

Prof.dr. G.W. Canters

Chemie: het einde



Universiteit
Leiden

Bij ons leer je de wereld kennen

Chemie: het einde

Rede uitgesproken door

prof.dr. G.W. Canters

ter gelegenheid van zijn afscheid als hoogleraar in de

Biofysische Chemie

aan de Universiteit Leiden

op vrijdag 16 oktober 2015



Universiteit
Leiden

Inleiding

Mijn voordracht van vanmiddag is een afscheidscollege. En bij een afscheid is het verleidelijk om terug te kijken, maar natuurwetenschappers houden daar niet van. Zij kijken vooruit en vragen: wat is er aan nieuws te ontdekken en waar liggen de grote uitdagingen? Reeds verworven kennis kun je in didactisch verantwoorde vorm op Wikipedia of in de leerboeken naslaan. Hoe die kennis tot stand is gekomen, welke onnodig ingewikkelde paden daarbij zijn bewandeld, wat de historische details zijn geweest, het is allemaal niet interessant. Toch wil ik hier voor één keer een lans breken voor een historische benadering van mijn vak en ik weet mij daarbij gesteund door de wijsheid van de antieken; ik citeer:

“Niet weten wat er voor je geboorte is gebeurd is altijd een kind blijven. Want wat is een mensenleven waard tenzij het met het leven van onze voorouders wordt verweven door de annalen van de geschiedenis?”¹

Ik breng daarmee ook mijn vader in herinnering die als historicus zijn kinderen voorhield dat voorbereiding op de toekomst een goed begrip van het verleden vereist.

Terugkijken op de ontwikkeling van de natuurwetenschappen kan op twee manieren. De eerste is de “interne benadering”, die inhoudt dat men nagaat hoe de ene ontdekking leidde tot de volgende om zo stap voor stap te reconstrueren hoe het hele bouwwerk van de natuurwetenschap is ontstaan. Daarbij blijft de maatschappelijke context buiten beschouwing. De natuurwetenschap volgt in haar ontwikkeling haar eigen interne logica en kennis van die logica is voldoende om haar geschiedenis te begrijpen, aldus deze opvatting.

De tweede manier staat bekend als de “externe benadering”. Die houdt in dat men de ontwikkeling van de natuurweten-

schappen probeert te verklaren door te kijken naar de vragen die vanuit de maatschappij gesteld worden. Christaan Huygens bijvoorbeeld construeert in de 17^e eeuw het slingeruurwerk om aan de groeiende vraag naar betere navigatie op zee tegemoet te komen. Hij moest daarvoor tegelijkertijd nieuwe wetenschappelijke concepten en technieken ontwikkelen.

Ik zal betogen dat de chemie na ruim tweeduizend jaar het eindpunt heeft bereikt van haar interne ontwikkeling: “Chemie: het einde”. Tegelijkertijd laat de externe geschiedenis van de chemie zien dat de maatschappij in de loop van de tijd in toenemende mate behoefte krijgt aan natuurwetenschappelijke expertise en de neiging ontwikkelt om de groei van de natuurwetenschappen direct te sturen in de door haar gewenste richting. Het betekent dat de chemie een periode tegemoet gaat waarin ze zich grondig zal moeten heroriënteren. Ik zal daar tegen het eind van mijn voordracht op terugkomen.

Eén aspect heb ik nog niet genoemd. Wetenschap is mensenwerk, het resultaat van bloed, zweet en tranen, van emoties, vreugde en teleurstellingen. Dat aspect van het wetenschapsbedrijf wordt door natuurwetenschappers graag genegeerd; gevoelens, emoties, ze vallen buiten hun referentiekader. Maar interne en externe geschiedenis komen samen in de persoon van de onderzoeker en die mag niet uit het zicht verdwijnen. Ik begin daarom met dat persoonlijke aspect.

Persoonlijk perspectief

Toen ik mij als net 17-jarige inschreef aan de Amsterdamse universiteit was dat niet als student in de chemie maar in de biologie. Die voorkeur had niets te maken met mijn middelbare-schoolervaringen, maar alles met de boekjes van Heijmans en Thijssen², twee onderwijzers die in de eerste twee decennia van de 20^e eeuw pakkend en romantisch schreven over de Nederlandse natuur. Ik voelde mij als scholier zeer aangesproken.

Maar de studie biologie werd een teleurstelling, niet alleen omdat de moleculaire basis van wat we leerden in nevelen gehuld

bleef, maar vooral door de totale mislukking van mijn inspanningen op het chemisch practicum voor biologen. Ik had de stellige overtuiging dat het niet aan mij lag, en trok uiteindelijk de consequentie door van studierichting te veranderen. Het werd scheikunde. Een fascinerende wereld ging open. Ik had het geluk dat het scheikundig practicum dat we gedurende twee jaar bijna elke middag volgden, nog een klassieke inslag had. Naar mijn gevoel betrad ik een universum waarin de kennis en ervaring van twee duizend jaar alchemie waren opgeslagen. Carl Jung heeft eens opgemerkt dat “*de alchemist op het geheim, dat hij tot klaarheid wenste te brengen, een ander geheim projecteerde, nl. zijn onbekende psychische achtergrond*”.³ Misschien was dat het wel wat mij zo aantrok in de chemie.

Ons dagelijks spraakgebruik herinnert nog steeds aan de bijzondere plaats die de chemie in onze beleving inneemt. Luister bijvoorbeeld naar Louis van Gaal over het Nederlands elftal: “*Die spelers moeten samen een chemie vormen. En die chemie wordt versterkt door een open lijn tussen spelers, trainers en staf*”.⁴ Of uit een recensie over een film met Michael Douglas en Diane Keaton: “*Zij speelt het leuk, hij ook trouwens, er is een zekere chemie*”.^{5,6} Vervang chemie door een andere discipline en je ziet wat een uitzonderlijke plaats de chemie inneemt in ons dagelijks taalgebruik. “*Zij speelt het leuk, hij ook trouwens, er is een zekere natuurkunde*”. Ik laat de ‘petite histoire’ nu verder voor wat ze is en stap over naar de ontwikkeling van de chemie als wetenschappelijke discipline, de interne geschiedenis van het vak dus.

Interne geschiedenis: van Alchemie naar Chemie

Die band tussen chemie en persoonlijke levenssfeer gaat terug tot de antieke Oudheid. In de eerste drie eeuwen van onze jaartelling ontstond in Alexandrië de alchemie als een verbinding tussen de praktische kunde van de ambachtsman en elementen uit de Hellenistische filosofie, de Mesopotamische astrologie en de Egyptische mystiek. De alchemisten leefden met het idee dat de dagelijkse werkelijkheid een afspiegeling was van de macrokosmos waarin een streven naar volmaaktheid en

harmonie heerste. De ons omringende werkelijkheid kon door opeenvolgende transmutaties langzaam maar zeker die staat van harmonie bereiken en de alchemie leverde daarvoor de recepten en technieken. Het ideale hulpmiddel daarvoor was de steen der wijzen, waarmee onedele metalen in goud getransformeerd konden worden en de mens de onsterfelijkheid zou kunnen verwerven.^{7,8,9}

Dat klinkt ons nu naïef in de oren, maar het is bij nadere beschouwing nog steeds wat van de hedendaagse chemicus verwacht wordt. Niet alleen moet de chemie welvaart en rijkdom brengen (de minister spreekt onomwonden van “Kenniss, Kunde, Kassa”) [wonderlijk toch, hoe Nederlanders een talent lijken te hebben om alles want met kunst en wetenschap te maken heeft te vatten in het lompe jargon van een ordinaire duitenpletter] maar er is behoefte aan meer. In de DWDD uitzending van 12 maart vertelt Katja Schuurman welke vraag zij graag op de Wetenschapsagenda geplaatst zou zien; namelijk, kan de wetenschap ons in de toekomst onsterfelijkheid geven en duurt dat nog lang?

Er wordt wel eens geringschattend gedaan over de alchemie. Ten onrechte. De alchemisten gaven de eerste aanzet tot een theorie waarmee greep op en begrip van de verbijsterende veelheid van verschijnselen die hen omringden, verkregen kon worden. Met de technieken die ze in de loop van de tijd ontwikkelden en de kennis die ze verzamelden (denk bijvoorbeeld aan de metallurgie, de kennis van een aantal chemische elementen, de technieken van destilleren en extraheren) hebben ze onmisbare bijdragen geleverd aan de ontwikkeling van de chemie.¹⁰

De claim van de alchemisten dat ze de transmutatie van de onedele metalen in zilver en goud konden bewerkstelligen, wekte op het eind van de Middeleeuwen de belangstelling en vooral de hebzucht van vorsten, prelaten en stadsbesturen. Alchemisten werden gekoesterd maar liepen tegelijk het risico als bedriegers ontmaskerd te worden. De hertog van Württemberg

had voor dit doel speciale vergulde galgen tot zijn beschikking waaraan falende alchemisten gehuld in een goudkleurig gewaad, opgehangen konden worden.¹¹ Tegenwoordig leven we in een tijd van valorisatie, d.w.z. als een onderzoeker fondsen nodig heeft moet hij van te voren aangeven wat voor nuttige opbrengsten hij/zij voorziet van zijn/haar onderzoek. Als die niet geloofwaardig overkomen dan hangt de onderzoeker. De hertog van Württemberg praktiseerde dus eigenlijk een premoderne vorm van valorisatie.

Op den duur verloor de alchemie haar geloofwaardigheid.^{12,13} In Boerhaave's tijd (begin 18^e eeuw) ging ze definitief ondergronds waarna ze, ontdaan van haar spirituele bovenbouw, als chemie haar bovengronds bestaan zou voortzetten, maar nu als een zuiver empirische wetenschap. Daarmee zette een ontwikkeling in die aan het eind van die eeuw een extra impuls kreeg. Het was een periode die samenviel met de Franse revolutie, maar ook met een vernieuwing van de universiteiten in Europa. Voor het eerst kreeg de chemie de ruimte om zich tot een volwaardige universitaire discipline te ontwikkelen. Ze deed dat met groot succes.¹⁴ De 19^e eeuw kan dan ook als de eeuw van de chemie worden aangemerkt.¹⁵ De fundamentele vragen over de opbouw van de materie en de vraag naar de wetten die chemische reacties beheersen werden één voor één beantwoord.

Er bleef eigenlijk maar één fundamenteel probleem over. Goethe had zich in zijn roman "*Die Wahlverwandtschaften*" al bezig gehouden met de aantrekkingskracht tussen de seksen naar analogie van de krachten waaraan de deeltjes in een chemische reactie onderworpen zouden zijn.¹⁶ Het leverde een prachtige roman op, maar geen enkel voor de chemie bruikbaar inzicht. Wat hield de deeltjes in een chemische verbinding bij elkaar? In het eerste kwart van de 20^e eeuw werd ook die vraag definitief beantwoord dank zij de ontwikkeling van de zgn. kwantummechanica. Dirac, één van de pioniers uit die tijd, vatte de betekenis van die nieuwe theorie samen met de uitspraak, dat "*...the whole of chemistry [is] thus completely known.*"¹⁷

Inmiddels zijn we bijna 100 jaar verder. De Nobelprijs voor de chemie is twee jaar geleden uitgereikt aan drie onderzoekers die hebben laten zien dat m.b.v. de kwantummechanica nu ook geheel nieuwe levensprocessen ontworpen en gerealiseerd kunnen worden.¹⁸ We kunnen constateren dat de fundamentele vragen waar de chemie lange tijd mee heeft geworsteld, inderdaad beantwoord zijn. De chemie is "af". Het ligt dan ook voor de hand dat van nu af aan de roep om toepassingen luider wordt. Als je alles begrijpt kun je ook alles maken, dus wordt de vraag actueel: wie mag als eerste zijn wensenlijstje inleveren? Hier begint de samenleving directe invloed te krijgen op de ontwikkeling van de natuurwetenschappen. We verplaatsen daarom onze aandacht van de interne naar de externe geschiedenis van de chemie die ik voor het gemak verdeel in vier elkaar gedeeltelijk overlappende periodes: van middeleeuwen tot 1810, 1810-1918, 1918-1970 en 1970 tot nu.

Externe geschiedenis: van middeleeuwen tot Restauratie

We zagen al dat in de Middeleeuwen de hebzucht van koningen en keizers de ontwikkeling van de alchemie in een richting duwde die weinig vruchtbaar was. Men wilde goud en de alchemisten bezweken voor de verleiding om beloftes te doen die ze niet na konden komen, met desastreuze gevolgen voor hun gezondheid en voor de schatkist van hun opdrachtgevers. Het interessante is nu dat rond 1800 een tendens in omgekeerde richting ontstond.

Na de napoleontische oorlogen moest Europa opnieuw ingedeeld worden (tijd van de Restauratie) en de beginnende natievorming maakte de inrichting en instandhouding van de universiteit een staatszaak. Als reactie op het rationalisme van de Verlichting kreeg de nieuwe universiteit een missie die aansloot bij de opkomende romantiek. De Humboldt universiteit in Berlijn, gesticht in 1810, stond in zekere zin model voor de inrichting van de Nederlandse universiteiten. Bildung, een woord dat op dit moment in de mode is in Nederland maar zonder nadere definitie een anachronisme is¹⁹, stond in het universitaire onderwijs centraal.²⁰ De socioloog Helmut Schels-

ky heeft uitgelegd waar het oorspronkelijke begrip Bildung om draaide,²¹ namelijk de eigen zedelijke en culturele vorming van het individu met het doel een tijdloos ideaalbeeld van de persoon te verwezenlijken zoals ook wetenschap draait om kennis van het tijdloze. Daarbij gaat het om “zuivere wetenschap”, die boven elke toepassing verheven is en los staat van de dagelijkse praktijk. In de kunsten openbaart zich eenzelfde tendens.²² De kunstenaar diende zich afzijdig te houden van de maatschappij en zich op een zolderkamertje te wijden aan zuivere kunst (“l’art pour l’art”). Dit romantische ideaal heeft een eeuw lang stand gehouden en werkt door tot in onze tijd (zie bijvoorbeeld de roep om ‘waardevrije wetenschap’).

U ziet hoe ver dit ideaal en het begrip “Bildung” afstaan van de nu heersende opvatting over wetenschap en maatschappij. Op dit moment staan politiek en bedrijfsleven juist een sterke koppeling tussen die twee voor. Interessant is dat die ontkoppeling van wetenschap en maatschappij in de 19^e eeuw tot een geweldige bloei van de natuurwetenschappen geleid heeft, die in een volgende fase tevens van groot economisch nut zou blijken te zijn. Ik geef één voorbeeld, daarmee tegelijkertijd de ontwikkelingen in de 19^e eeuw illustrerend.

Externe geschiedenis: Romantiek en Modernisme

Op 30 augustus 1898 spreekt Sir William Crookes de jaarvergadering toe van de British Association for the Advancement of Science.²³ Net als de Club van Rome ruim een halve eeuw later, heeft hij een alarmerende boodschap. Op niet al te lange termijn zal de chilisalpeter, die uit Chili geïmporteerd wordt als kunstmest voor de Britse landbouw, uitgeput raken. Honger zal het gevolg zijn. Hij voorziet maar één oplossing:

“It is the chemist who must come to the rescue of the threatened communities. It is through the laboratory that starvation may ultimately be turned into plenty”.

In die tijd was er absoluut geen aanleiding om aan te nemen dat een oplossing in de door Crookes gewezen richting binnen

handbereik lag. Niettemin kwam de redding waar hij op hoopte, 10 jaar later inderdaad van de chemie. In 1909 slaagde Fritz Haber (1868-1934), op dat moment hoogleraar in Karlsruhe, erin om ammoniak te bereiden uit stikstof en waterstof²⁴, dat daarna als grondstof voor de productie van kunstmest gebruikt kon worden.

Dit verhaal illustreert hoe een wetenschappelijke ontwikkeling, tot stand gekomen dankzij de nieuwsgierigheid en gedrevenheid van wetenschappelijke onderzoekers, onverwachte en zeer bruikbare resultaten voor de maatschappij kan opleveren. Het 19^e-eeuwse ideaal van de zuivere wetenschap bleek dus niet alleen voor de wetenschap zelf maar ook voor de maatschappij buitengewoon vruchtbaar.

Het succes van Haber heeft later overigens om meer dan één reden gemengde gevoelens opgeroepen. De Nobelprijs, die hem in 1920 voor zijn werk aan de ammoniaksynthese werd toegekend, was omstreden. Ten eerste had zijn vinding ook de bereiding van salpeterzuur, nodig voor de productie van explosieven, mogelijk gemaakt waardoor Duitsland in staat was geweest de oorlog extra lang vol te houden. Daarnaast had hij zich in 1914/15 met grote hardnekkigheid beijverd bij het oppercommando van de Duitse Wehrmacht om gifgassen in te zetten aan het oorlogsfront. Met de op zijn initiatief in april 1915 uitgevoerde aanval bij Yperen was de gasoorlog een feit. In 1933 zag hij zich genoodzaakt zijn prestigieuze directeurschap van de Kaiser Wilhelm Gesellschaft neer te leggen nadat hem door de Nazi's in toenemende mate het leven onmogelijk was gemaakt vanwege zijn Joodse afkomst. Op doorreis naar Israël, stierf hij in 1934 in Zwitserland. Het tijdperk van de zuivere en waardevrije wetenschap was voorgoed voorbij.²⁵

Externe geschiedenis: 20^e eeuw tot 1970

Begin 20^e eeuw groeide het besef dat in plaats van loze beloftes te doen, de natuurwetenschappers hun beloftes nu konden waarmaken. Daarmee veranderde er iets in de relatie tussen wetenschap en maatschappij. Eén voorbeeld om dat te illustreren.

In 1912 was de jonge fysicus Ehrenfest naar Leiden gehaald om Lorentz als hoogleraar op te volgen.²⁶ Hij was opgevoerd in de 19^e-eeuwse Europese traditie en ervan overtuigd, dat de universiteit de plaats was waar de zuivere, fundamentele wetenschap thuis hoorde. Maar op zijn reizen door de VS had hij gezien hoe vruchtbaar de samenwerking tussen universitaire en industriële onderzoekers kon zijn en hoe ze het maatschappelijke draagvlak voor de wetenschap kon vergroten. Industrieel onderzoek en toepassingsgericht onderzoek moesten in Ehrenfest's optiek echter in een andere setting dan de universiteit uitgevoerd worden en daarom ijverde hij voor een apart instituut om de samenwerking tussen industrie en universiteit vorm te geven.²⁷ Zo kwam in 1932 de organisatie voor toegepast natuurwetenschappelijk onderzoek (TNO) tot stand die nog steeds een belangrijk en succesrijk intermediair vormt tussen wetenschap en industrie, maar die als zelfstandige organisatie los staat van universiteit en bedrijfsleven.

Vlak na de tweede wereldoorlog kreeg het natuurwetenschappelijk onderzoek aan de universiteiten een nieuwe impuls.²⁸ Vannevar Bush bood in 1945 zijn rapport "*Science, The Endless Frontier*" aan de Amerikaanse president aan. Zijn pleidooi was eenvoudig: geef onderzoekers royaal de middelen en de rust om hun nieuwsgierigheid te volgen en vroeg of laat dienen de innovaties en de toepassingen zich vanzelf aan. Het advies vond ruime weerklank eerst in de VS, later in Europa. In Nederland vormde de oprichting in 1950 van de organisatie voor zuiver wetenschappelijk onderzoek (ZWO) een eerste aanzet daartoe. De overheid stelde budget ter beschikking en ZWO gebruikte dat om onderzoeksprojecten te bekostigen met wetenschappelijke kwaliteit als criterium.

Was tot dan toe het universitaire onderzoek bekostigd uit de universitaire begrotingen, nu werd een tweede financieringskanaal opengesteld. Het voordeel voor de onderzoeker was dat deze bij de nieuwe financieringsvorm niet meer afhankelijk was van de universitaire bureaucratie. De keerzijde van deze ontwikkeling was dat de universiteit haar eerstgeboorterecht

uit handen gaf. Er ontstond immers een onafhankelijke financieringsbron voor universitair wetenschappelijk onderzoek en daarmee in principe de mogelijkheid om dit onderzoek extern te sturen. Naarmate in de loop van de tijd de fondsen voor onderzoek schaarser zouden worden zou daarmee ook het systeem van onderlinge competitie ontstaan waarvan we nu de uitwassen zien.

Externe geschiedenis: vanaf 1970 tot heden

Ik besluit dit overzicht van de externe geschiedenis met de periode vanaf 1970 tot nu. Aanvankelijk was er van een tekort aan fondsen weinig te merken.²⁹ Maar begin jaren '70 vond er een geleidelijke omslag plaats in het overheidsbeleid. De plannen voor de modernisering van de universiteit begonnen, mede onder druk van het toenemend aantal studenten, vastere vormen aan te nemen.³⁰ Het bedrijfsleven besloot omstreeks 1970 zijn eigen laboratoria voor fundamenteel en toepassingsgericht onderzoek af te bouwen. Vanaf ongeveer 1980 begon men dan ook om te kijken naar mogelijkheden om universitaire onderzoekers directer te betrekken bij industrieel onderzoek.

Er kwamen initiatieven van de grond om de wisselwerking tussen bedrijfsleven en universiteit te faciliteren³¹, maar het leidde niet tot algemene tevredenheid onder ondernemers. Jacques Schraven, voorzitter van het verbond van Nederlandse ondernemers (VNO) laat in 2002 noteren: "[de] universiteiten moeten nu eindelijk eens gaan samenwerken met het bedrijfsleven.de overheid [moet] instellingen die liever op een eiland zitten maar dwingen"³² Ondernemer Bert Jan Lommerts, bestuurslid van NWO-Chemische Wetenschappen: "Alleen al het wóórd fundamenteel, daar wordt een ondernemer allergisch van. Het lijkt lijnrecht te staan tegenover ondernemerschap"³³ En tenslotte nogmaals het VNO ditmaal bij monde van Bernard Wientjes in 2012: "Het departement van OCW zou [...] feitelijk ontmanteld moeten worden.de gouden driehoek wetenschap-overheid -bedrijfsleven [moet] in één hand komen: EL&I", d.w.z. het ministerie van economische zaken.³⁴ Een latere staatsse-

cretaris is het daar wel mee eens: “*het kabinet [streeft] bewust verwevenheid van de wetenschappelijke onderzoekswereld met het bedrijfsleven na*”. Hij zet “*in op het versterken van de ‘ondernemende’ onderzoeker*”^{35,36}

In 2011 kondigt de minister van EZ zijn plannen aan tot oprichting van negen topsectoren waarin de samenwerking tussen bedrijfsleven, overheid en kennisinstellingen concreet gestalte moet krijgen. Eén ervan is de topsector chemie. De Nederlandse Wetenschapsorganisatie (NWO), die een groot deel van het vrije universitaire onderzoek financiert, wordt geacht hiervoor ongeveer een derde (€ 275 miljoen) van haar totale budget (€625 miljoen) vrij te maken, ten koste van de ruimte die beschikbaar is voor het ongebonden, vrije onderzoek.

Belang van vrij onderzoek

Na met zevenmijlslaarzen door de geschiedenis van de chemie te zijn gestapt kunnen we nu de balans opmaken. De chemie is “af”. Dat is één. De fundamenteën van het vak zijn in kaart gebracht en er zijn geen vragen meer die de essentie van de chemie als discipline raken. Vervolgens zien we dat de maatschappij, in het bijzonder overheid en bedrijfsleven, vinden dat de chemie zich nu op toepassingen zou moeten richten. Het vrije onderzoek kan op z’n minst gedeeltelijk, maar misschien wel helemaal afgebouwd worden. Is er eigenlijk nog wel een rol voor het vrije onderzoek weggelegd?

Er zitten op zijn minst twee kanten aan het vrije of zuiver-wetenschappelijke onderzoek. De ene betreft de grondslagen van een discipline. De andere betreft de ontwikkeling van nieuwe technieken en het verkennen van nieuwe terreinen van onderzoek. In de chemie gaat het nu vooral om die tweede component. Dat van de chemie de fundamenteën in kaart gebracht zijn betekent niet dat de tweede component daardoor minder belangrijk is geworden. Nieuwe technieken ontwikkelen, nieuwe onderzoeksgebieden verkennen, het blijft van cruciaal belang voor de verdere ontwikkeling van het vakgebied. Toepassingen komen vaak toevallig tot stand op basis van resultaten van het

vrije onderzoek. Dus ook voor toepassingen is het vrije onderzoek van cruciaal belang. Ik geef een paar voorbeelden:

- de ontwikkeling van de ammoniaksynthese rond 1900 noemde ik hierboven al. Deze was nauw verbonden met de zuiver-wetenschappelijke discussies in die tijd over het verloop van chemische reacties in de gasfase;
- toen in 1946 de kernspinresonantie (NMR) werd ontdekt (resultaat van zuiver wetenschappelijk onderzoek) was er niemand die op dat moment er iets meer dan een interessante curiositeit in zag. Tegenwoordig is Magnetic Resonance Imaging (MRI) niet meer weg te denken uit het arsenaal van diagnostische technieken in het ziekenhuis;
- twintig jaar van vrij onderzoek naar de moleculaire drager van erfelijke eigenschappen mondde in 1953 uit in de ontdekking van de structuur van het DNA. Niemand kon toen voorzien dat die kennis ooit nog eens toegepast zou worden in o.m. de zaadveredeling en het kankeronderzoek;
- onderzoekers in Oxford onder leiding van Allen Hill ontdekten begin jaren '80 een eiwit dat reageert met glucose en daarbij een elektrisch stroompje produceert. Dit resultaat van vrij onderzoek vormde de basis voor de ontwikkeling van de glucosesensor, die nu inmiddels door miljoenen diabetespatiënten gebruikt wordt om hun bloedsuikerspiegel in de gaten te houden.

De boodschap is simpel. Wie geld weghaalt bij het vrije onderzoek en met dat geld toepassingsgericht onderzoek wil stimuleren mikt op korte-termijn succes ten koste van het veel belangrijker succes op lange termijn.

Aanzien van de natuurwetenschappen

Bezien we de ontwikkelingen van de laatste honderd jaar in ruimer perspectief dan valt op dat het maatschappelijk aanzien van de natuurwetenschappen gestaag groeide.³⁷ Inmiddels zijn de β -wetenschappen (wiskunde, natuur- en scheikunde, biochemie, biologie, en biomedische wetenschappen) op een bijna onaantastbaar voetstuk komen te staan. Het karakter van onze

samenleving is er beslissend door beïnvloed. Schelsky spreekt van de “*Verwissenschaftlichung*” van onze maatschappij.³⁸ Francis Fukuyama beschouwt “*modern natural science as the regulator or mechanism to explain the directionality and coherence of History*.”^{39,40}

De prominente aandacht voor en het gegroeide prestige van de natuurwetenschappen hadden ook gevolgen voor de universiteit. Binnen de geesteswetenschappen begon men zich af te vragen waarom niemand indertijd had ingezien dat de jonge faculteit die zo gastvrij was binnengehaald, zich zou ontwikkelen tot een koekoeksjong. Huizinga spreekt van

*“de verwonderlijke ontplooiing der natuurwetenschappen in de negentiende eeuw [die] gaandeweg het begrip van wetenschap in het algemeen zo sterk was gaan beheersen, dat op een gegeven ogenblik de geschiedkundigen zelf, half onbewust onder dien machtigen invloed geraakt, zich moesten afvragen: maar verdient een vak, dat [...] zo sterk afwijkt van de natuurwetenschappen, inderdaad nog de naam van wetenschap?”*⁴¹

Inmiddels is God verdwenen uit Leiden; de Leidse universiteit, eens gesticht om predikanten op te leiden, is haar theologische faculteit, de oudste van het land, kwijt. De overgebleven geesteswetenschappen vechten voor hun bestaan. Het korset van de natuurwetenschappen knelt. Van een universiteit waar het onderricht in de humaniora een belangrijke plaats innam in het curriculum is ze veranderd in een “research universiteit” waarin excellentie het centrale criterium is en scorelijstjes de onderlinge pikorde bepalen.

Wat is er over van de inspiratie die rond 1800 tot de vernieuwing van de universiteiten leidde? Bildung was 200 jaar geleden een sleutelbegrip. Nu kan het, tenzij we het opnieuw definiëren, beter bijgezet worden in het museum van filosofische oudheden. De opkomende natievorming was een bron van inspiratie. Nu, twee honderd jaar en twee wereldoorlogen

verder, heeft natievorming in Europa afgedaan als richtsnoer voor de inrichting van het hoger onderwijs. Bij de aanvang van de Romantiek diende de wetenschap zich verre te houden van de maatschappij. Nu rammelt diezelfde maatschappij aan de poorten van de universiteit en vraagt naar maatschappelijke relevantie. Door de voortdurende wedijver om subsidies dreigt het onderwijs te verschromelen. Max Weber schreef al in 1917 in zijn beroemd geworden essay “*Wissenschaft als Beruf*”: “*Zowel innerlijk als uiterlijk is de oude universiteit een fictie geworden*.”⁴² Bill Readings spreekt van een “*University in ruins*”.²²

Toekomst

Kortom, de universiteit is aan groot onderhoud toe. Daarbij dienen zich een aantal vragen aan. Ten eerste: wat worden we geacht de studenten te onderwijzen? Moeten we ze vakken-nis bijbrengen, moeten we met het maxime “Kenniss, Kunde, Kassa” het primaat van de economie verkondigen of moeten we ze trainen in kritisch en onafhankelijk denken zodat ze als staatsburger een bijdrage kunnen leveren aan het functioneren van onze maatschappelijke en politieke instellingen? Moeten we ze voorbereiden op een toekomstig verenigd Europa waarin ‘diversity’ een kernwaarde aan het worden is?⁴³ Binnen de EU groeit de scepsis over het project-Europa, maar buitenstaanders kijken naar ons met verwachting en hoop. De Syrische vluchteling die op een Grieks eiland aan wal strompelt en de beroerde vluchtelingenopvang ziet, zegt niet: “is dit nou Griekenland?”, hij zegt: “Is dit nu Europa?”. Als ik mijn collega’s in de VS bezoek, vragen ze niet “hoe gaat het in Nederland?”, ze vragen “wat gebeurt er in Europa?”.

Ten tweede: Hoe moeten we omgaan met de aandrang om studierichtingen af te schaffen wanneer ze niet meer ‘rendabel’ zijn? Moeten we bijvoorbeeld bezuinigen op de geesteswetenschappen? Juist op het moment dat we ze steeds slechter kunnen missen?⁴⁴ Immers, naarmate de wetenschap directer en intensiever verweven raakt met maatschappelijke processen wordt het moeilijker om vol te houden dat wetenschapsbeoefening in essentie waardevrij is en hoort te zijn. Ethische

en morele vragen, kwesties van persoonlijke en institutionele verantwoordelijkheid gaan een rol spelen.⁴⁵ Hoe gaan we daarmee om? We kunnen de humaniora niet missen.

Er is nog een andere reden om niet-rendabele disciplines niet zo maar weg te bezuinigen. Nieuwsgierigheid is onverbreekelijk verbonden met de menselijke natuur. Het zien van de sterrenhemel prikkelt tot het stellen van vragen over het heelal. Modern DNA onderzoek gecombineerd met vergelijkende taalwetenschap maakt ons nieuwsgierig naar onze evolutionaire oorsprong en naar wat de wetenschap ons daarover kan leren. In dat opzicht zijn de wetenschappen vergelijkbaar met de kunsten. Ze prikkelen de fantasie en vergroten de speelruimte voor de geest. Of, in de woorden van de Zuid-Afrikaanse Nobelprijswinnaar JM Coetzee

10 *“... We need institutions where teachers and students can pursue unconstrained the life of the mind because such institutions are, in ways that are difficult to pin down, good for all of us: good for the individual and good for society.”*⁴⁶

In de derde plaats: Hoe gaan we om met de eis om onderzoek van topkwaliteit te leveren? Het denkbeeld is geopperd om een soort ‘University of The Netherlands’ op te zetten door de toppen van het Nederlandse onderzoek zo gelijkmatig mogelijk over het land te verspreiden. Samen zouden ze dan één megatop vormen die zich zou kunnen meten met buitenlandse topuniversiteiten.⁴⁷ Er zijn mij geen voorbeelden van zo’n constructie bekend uit het buitenland. Integendeel bijna overal elders verenigt een topinstelling de beste specialisten van een land juist onder één dak. Ik denk verder aan de sectorplannen voor de natuur- en scheikunde, waarin staat welke universiteit welk specialisme via welke hoogleraarsbenoeming mag vestigen of continueren. Op deze manier, is het idee, worden dublures voorkomen en wordt het hele veld van deze disciplines zo goed mogelijk afgedekt in Nederland.⁴⁸ De ervaringen met eerdere pogingen in deze richting in het buitenland stemmen echter niet hoopvol.⁴⁹

Tenslotte. Is het topsectorenbeleid wel zo’n goed instrument om de samenwerking tussen industrie en universiteit te bevorderen? Dit beleid stoelt op het idee dat een flink deel van het geld dat door de overheid was bestemd voor zuiver wetenschappelijk onderzoek, beter ingezet kan worden voor projecten waar het bedrijfsleven een vinger in de pap heeft. De industrie lijkt over het algemeen redelijk tevreden met deze opzet maar universitaire onderzoekers hebben gemengde gevoelens. Die laatsten ervaren het gedeeltelijk verlies aan zelfstandigheid en autonomie als een bedreiging van hun professionele identiteit. Ze worden geacht zich te houden aan normen die op deze manier in het gedrang komen. Bijvoorbeeld: eigenbelang of groepsbelang hoort geen rol te spelen in het wetenschappelijk onderzoek. Of: de resultaten van wetenschappelijk onderzoek horen voor iedereen vrij beschikbaar te zijn.⁵⁰ Dat het publiek meer vertrouwen heeft in de wetenschap dan bijvoorbeeld in de politiek of het bedrijfsleven⁵¹ komt doordat men nog steeds het gevoel heeft dat wetenschappers zich aan deze zgn. CU-DOS normen van Merton houden⁵⁰. Dit soort regels is vaak strijdig met het bedrijfsbelang. ‘Conflict of interest’ ligt op de loer.⁵³ Vergelijkbare problemen zullen zich voordoen naarmate overheid en belangengroepen intensiever gebruik gaan maken van wetenschappelijke adviezen.

Universitaire onderzoekers stuit het ook tegen de borst wanneer anderen dan zijzelf de onderzoeksvragen bepalen. Ze weten zelf heel goed waar het front van de wetenschap ligt en wat de vragen zijn waar ze zich mee bezig zouden moeten en willen houden. Wanneer anderen die gaan bepalen komt de kwaliteit van het onderzoek in gevaar. Collega Peter Westbroek heeft bijvoorbeeld laten zien hoe de geologische wetenschap in de vorige eeuw onder invloed van het bedrijfsleven op een dood spoor kon geraken.⁵⁴

Universitair onderzoek, tenslotte, heeft een tijdshorizon die verder weg ligt dan die van een industrieel project. Universitaire en industriële onderzoekers worden bovendien gedreven door verschillende motivaties. De kans op frustraties bij dit

type samenwerking is groot. Universitaire onderzoekers dan maar dwingen, zoals dhr. Schraven voorstelde, is niet de oplossing. Het voorbeeld van TNO laat zien dat samenwerking tussen universiteit en bedrijfsleven ook op een andere manier georganiseerd kan worden dan via topsectoren.

Mag ik hier ook nog een suggestie doen aan dhr. Hans de Boer, huidige voorzitter van VNO-MKB: de totale jaarlijkse winst van het Nederlandse bedrijfsleven, buitenlandse dochters meegerekend, bedraagt na aftrek van 20% belasting 100 tot 150 miljard €. ⁵⁵ Het zou het bedrijfsleven heel veel goodwill opleveren wanneer het bijvoorbeeld 1% hiervan zou gebruiken voor het opzetten en instandhouden van een onafhankelijk fonds waaruit zuiver wetenschappelijk onderzoek gefinancierd zou kunnen worden. Eén procent van de winst betekent veel in vergelijking met het NWO-budget. Het zou bovendien een bescheiden tegenprestatie zijn tegenover de reductie in vennootschapsbelasting van 35% naar 20-25% die de laatste een à twee decennia is doorgevoerd. ⁵⁶

Economen wijzen erop dat de ruimte die het bedrijfsleven de afgelopen decennia heeft gekregen om invloed uit te oefenen op het universitaire onderzoek, samenhangt met een veranderde rol van de overheid bij het scheppen van faciliteiten voor het bedrijfsleven. Het is een verandering die eind jaren '70 op gang is gekomen en gewoonlijk geassocieerd wordt met de naam van de Engelse premier uit die dagen en het toen opkomende Neoliberalisme. Hoe we met onderwijs en onderzoek omgaan, berust uiteindelijk op politieke keuzes. Ik hoop dat wat ik vanmiddag naar voren heb gebracht ertoe mag bijdragen dat u zich de volgende keer dat u in het stembokje staat, realiseert dat u met uw stem mede beslist over wat we van onze universiteiten verlangen en over de ruimte die ze krijgen om aan die verlangens tegemoet te komen.

Toekomst: samenvatting

Laat ik de hierboven aangeroerde kwesties nog een keer puntsgewijs samenvatten.

1. Autonomie van de universiteit wat betreft de keuze van onderzoek en disciplines, met name waar het de humaniora betreft, dient m.i. gerespecteerd te worden. Daar tegenover staat de verplichting tot transparantie, verantwoording en communicatie. Het moet helder zijn hoe het geld dat naar de universiteiten gaat, besteed wordt en onderzoekers moeten bereid zijn om de dialoog met de samenleving aan te gaan.
2. Middelen die bestemd waren voor het ongebonden onderzoek, nu inzetten voor projecten waarin het bedrijfsleven participeert, is niet de manier om dat ongebonden onderzoek te stimuleren. Het ligt eerder voor de hand een grotere bijdrage van het bedrijfsleven te vragen voor de uitvoering van het topsectorenbeleid en de fondsen bestemd voor het vrije onderzoek ongemoeid te laten dan wel te verruimen.
3. In het onderwijs is verrijking van het curriculum met vakken als filosofie, ethiek en geschiedenis nodig. We zullen onze studenten moeten voorbereiden op een toekomst waarin de EU en een toenemende diversiteit van de bevolking een belangrijke rol spelen.
4. Er is in ons land geen breed gedragen en helder overheidsbeleid om topkwaliteit in onderzoek en onderwijs te realiseren. We kunnen de kunst afkijken van landen als de VS, het Verenigd Koninkrijk en Duitsland en van kleine landen als Zwitserland en Israël.

Chemie: Het Einde

Aan het eind van dit afscheidscollege blijft de vraag: Hoe zit het nu met de toekomst van de chemie? Daar kan ik kort over zijn. Juist nu de fundamentele vragen uit de chemie beantwoord zijn, staat chemici niets meer in de weg om hun kennis en vaardigheden in te zetten voor een betere wereld: voor bescherming van het milieu, het ontwikkelen van nieuwe geneesmiddelen en materialen, voor het creëren van nieuwe energiebronnen, de lijst is vrijwel eindeloos. ⁵⁷ Vroeger, wanneer we als jongens op school superlatieven tekort kwamen om aan ons enthousiasme voor iets of iemand uiting te geven bleef

ons maar één uitdrukking over: “het einde!”. Boerhaave meemoreerde in zijn afscheidsrede al hoe de chemie eens en voor al diegene in haar ban weet te houden die in de greep geraakt is van de verrukkingen die de chemie verschaft.⁵⁸ “Chemie: het einde!”

Slotwoord

Gedurende mijn loopbaan als universitair docent heb ik leren inzien hoe belangrijk datgene kan zijn wat je tijdens je opvoeding aangereikt krijgt van je opvoeders. Ik noem mijn ouders die mij een levensbeschouwelijk fundament hebben mee gegeven dat een leven lang is mee gegaan. Hun steun en stimulans ook in latere jaren zijn van grote waarde voor mij geweest. Mijn promotor, Bert de Boer heeft mij geholpen mijn eerste stappen op het pad van de wetenschap te zetten. Ook in latere fasen van mijn carrière zijn zijn adviezen voor mij buitengewoon waardevol geweest. Na mijn tijd in de Verenigde Staten heeft Joan van der Waals mij in Leiden onder zijn hoede genomen. Ik heb veel van hem geleerd. I am grateful to Allen Hill who generously provided me with hospitality in his group in Oxford and introduced me into the then new field of bioinorganic chemistry. Bij terugkomst in Leiden bood Jan Reedijk mij de gelegenheid om een nieuwe start te maken. Hij heeft mij onvoorwaardelijk gesteund op mijn weg naar het werkgroep-leiderschap en mij met raad en daad terzijde gestaan. Ik wil hier ook Leen Bosch noemen. Toen ik bij hem aanklopte om advies bood hij mij direct een plek in zijn laboratorium aan. Het betekende dat ik opnieuw practicum ging lopen ditmaal om het biochemische handwerk onder de knie te krijgen. Academiepredikant Jan Eekhof heeft mij lang geleden opgenomen in een van zijn gesprekskringen. Hij heeft niet alleen persoonlijk veel voor mij betekend, maar mij ook laten zien hoe de confrontatie tussen wetenschap en geloof niet in een onvruchtbaar twistgesprek hoeft te verzanden. Meer dan ik hier in woorden kan uitdrukken ben ik al deze mensen dankbaar voor wat zij voor mij betekend hebben.

Eén van de aantrekkelijke kanten van een loopbaan als universitair docent is de dagelijkse omgang met jonge mensen. Veel van de successen die wij met de groep hebben bereikt zouden onmogelijk zijn geweest zonder hen. In onze hoogtijdagen had de groep een omvang van zo’n 30 à 40 mensen. Voor het dragen van de verantwoordelijkheid die dat met zich meebracht zijn de vaste medewerkers in de groep voor mij onmisbaar geweest: Erik Vijgenboom, Martin Verbeet, Marcellus Ubbink en Gregg Siegal. Ze zijn na verloop van tijd ieder hun eigen weg gegaan. Marcellus die nu leiding geeft aan het eiwitchemisch onderzoek, ben ik met name dankbaar voor zijn inzet in de periode dat ik door persoonlijke omstandigheden niet volledig inzetbaar was. Niet minder belangrijk is de analytische, technische en secretariële ondersteuning van een aantal medewerkers geweest. Ik kan ze hier niet allemaal noemen maar maak een uitzondering voor Gertrud Warmerdam, Ellen de Waal en Ada Seffelaar. De technische staf van de werkplaatsen en de administratieve staf van LIC en LION dank ik voor hun inzet. Mijn collega’s in het Leids Instituut voor Chemisch Onderzoek en ik hebben samen goede en kwade tijden doorstaan. Ik wens hen succes met hun onderzoek. Mijn collega’s in de natuurkunde, met name in de afdeling Biofysica, ben ik erkentelijk voor de gastvrijheid die ze mij de afgelopen 8 jaar hebben geboden. In het bijzonder geldt die dank mijn collega proximus Thijs Aartsma.

De besturen van de Wis- en Natuurkundefaculteit en de vakgroep chemie in Leiden, ben ik erkentelijk voor de mij geboden gelegenheid om mij in Oxford vertrouwd te maken met een geheel nieuw onderzoeksgebied. Ik ben NWO, de stichting Chemische Wetenschappen (voorheen Stichting SON), de stichting FOM, de stichting STW, de Europese Gemeenschap, de EMBO-organisatie en de NATO dankbaar voor de persoonlijke en financiële steun die ik door de jaren heen ontvangen heb. I want to mention in particular the Kuggie and Bert Vallee Foundation in Boston, USA. I met prof. Bert Vallee for the first time late in life and I was immediately impressed by his personality. He combined generosity with vision and was totally

dedicated to science and the welfare of mankind. I consider myself privileged to have met him. I am indebted to him and the Foundation as well as to Oxford University for the opportunity granted to me to stay at Oxford University as a Vallee visiting professor.

Gezinsleden spelen een niet te verwaarlozen rol in het leven van een wetenschapper. Zonder hun steun gaat het niet. Ik noem hier Minke, Corneel en Fedja, maar ook mijn dochter Hanneke die aan het begin van een academische carrière stond⁵⁹ maar de belofte die zij inhield niet heeft kunnen realiseren. Ik noem tenslotte Agnes die ik niet zou kunnen missen.

Aan het eind van deze persoonlijke woorden gekomen dank ik het College van Bestuur voor het vertrouwen dat het de afgelopen 45 jaar in mij gesteld heeft.

Noten

- 1 Het citaat is afkomstig van Marcus Tullius Cicero, “*Ad M. Brutum Orator*”, verschenen in 46 vChr in Rome. Opnieuw uitgegeven door J.E. Sandys, Cambridge University Press, 1885. Het citaat is afkomstig uit boek XXXIV, sectie 120 en luidt “*Nescire autem quid ante quam natus sis acciderit, id est semper esse puerum. Quid enim est aetas hominis, nisi memoria rerum veterum cum superiorum aetate contextitur?*” De vertaling is ontleend aan Robert Harris, “*Imperium*”, de Bezige Bij, Amsterdam 2014, p. 243; vertaling van de hand van Janneke Zwart en Miebeth van Horn.
- 2 Eli Heimans (1861-1914) en Jac. P. Thijsse (1865-1945) waren twee Nederlandse onderwijzers en natuurbeschermers, die in de jaren 1894-1901 onder de titel “*Van Vinders, Bloemen en Vogels*” in zes deeltjes de Nederlandse natuur beschreven. De deeltjes zijn vele malen herdrukt, o.a. onder de titel “*Van groei en bloei en jaargetijde*” door Uitgeverij Ploegsma, Amsterdam.
- 3 C.G. Jung, “*Zeven preken tot de doden*” en Aniela Jaffé, “*Jung over alchemie en parapsychologie - Jungs laatste levensjaren*”, Lemniscaat, Rotterdam 1969, p. 63.
- 4 Vittorio Busato, *De Psychologie*, mei 2014.
- 5 Rob van Scheers, Elsevier 9 augustus 2014, p. 74.
- 6 Zie bijvoorbeeld ook NRC/Handelsblad, 22 december 2014, p. C5, waarin de volgende pyrochemische krantenkop over het Concertgebouworkest te vinden is: “*Chemie tussen het KCO en chef Jansons vonkt nog volop*”.
- 7 Voor meer informatie over de geschiedenis van de alchemie zie: Hermann Kopp, “*Die Alchemie in älterer and neuerer Zeit*”, Georg Olms Verlagsbuchhandlung, Hildesheim, 1962.
- 8 Henry M. Leicester, “*The historical background of chemistry*”, Dover Publications, New York, 1971.
- 9 E.J. Holmyard, “*Alchemy*”, Dover Publications, New York, 1990; Reinhard Federmann, “*Die königliche Kunst*”, Paul Neff Verlag, Berlin, 1964; M. Berthelot, “*Les origines de l’alchimie*”, herdruk van de uitgave van 1885, Otto Zeller, Osnabrück, 1966; C.J. van Nieuwenburg, “*Korte geschiedenis van de chemie*”, D.B. Centen ’s uitgeversmaatschappij, Hilversum, 1961.
- 10 L.M. Principe, “*Alchemy restored*”, *Isis*, 2011, **102**, 305-312. De auteur laat zien dat binnen de discipline van de geschiedenis van de natuurwetenschappen de alchemie een ingrijpende herwaardering ondergaat.
- 11 Hermann Kopp, op. cit., pp. 126, 174, 181.
- 12 Nog in 1718 in zijn intreedere als hoogleraar chemie zag Boerhaave zich genoodzaakt zich te verontschuldigen voor de uitwassen van de alchemistische praktijk met de volgende woorden: “*About chemistry! A subject disagreeable, vulgar, laborious, far from the affairs of intelligent people, and ignored or considered suspect by the learned... a discipline fruitful of errors, the poorest in good fruit, the progenitor of poverty, the bankruptor of wealth, the destruction and ruin of common sense*”. Zie bijvoorbeeld E. Kegel-Brinkgreve en A.M. Luyendijk-Elshout, “*Boerhaave’s Oration’s*”, E.J. Brill, Leiden University Press, 1983, p. 193.
- 13 L.M. Principe, loc. cit.
- 14 Zie bijvoorbeeld R. Hooykaas, “*De chemische Omwenteling - Lavoisier*”, Van Loghum Slaterus, Arnhem, 1952.
- 15 Jo Tollebeek, “*Disciplines en studies - Vernieuwing in de geesteswetenschappen*”, *Studium* 2013, 6, 79-90; Frans van Lunteren, “*Het ontstaan van het systeem van de bètadisciplines; de natuurkunde*”, *Studium* 2013, 6, 91-112.
- 16 Johann Wolfgang Goethe, “*Die Wahlverwandschaften*”, verscheen in 1809. Gebruik is gemaakt van de Nederlandse vertaling: Johann Wolfgang Goethe, “*Affiniteiten - Die Wahlverwandschaften*”, vertaald door Ria van Hengel, Athenaeum-Polak & van Gennep, Amsterdam, 2010, p. 41 e.v. Zie bijvoorbeeld ook: Paul Needham, “*The source of chemical bonding*”, *St. Hist. Phil. Sc.* 2014, **45**, 1-13; W.H. Eugen Schwarz, “*100th Anniversary of Bohr’s Model of the Atom*”, *Angew. Chem. Int. Ed.* 2013, **52**, 12228-12238.
- 17 P.A.M. Dirac, “*Mechanics of Many-Electron Systems*”, *Proc. Roy. Soc. Lond. A*, 1929 (April 6) 123 (no. 792) pp. 714-733. Het volledige citaat luidt “*The underlying physical*

- laws necessary for the mathematical theory of a large part of physics and the whole of chemistry are thus completely known, and the difficulty is only that the exact application of these laws leads to equations much too complicated to be soluble". Immanuel Kant, door velen beschouwd als de grootste filosoof van de Verlichting, zou blij geweest zijn met die woorden. Had hij immers niet gezegd (in de woorden van DuBois-Reymond): "*Der Chemie ist eine Wissenschaft, aber nicht Wissenschaft; in dem Sinne nicht, in welchem es überhaupt nur Wissenschaft gibt, nämlich im Sinne des zur mathematischen Mechanik gediehenen Naturerkennens*" Het citaat is te vinden in: Wilhelm Ostwald, *Z. Physik. Chemie, Stöchiometrie and Verwandtschaftslehre*, 1887, **1**, p. 1-5. Oftewel: "de chemie is wel een wetenschap maar geen wetenschap met een hoofdletter. Dat wordt ze pas wanneer ze voldoet aan de eisen van een mechanisch-wiskundig model." Voor het eerst leek de Schrödingervergelijking nu zo 'n model te leveren.
- 18 Arieh Warshel, "*Multiscale modelling of Biological Functions: From Enzymes to Molecular Machines (Nobel Lecture)*", *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2014, **53**, 10020-10031.
 - 19 Op een regionale bijeenkomst van de Lerarenopleiding in Leiden kwam het bijvoorbeeld aldus aan de orde: "*Bildung gaat om je professionele praxis, de wijze waarop je het beroep van leraar uitoefent.beroepsbildung [houdt] niet op bij het afstuderen, het gaat je hele loopbaan door*", *Science Guide* 1 juli 2015.
 - 20 Bill Readings, "*The University in ruins*", Harvard University Press, Cambridge (Massachusetts), 1996, pp. 15, 65 e.v.
 - 21 Helmut Schelsky, "*Der Mensch in der wissenschaftlichen Zivilisation*", Arbeitsgemeinschaft für Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen, Heft 96, Westdeutscher Verlag, Köln, 1961, pp. 32-35; Hij haalt Fichte aan: "*die 'reine Wissenschaft', die 'reine Philosophie' ist eben jene, die sich über jede Anwendung erhebt*"; "*die strenge Wissenschaft – weit über das gewöhnliche Leben erhaben and auf dasselbe unmittelbar nicht einfließend*". En Schelling: "*Indem sich der Gedanke über das Konkrete hinaus ins Allgemeine und Absolute erhebt, die Wissenschaft sich als Philosophie van der Praxis trennt, stoßen sie erst in den Bereich vor, in dem sich der 'ganze Mensch' bilden kan*".
 - 22 Hans den Hartog Jager, "*Het streven - Kan hedendaagse kunst de wereld verbeteren?*", Athenaeum-Polak & van Gennep, Amsterdam, 2014, pp.45-47, 63-81.
 - 23 W. Crookes, *Chemical News*, Sept. 9, 1898, **78**, p. 125.
 - 24 Ter illustratie van het belang van deze vinding: in 2010 had de totale productie van gebonden stikstof volgens het Haber-Bosch procedé een omvang van 133 miljoen ton bereikt, zie www.indexmundi.com/en/commodities/minerals/nitrogen/nitrogen_t12.html.
 - 25 Zie bijvoorbeeld Dietrich Stoltzenberg, "*Fritz Haber, Chemiker, Nobelpreisträger, Deutscher, Jude*", Wiley-VCH, Weinheim, 1998.
 - 26 De informatie in de volgende alinea is ontleend aan '*Paul Ehrenfest and the Dilemmas of Modernity*', F.H. van Lunteren en M.J. Hollestelle, *Isis*, **104** (2013) 504.
 - 27 Hij werd daarin bijgevalen door de chemicus H.R. Kruyt en de bioloog F.A.F.C. Went
 - 28 Zie bijvoorbeeld G. Pascal Zachary, "*Endless Frontier, Vannevar Bush, Engineer of the American Century*", MIT Press Edition, Cambridge, Massachusetts. 1999, Ch. 10; zie ook Ernst Homburg, "*Speuren op de tast*", intreedere Universiteit van Maastricht, 31 oktober 2003, Maastricht, p. 30 e.v.; en zie ook Harry Lintsen, Ton van Helvoort en Rob van Veen, "*De kracht van de katalysator*", Stichting Historie der Techniek, Eindhoven, 2014, p. 41.
 - 29 In 1958 adviseerde de commissie-Casimir de regering om het aantal hoogleraren in de bètafaculteiten in korte tijd te verdrievoudigen en het bouwtempo voor nieuwe laboratoria met een factor tien te verhogen. De commissie vond bij de regering een gewillig oor. Tot 1970 namen de uitgaven voor wetenschappelijk onderwijs en onderzoek toe met een factor 12 en het aantal hoogleraren verdubbelde ongeveer. Zie David Baneke, "*De vette Jaren: de Commissie-Casimir en het Nederlandse wetenschapsbeleid 1957-1970*",

- Studium* 2012, 5 (2), 110-125; Wim Hutter, “*Chemie, chemici en wetenschapsbeleid*”, In: “*De geschiedenis van de scheikunde in Nederland*”, deel 3, Eds. Ernst Homburg en Lodewijk Palm, Delft University Press, Delft, 2004, pp. 24-26; Ernst Homburg, “*Speuren op de tast*”, intreedere Universiteit van Maastricht, 31 oktober 2003, Maastricht, p. 43.
- 30 C.J.M. Schuyt, “*Op zoek naar het hart van de verzorgingsstaat*”, Stenfert Kroese Uitgevers, Leiden/Antwerpen, 1991, p.354.
- 31 De Stichting Technische Wetenschappen (STW) bood daartoe de ruimte, Universiteiten zetten afdelingen op om spin-offs op weg te helpen, FES-gelden afkomstig uit het Fonds Economische Structuurversterking werden ingezet.
- 32 VNO-NCW-voorzitter Jacques Schraven over samenwerking tussen universiteiten en bedrijfsleven, *Financieel Dagblad*, 16 december 2002.
- 33 Nienke Beintema, “*MKB onmisbaar voor een sterke chemie*”, interview met B.J. Lommerts, *Chemisch Weekblad*, 20 oktober 2012, p. 17. Bert Jan Lommerts is ondernemer en bestuurslid van NWO-Chemische Wetenschappen.
- 34 “*Kennis geheel onder EL&I*”, *Science Guide*, 22 augustus 2012. EL&I staat voor Economische zaken, Landbouw en Innovatie.
- 35 “*Vertrouwen in wetenschap*”, Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Adviescommissie integriteit, beleid en vertrouwen in wetenschap, Amsterdam, mei 2013, Bijlage 1: Tekst van de Advies aanvraag van Staatssecretaris Zijlstra aan de KNAW van 30 januari 2012.
- 36 Collega Cees Schuyt spreekt daarvoor al van “*hardhandige pogingen van het ministerie van Onderwijs en Wetenschappen om de universiteiten en het universitaire onderzoek meer marktgericht te maken*”. zie Schuyt, loc. cit., p. 339.
- 37 Denk bv. aan: ontdekking DNA structuur 1953, JD Watson en FHC Crick, “*Molecular structure of nucleic acids*”, *Nature*, 1953, **171**, 737.; 1972-1975 ontwikkeling molecular cloning technieken, DA Jackson, RH Symons and P Berg, “*Biochemical Method for Inserting New Genetic Information into DNA of Simian Virus 40*”, Proc. Nat. Acad. Sci. USA, 1972, 69, 2904; 1985-1995: ontwikkeling ‘*molecular medicine*’.
- 38 Helmut Schelsky, Op. cit., p. 5.
- 39 Francis Fukuyama, “*The end of History and the Last Man*”, Hamisch Hamilton, London, 1992, p. XIV.
- 40 Een voorbeeld van hoe ontwrichtend de ontmoeting met de Europese cultuur kan zijn voor een andere cultuur is te vinden in Samir Kassir, “*Being Arab*”, Verso, Londen, 2006.
- 41 J. Huizinga, “*Het aesthetische bestanddeel van geschiedkundige voorstellingen*”, Rede uitgesproken bij de aanvaarding van het hoogleraarsambt aan de Rijks-Universiteit te Groningen op 4 November 1905. Zie: H. Huizinga, “*Verzamelde werken VII*”, H.D. Tjeenk Willink en Zoon N.V., Haarlem 1950, p. 4.
- 42 Max Weber, “*Wissenschaft als Beruf*”, Duncker & Humblot GmbH, Berlin 1992; hier is de Nederlandse vertaling van de hand van Hans Driessen gebruikt, “*Max Weber, Wetenschap als beroep - Politiek als beroep*”, Uitgeverij Vantilt, Nijmegen, 2012, p. 10.
- 43 De grote steden in Europa veranderen bv. in hoog tempo in ‘*majority-monirity cities*’, waarin autochtone inwoners niet meer de absolute meerderheid vormen. Zie: Maurice Crul, Jens Schneider en Frans Lelie, “*Superdiversiteit*”, VU University Press, Amsterdam 2013, pp. 81-82.
- 44 “*Neglect and scorn for the arts and humanities puts the quality of our lives and the health of our democracies, at risk.*” Martha C. Nussbaum, “*Not for profit - Why democracy needs the humanities*”, Princeton University Press, Princeton, USA, 2010, p. xi:
- 45 Heather E. Douglas, “*Science, Policy and the Value-free Ideal*”, University of Pittsburg Press, Pittsburg, Pa, 2009; *ibid.* “*Weighing Complex Evidence in a Democratic Society*”, *Kennedy Institute of Ethics Journal* 2012, **22**, 139-162; *ibid.* “*The role of values in expert reasoning*”, *Public Affairs*

- Quarterly, 2008, **22**, 1-18; Kevin C. Elliott, "Douglas on values: From indirect roles to multiple goals", *Stud. Hist. Phil. Sc.*, 2013, **44**, 375-383.
- 46 John Higgins, "Academic Freedom in a Democratic South Africa" met een voorwoord van J.M. Coetzee, Bucknell University Press, 2013/2014, p. xi.
- 47 "Chemistry and Physics: Fundamental For Our Future, Vision Paper 2025", NWO, Den Haag, 2 december 2013, p. 42; "Topfysica, midden in een veranderende wereld, Strategisch plan FOM/N 2015-2019", FOM, Utrecht, 2015, p. 20.
- 48 Zie bv.: "Implementatie Sectorplan Natuur- en Scheikunde", 12 april 2010; "Tweede Tussenrapportage", 30 juni 2014. Documentatie is te vinden o.a. op de website van de stichting FOM.
- 49 "The Republic of Science", Michael Polanyi, *Minerva*, 1962, **1**, 54-73. Polanyi haalt het voorbeeld aan de Vice-Chancellors of the Universities van het Verenigd Koninkrijk, die in 1946 een memorandum het licht doen zien waarin te lezen valt: "The Vice-Chancellors would be glad if the University Grants Committee were formally authorised and equipped to undertake surveys of all main fields of university activity designed to secure that as a whole universities are meeting the whole range of national need for higher teaching and research...". Polanyi merkt dan op: "We meet here again with a passionate desire for accepting collective organisation for cultural activities". Even daarvoor merkt hij op: "...a central authority cannot effectively improve on the spontaneous emergence of growing points in science". Van het streven van de Vice-Chancellors kwam dan ook niets terecht.
- 50 Robert K. Merton, "The Sociology of Science", The University of Chicago Press, Chicago, 1973, Hfdst. 13; Caspar Hirschi, "The Organization of Innovation - The History of an Obsession", *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2013, **52**, 13874-13878.
- 51 Zie Hans Peter Peters, John T. Lang, Magdalena Sawicka and William K. Hallman, "Culture and Technological Innovation: Impact of Institutional Trust and Appreciation of Nature on Attitude towards Food Biotechnology in the USA and Germany", *Int. J. Public Opinion Res.* 2007, **19**, 191; "Science dilemma: between public trust and social relevance", *Euroscientist*, 25 Feb 2015, www.euroscientist.com.
- 52 Alice Lam, "From 'Ivory Tower Traditionalists' to 'Entrepreneurial' Scientists?", *Social Studies of Science*, 2010, **40**(2), 307-340.
- 53 Zie bv. Ilana Löwy, "A Truly Impure Science", *Isis*, 2013, **104**, 140; André J.F. Köbben en Henk Tromp, "De onwelkome boodschap of Hoe de vrijheid van wetenschap bedreigd wordt", Uitgeverij Jan Mets, Amsterdam 1999; Alan M. Brandt, "The Cigarette Century", Basic Books, New York, 2007.
- 54 Peter Westbroek, "De Ontdekking van de Aarde", Uitgeverij Balans, Amsterdam 2012. In hoofdstuk 6 ("Geologie in de greep van de industrie") beschrijft de auteur hoe als gevolg van een 'eenzijdige oriëntatie op de industriële toepassing' de Nederlandse geologiewetenschappen in de eerste helft van de 20e eeuw de aansluiting bij de moderne ontwikkelingen in het vakgebied waren kwijt geraakt.
- 55 "Nederland in 2014 - Een economisch overzicht", Centraal Bureau voor de Statistiek, Den Haag, 2015, p. 29.
- 56 "Naar een lerende economie", Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid, Amsterdam University Press, Amsterdam, 2013, pp.154, 165.
- 57 Zowel bij bedrijfsleven als universiteit staat het onderwerp sterk in de belangstelling. Zie bv. Andreas Kreimeyer, Peter Eckes, Christian Fischer, Harald Lauke en Peter Schuhmacher, "'We create Chemistry for a Sustainable Future': Chemistry creates sustainable Solutions for a Growing World Population", *Angew. Chemie Int. Ed.* 2015, **54**, 0000; Andreas Kreimeyer, "150 Years of BASF", *Angew. Chemie Int. Ed.*, 2015, **54**, 3156; George Whitesides, "Reinventing Chemistry", *Angew. Chemie Int. Ed.*, 2015, **54**, 2; Ehud Keinan, "Gloomy Forecast for the Prophets of Apocalypse and Bright Forecast for Chemists", *Angew. Chemie Int. Ed.*, 2013, **52**, 2667-2672.

- 58 De hier weergegeven tekst is een vertaling van de Engelse tekst (die zelf weer een vertaling is van de oorspronkelijke Latijnse tekst): “*For the expert it also holds delightful pleasures through which [chemistry] retains its hold upon a man, who has been captivated by them, once and for all*”, zie E. Kegel-Brinkgreve en A.M. Luyendijk-Elshout, “*Boerhaave’s Oration’s*”, E.J. Brill, Leiden University Press, 1983, p. 233.
- 59 Hanneke Canters en Grace M. Jantzen, “*Forever fluid - A reading of Luce Irigaray’s Elemental Passions*”, Manchester University Press, Manchester and New York, 2005.

PROF.DR. GERARD W. CANTERS



1998-2013	Guest professorship/ 'visiting scientist' with various institutions abroad (Kopenhagen, Salerno, Oxford, Kansai (Japan), TIFR Mumbai)
2007- present	Leiden Institute of Physics, Professor of Molecular Biophysics
2003	Bert L. and Kuggie Vallee Professor, Oxford University, UK
1994-2007	Department of Biochemistry, Leiden University, Professor of Biophysical Chemistry
1982-1994	Department of Inorganic Chemistry, Leiden University
1981-1982	University of Oxford, Department of Inorganic Chemistry; sabbatical leave
1976-1981	Department of Organic Chemistry, Leiden University
1971-1976	Department of Physics, Leiden University
1969-1971	Chemistry Department, University of North Carolina, Chapel Hill, USA
1969	PhD, Katholieke Universiteit Nijmegen <i>cum laude</i>
1966	Doctoral exam Chemistry/Chemical Physics University of Amsterdam <i>cum laude</i>

Huidige interesses

biologische redoxprocessen; enzymologie op 'single molecule' niveau; 'neurodegenerative processes' (ziekte van Parkinson); relatie 'kunst-wetenschap-geloof'.

Wie de ontwikkeling van de chemie in historisch perspectief plaatst komt tot de conclusie dat de fundamente van de chemie in de 19^e en begin 20^e eeuw definitief in kaart zijn gebracht. De chemie is "af" en is aan een grondige heroriëntatie toe. Tegelijkertijd bevindt de universiteit zich in een overgangsfase. De inspiratie die rond 1800 tot een vernieuwing van de universiteiten leidde, is uitgewerkt. Ook wil de samenleving steeds nadrukkelijker mee beslissen over de prioriteiten van onderwijs en onderzoek.

Tegen deze achtergrond wordt de noodzaak tot hervorming bepleit in vier punten:

- autonomie van de universiteit, met name van de geesteswetenschappen, dient gerespecteerd te worden. Omgekeerd geldt de plicht tot transparantie, verantwoording en communicatie van de kant van de universiteit;
- als complement op het topsectorenbeleid zou het bedrijfsleven een fonds in het leven moeten roepen ter stimulering van zuiver wetenschappelijk onderzoek;
- het curriculum van de β -wetenschappen dient verrijkt te worden met onderwijs in de humaniora;
- nationaal beleid dient ontwikkeld te worden om een topinstelling voor hoger onderwijs en onderzoek te realiseren.



Universiteit
Leiden