de kunstmest door het regenwater wordt weggespoeld, zag Liebig in dat zijn kunstmest oplosbaar in water moest zijn. Het kostte hem evenwel jaren van ingespannen experimenteel-praktische en theoretische arbeid om zijn tegenstanders het zwijgen op te leggen. Een aantal nieuwe uitvindingen van Liebig lag op het gebied van de voeding, maar ook hier waren de industriële toepassingen niet erg succesvol. Ik denk hier aan zijn proces om het moeilijk verteerbare zemelbrood gemakkelijker resorbeerbaar te maken door aan het gebruikelijke mengsel van rogge- en tarwemeel kalkwater toe te voegen (1868), aan zijn bakpoeder dat door zijn leerling Thomas Horsfield met succes in de Verenigde Staten van Amerika werd verkocht aan de farmersvrouwen, die er hun dagelijks maïsbrood mee bakten (1868) en aan zijn soep voor zuigelingen ter vervanging van de moedermelk (1865). Het meest bekend is het "Liebig's Fleischextract", het eerste voorbeeld van een geslaagde levensmiddelenconservering. In 1847 had Liebig een analytisch onderzoek gedaan over de chemische samenstelling van vlees en vleesextract en dit werd aanleiding om huisvrouwen en koks wetenschappelijke aanwijzingen te geven voor de bereiding van goed vleesnat en kookvlees. Het duurde echter vijftien jaar eer de industriële uit-

werking volgde. Pas in 1862 las de Duitse, in Uruguay wonende ingenieur Giebert erover en hij zag de mogelijkheden in voor Zuid-Amerika, waar het vee (runderen en schapen) alleen diende voor de winning van leer, hoorn, beenderen en vet. Het vlees werd òf vernietigd òf ingezouten en als 'saladaras' (voedsel voor de Amerikaanse slaven) verkocht. Maar na het einde van de Amerikaanse burgeroorlog lag deze export stil. Giebert stichtte in Uruguay als eerste een fabriek voor het Liebigse vleesextract, dat spoedig een zegetocht maakte door de gehele beschaafde wereld.

Giebert leerde het vleesextract kennen uit Liebig's "Chemische Briefe". Liebig deed namelijk meer dan zuiver en praktisch chemisch onderzoek. Hij wilde de nieuwe kennis uit de scheikunde in populaire vorm verbreiden en bij een groter publiek, waarvoor de chemie een gesloten boek was, interesse voor deze wetenschap opwekken. Voorts wilde hij de betekenis van de chemie voor het dagelijks leven aantonen. Dit resulteerde in zijn "Chemische Briefe", waarvan tussen 1844 en 1878 negen, steeds uitgebreidere drukken verschenen. Zij hadden "tot doel de opmerkzaamheid van de beschaafde wereld te richten op de toestand en de betekenis van de chemie, op de opgaven, met de oplossing waarvan de chemicus zich bezighoudt, en op het aandeel dat deze wetenschap aan de vooruitgang van industrie, mechanica, natuurkunde, landbouw en fysiologie heeft gehad"³³.

Zij zullen "de overtuiging bevestigen, dat de scheikunde als zelfstandige wetenschap een van de machtigste middelen oplevert tot een hogere geestelijke cultuur, dat bestudering ervan nuttig is, niet alleen in zoverre ze de materiële interesse van de mensen bevordert, maar omdat ze inzicht verschaft in de wonderen van de schepping, welke ons direct omgeven en waarmee ons bestaan en onze ontwikkeling ten nauwste verbonden zijn"³⁴. De betekenis van de chemische brieven ligt niet zozeer in de nieuwheid van de ontwikkelde denkbeelden, maar meer in de beschrijving, die als voorbeeld kan dienen van een populair-wetenschappelijk werk in de beste zin van het woord.

Uit het voorgaande moge blijken dat de wetenschaps-geschiedenis meer is dan een beschrijving van de "bizonderheden over de omstandigheden waaronder een ontdekking plaatsvond of de familierelaties van een groot onderzoeker" (aldus Hooykaas³⁵). Voor de wetenschapshistoricus is ongetwijfeld de eerste taak "sagen, wie es eigenlijk gewesen" is, door Dijksterhuis omschreven als "onderzoeken en uiteenzetten, omvangrijker en uitvoeriger dan tot dusver al geschied is, wat er vroeger vermoed, beweerd, gedacht, gevonden, bewezen is en zodoende den feitelijken grondslag zo niet te leggen dan toch uit te breiden en te verstevigen, die wijsgerige beschouwingen over de ontwikkeling der exacte wetenschappen en sociologische over hun betekenis voor de samenleving eerst waarlijk vrucht-

baar zal kunnen maken"³⁶. Hij zal zich steeds moeten realiseren dat hij bij zijn waardering van het verleden niet de huidige stand van de natuurwetenschap als norm mag nemen en ook dat hij het heden evenmin als selectie criterium mag gebruiken. Hij mag zich niet beperken tot de successen van de geschiedenis; hij zal ook voor de dwalingen oog moeten hebben. Niet alleen kan het oordeel over wat succes en wat dwaling is met de tijd veranderen, maar ook kan iets dat "onherroepelijk waardeloos is gebleken, de moeite van het bestuderen zeer wel waard zijn"³⁷.

"Om een juist historisch inzicht te krijgen, zijn de 'dwalingen' even belangrijk als de 'successen', is de bestudering van figuren van het tweede plan even noodzakelijk als die van de allergrootsten" (Hooykaas³⁸). De wetenschapsgeschiedenis maakt aan de wetenschapsbeoefenaar duidelijk "dat zijn arbeid niet in de lucht hangt, maar deel uitmaakt van een complex van factoren - wetenschappelijke, technische, wijsgerige, religieuze, sociale en economische - die tezamen de menselijke cultuur vormen"³⁹. Op deze manier kan de wetenschapsgeschiedenis belangrijk bijdragen tot de humanisering van de vorming van de natuuronderzoeker. Ze kan een brug zijn tussen de natuurwetenschappen enerzijds en de humanoria anderzijds. De bestudering ervan zet economisch weliswaar weinig zoden aan de dijk; immers het bezig zijn met geschiedenis heeft geen invloed op het vakmanschap dat men aan een uni-

versiteit of hogeschool hoopt te verwerven. Dat wil evenwel niet zeggen dat het niet zinvol zou zijn zich bezig te houden met de wortels en de grondslagen van de natuurwetenschappen. We komen erdoor in aanraking met vakgenoten uit het verleden, die net als wij bezig waren de geheimen van de natuur te ontrafelen en die net als wij dat deden met vooropgezette ideeën en vooroordelen, met gebrek aan kritische zin of juist met een kritische instelling. Natuurwetenschapsgeschiedenis geeft ons geen nieuwe natuurwetenschappelijke kennis; wel laat ze ons kritisch nadenken over de problemen waarmede onze wetenschappelijke voorouders hebben moeten worstelen. Ze leert ons de buitenwetenschappelijke factoren kennen die daarbij een rol hebben gespeeld, soms remmend, soms stimulerend. Ze laat ons ook zien dat de opvatting dat er altijd externe relaties zijn aan te wijzen een lang niet steeds te verdedigen stelling is. Hoewel Michael Faraday al sinds 1822 probeerde om 'magnetisme in elektriciteit' om te zetten, ontdekte hij pas in 1831 de elektromagnetische inductie. Deze Engelse natuur- en scheikundige is een mooi voorbeeld van een geleerde die primair uit intellectuele nieuwsgierigheid zijn wetenschappelijk werk deed. Als leidraad diende hem de overtuiging dat er een eenheid tussen alle natuurkrachten moet bestaan en dat de ene natuurkracht om te zetten is in een andere. Vandaar dat hij vanaf 1822 ook zocht naar de invloed van de elektriciteit of magnetisme op het licht, die hij pas

in 1845 kon aantonen. Vanaf 1860 probeerde hij de beïnvloeding van de spectraallijnen door het magnetisch veld aan te tonen, welk verschijnsel pas in 1896 door onze landgenoot Pieter Zeeman werd gevonden. Zelfs probeerde hij - tevergeefs - in 1850 zwaartekracht om te zetten in elektriciteit, want voor hem waren "al de natuurkrachten wederzijds afhankelijk van elkaar, ze hebben een gemeenschappelijke oorsprong, of beter het zijn verschillende uitingen van één enkele fundamentele kracht"⁴⁰.

Hoewel Faraday in 1821 het beginsel van de elektromotor en in 1831 dat van de elektrodynamo vond, was hier geen sprake van een economisch motief. De stoommachine was in die tijd zo volmaakt, dat er geen behoefte aan een andere krachtbron was. Van Faraday's ontdekking - waarin de gehele latere ontwikkeling van de zware elektrische industrie besloten lag - werd pas twintig jaar later profijt getrokken. Wat hij deed, was eenvoudig het verifiëren van een beginsel uit de zuivere wetenschap. Dat hij tevens een bijdrage tot de toegepaste wetenschap leverde, interesseerde hem kennelijk niet. Hij deed althans geen moeite die uit te werken en praktisch bruikbaar te maken. De elektrische industrie is een klassiek voorbeeld waarbij de wetenschappelijke kennis vóór de industriële toepassing uitging, net zoals de stoommachine een klassiek voorbeeld is van het tegengestelde.

Gewone intellectuele nieuwsgierigheid, het willen weten en nagaan hoe de natuur werkt, hoe zij in elkaar zit, blijkt voor de meeste geleerden de uiteindelijke motivering voor hun wetenschappelijk werk te zijn, waarbij in veel gevallen deze nieuwsgierigheid gekoppeld is aan een praktische doelstelling. Zo deed de zestiende eeuwse Nederlandse geleerde Simon Stevin niet alleen fundamenteel onderzoek op het gebied van wiskunde, sterrekunde en mechanica; hij verrichtte ook tal van onderzoeken over belangrijke praktische problemen (interestberekening, bouw van militaire versterkingen en molens, navigatie), die van het grootste belang waren voor ons land dat toen in oorlog was. Hij wilde de wetenschap beoefenen met als doel het praktische gebruik ervan voor het dagelijkse leven. In zijn theorie over 'Spiegeling' en 'Daet', theorie en praktijk, stelde hij dat het verband tussen beide niet mag worden verwaarloosd. Praktijk zonder theorie is waardeloos en theorie zonder praktijk nutteloos, tenzij iemand die theorie of een uitwerking ervan kan gebruiken in de praktijk.

Van belang is ook het klimaat waarin de wetenschapsbeoefenaar moest leven en werken. De wetenschapsbeoefening als hobby voor de rijken veranderde met de Franse revolutie. De natuur- en scheikundige Antoine Laurent Lavoisier was jurist en belastingspachter, die in zijn vrije tijd aan wetenschap deed. Hij financierde zijn instrumenten uit eigen middelen. De

Franse revolutie leidde tot een geheel nieuw onderwijssysteem, waarin iedereen, die daarvoor geschikt was, kon studeren. In Frankrijk leidde dit, vooral door de politiek van Napoleon, in de eerste drie decennia van de negentiende eeuw, tot een opbloei van de wetenschap. Maar de omzetting van wetenschap in een status welke die van een professionele loopbaan benaderde, vond vooral in Duitsland plaats. Daar werden de eerste chemische research-laboratoria opgericht in de zich in de jaren zeventig van de vorige eeuw snel ontwikkelende synthetische kleurstofindustrie.

Slot.

Om te voldoen aan de aan mij opgedragen leeropdracht is het noodzakelijk de ontwikkeling van de wetenschap te behandelen geplaatst tegen de achtergrond van de omringende cultuur en de stand van de techniek. Gewapend met deze kennis, een zo objectief mogelijk beeld van de ontwikkeling van wetenschappelijke begrippen en wetten, is het zinvol de factoren, die op deze ontwikkeling hebben ingewerkt, aan een analyse te onderwerpen. Dan eerst is het mogelijk om wezenlijke aspecten van de wetenschapsgeschiedenis als de relatie tussen wetenschap en geloof, wetenschap en wijsbegeerte, wetenschap en techniek, wetenschap en politiek, wetenschap en maatschappij met vrucht te bestuderen. Voorts kan het aldus door de wetenschaps-

historicus bijeengebrachte materiaal wellicht goede diensten bewijzen aan wetenschapsfilosofen en aan hen, die de relaties tussen wetenschap en samenleving tot studieobject hebben gekozen.

Waarde toehoorders,

De universitaire beoefening van de geschiedenis der natuurwetenschappen in ons land dateert van na de tweede wereldoorlog. De eerste leerstoel werd in 1945 aan de Vrije Universiteit ingesteld en tot 1971 door R. Hooykaas bezet. In 1953 werd in Leiden een buitengewoon hoogleraarschap in de geschiedenis der natuurwetenschappen ingesteld, in 1955 gevolgd door eenzelfde positie in Utrecht. Beide leerstoelen werden bekleed door de in 1965 overleden wetenschapshistoricus E.J. Dijksterhuis. Toen in 1960 het Utrechtse extra-ordinariaat werd omgezet in een ordinariaat, betekende dat het einde van de Leidse leerstoel. Dijksterhuis bleef aan de Utrechtse universiteit verbonden. Hij werd in 1967 door Hooykaas opgevolgd. Na diens emeritaat werd mij verzocht zijn werk in Utrecht voort te zetten. De beslissing van het Wageningse Landbouwhogeschoolfonds om aan deze inrichting van hoger onderwijs een bijzondere leerstoel voor de geschiedenis der natuurwetenschappen in te stellen, krijgt door de bescheiden positie die de beoefening van de algemene wetenschapsgeschiedenis in ons land bekleedt, des te meer perspectief. Ik dank het bestuur

van het Landbouwhogeschoolfonds voor het feit dat zij mij voor deze benoeming hebben voorgedragen.

Het college van bestuur van de Landbouwhogeschool ben ik erkentelijk voor het in mij gestelde vertrouwen.

Het college van bestuur van de Rijksuniversiteit Utrecht dank ik voor de toestemming dit bijzonder hooglerschap naast mijn Utrechtse verplichtingen te vervullen.

Hooggeleerde Hooykaas,

Mijn kennismaking met U dateert uit het einde van de jaren vijftig, toen ik aan de Vrije Universiteit studeerde. Het was het begin van een nauwe band, die het patroon van het middeleeuwse gildenwezen heeft gevolgd: begonnen als leerling en via gezelschap tot meester bevorderd. In de ware zin van het woord mij Uw leerling voelend, dank ik U vanaf deze plaats voor het vele dat ik van U heb mogen leren en dat ik thans zal kunnen overdragen aan een nieuwe generatie studenten.

Hooggeleerde Van der Woude, Beste Ad,

Ik dank jou en je medewerkers voor de hartelijke wijze waarop je een wetenschapshistoricus in je afdeling voor agrarische geschiedenis hebt binnengehaald. Oorspronkelijk was het alleen de bedoeling mij een "pied-à-terre" te verschaffen, maar het is meer geworden: een goed voorbeeld van het doorbreken van de kloof, die nog steeds te signaleren is tussen natuurwetenschappen en humaniora. Dijksterhuis heeft eens

wetenschapsgeschiedenis Clio's stiefkind genoemd. Hier is ze in ieder geval Clio's adoptiefkind geworden.

Dames en heren studenten,

De twee jaar waarin ik hier reeds colleges heb gegeven, hebben mij duidelijk gemaakt dat een aantal van U geïnteresseerd is in de ontwikkelingsgeschiedenis van de natuurwetenschappen en alles wat daarmee samenhangt. Ik hoop dat U in steeds groter getale de moeite kunt opbrengen Uw vakspecialistische studies voor een korte periode te vervangen door een historisch vak.

Ik dank U voor Uw aandacht.

1. L.E. den Dooren de Jong, Beyerinck, The Man. In: M.W. Beyerinck, Verzamelde Geschriften (Delft, 1940), VI, pag. 1-47.
2. Idem, pag. 191.
3. Natuurwetenschappelijk Gezelschap te Wageningen. Jaarverslag over het seizoen 1916-1917, (Wageningen, 1917), pag. 5. Vgl. H.K. Roessingh, Schets van het ontstaan van de Landbouwhogeschool te Wageningen. Van gemeentelijke landbouwschool in 1873 tot landbouwhogeschool in 1918. Bijdragen en mededelingen van de vereniging 'Gelre' 68 (1974/75)173-194.
4. Wageningen als woon- en studiestad. Uitgegeven onder redactie van haren voorzitter door de Vereeniging voor Vreemdelingenverkeer 1928, pag. 150.
5. Verhandelingen van het Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen 1(1781), pag. I.
6. B. Bosma, Gronden der Natuurkunde (Amsterdam, 1764), pag. V.
7. J.A. Nollet, Natuurkundige Lessen, door proefneemingen bevestigd (Amsterdam, 6 delen, 1759-1769). Eerste deel, eerste stukje, pag. XII.
8. H.A.M. Snelders, De beoefening van de natuurkunde door de gegoede burgerij uit de achttiende eeuw. Documentatieblad Werkgroep 18^e eeuw, no. 31-32 (1976), pag. 3-24 en Das Studium der Physik und

- Chemie in den Niederlanden im achtzehnten Jahrhundert. Wissenschaftliche Beiträge der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 1978, pag. 207-225.
9. P. van Musschenbroek, Beginselen der Natuurkunde. Beschreven ten dienste der landgenooten (Leiden, 1736), Voorrede.
 10. P. van Musschenbroek, Beginsels der Natuurkunde. Beschreeven ten dienste der landgenooten (Leiden, 1739²), Voorrede.
 11. R. Hooykaas, Rede en ervaring in de natuurwetenschap der XVIII^{de} eeuw (Loosduinen, 1946); idem, De natuurwetenschappen in de "eeuw der genootschappen". In: NG 200. Natuurkundig Gezelschap te Utrecht 1777-1977 (Utrecht, 1977), pag. 11-38; T. Dekker, De popularisering der natuurwetenschap in Nederland in de achttiende eeuw. Geloof en Wetenschap 53(1955)173-188; J. Bots, Tussen Descartes en Darwin. Geloof en natuurwetenschap in de 18e eeuw in Nederland (Assen, 1972).
 12. P. van Musschenbroek, ref. 10.
 13. De gouden medaille werd in 1779 toegekend aan J. van Heukelom, de zilveren aan W. Koopman. Zie verhandelingen van het Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen 1(1781) 1-132 resp. 133-206.

14. De dubbele gouden medaille werd in 1783 toegekend aan W. van Barneveld en J.F. Muller. Het bekroonde antwoord werd gepubliceerd in de Verhandelingen 3(1785)3-189.
15. R. Hooykaas, De Geschiedenis der Natuurwetenschappen. In: Scientia. Handboek voor Wetenschap, Kunst en Religie (Zeist, 1959²), III, pag. 405-436. Citaat pag. 405.
16. H.A.M. Snelders, De ontdekking van de magnetische werking van de elektrische stroom door Oersted (1820). Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde 38(1972)97-100.
17. H.A.M. Snelders, Romanticism and 'Naturphilosophie' and the Inorganic Natural Sciences 1797-1840. An Introductory Survey. Studies in Romanticism 9 (1970)193-205; De invloed van Kant, de romantiek en de 'Naturphilosophie' op de anorganische natuurwetenschappen in Duitsland. Dissertatie Rijksuniversiteit Utrecht, 1973.
18. Briefe von Alexander von Humboldt an Varnhagen von Ense aus dem Jahren 1827 bis 1858 (Leipzig, 1860⁴), pag. 90 (brief van 28 april 1841). Vgl. H.A.M. Snelders, De houding van Alexander von Humboldt tegenover de filosofie van Kant en Schelling. Scientiarum Historia 11(1969)17-37.
19. J. Liebig (1852), Reden und Abhandlungen (Leipzig, 1874), pag. 163.

20. H.A.M. Snelders, De organische synthese in de negentiende eeuw. Chemisch Weekblad 71(1975), no. 35, pag. 13-17.
21. T.S. Kuhn, International Encyclopedia of the Social Sciences. Volume XIV(1968),76.
22. M.J.S. Rudwick, The history of the natural sciences as cultural history. Inaugurele rede Vrije Universiteit 1975, pag. 7.
23. S.G. Kohlstedt, The nineteenth century amateur tradition: The case of the Boston Society of Natural History. Boston Studies in the Philosophy of Science. Volume 33(1976)170-190, i.h.b. 173.
24. G. Basalla, Observations on the present status of history of science in the United States. Isis 66 (1975), 467-470, i.h.b. 468.
25. R. MacLeod, Changing perspectives in the social history of science. In: Science, Technology and Society, Edited by I. Spiegel-Rösing and D. de Solla Price (London, Beverley Hills, 1977), pag. 149-195.
26. H.A.M. Snelders, De invloed... (ref. 17), pag. 202-204.
27. J. Liebig, Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 23(1890)820-821: "Es war damals in der Chemie eine recht elende Zeit in Deutschland".

28. Twintig jaar later (1840) drukte hij zich over deze periode van zijn leven bijzonder negatief uit: "Auch ich habe diese an Worten und Ideen so reiche, an wahren Wissen und gediegenen Studien so arme Periode durchlebt, sie hat mich um zwei kostbare Jahre meines Lebens gebracht; ich kann den Schreck und das Entsetzen nicht schildern, als ich aus diesem Taumel zum Bewusstsein erwachte". Reden und Abhandlungen (Leipzig, 1874), pag. 34 voetnoot.
29. "Was in den französischen Vorträgen am meisten auf mich wirkte, war die innere Wahrheit derselben, und die sorgfältige Vermeidung alles Scheines in den Erklärungen; es war der vollständigste Gegensatz der deutschen Vorträge, in welchen durch das Ueberwiegen des deductiven Verfahrens die ganze wissenschaftliche Lehre ihre feste Zimmerung verloren hatte" (Berichte...23(1890) 824).
30. J. Volhard, Justus von Liebig (Leipzig, 1909), I, pag. 134.
31. H.W. Dickinson, James Watt. Craftman and Engineer (Cambridge, 1936), pag. 157.
32. F. Knight, The strange case of Thomas Walker. Ten Years of the Life of a Manchester Radical (London, 1957), pag. 22. (Brief van 22 januari 1790 van Cooper aan Watt's zoon).

33. J. Liebig, Chemische Briefe (Heidelberg, 1844), pag. IV.
34. Idem, pag. I.
35. R. Hooykaas, Scientia (ref. 15), pag. 406.
36. E.J. Dijksterhuis, Doel en methode van de geschiedenis der exacte wetenschappen (Amsterdam, 1959), pag. 13.
37. Idem, pag. 9.
38. R. Hooykaas, Scientia (ref. 15), pag. 420.
39. R. Hooykaas, Geschiedenis der Natuurwetenschappen. Van Babel tot Bohr (Utrecht, 1971, 1976²), pag. 11.
40. M. Faraday, On the possible relation of gravity to electricity, Philosophical Transactions 1851, pag. 1-6. Citaat op pag. 1.