

Redevoering

dies natalis

47ste DIES NATALIS

28 november 2008

FOOTPRINTS OF SCIENCE

*Wetenschap, technologie en samenleving:
keuzes en dilemma's*

Prof.dr. W.H.M. Zijm



Universiteit Twente
de ondernemende universiteit

Footprints of science

Wetenschap, technologie en samenleving: keuzes en dilemma's

In de zomer van 2008 verbleven mijn gezin en ik twee weken in een klein dorpje in Toscane, Italië, van waaruit we ondermeer Siena en Florence bezochten. Florence was zoals bekend in de zestiende eeuw één van de centra waar de Renaissance wortel schoot, en net als bij eerdere bezoeken waren wij ook nu weer onder de indruk van de enorme periode van bloei die zich daar in een periode van 100 à 150 jaar heeft voltrokken. Die bloei werd in belangrijke mate mede mogelijk gemaakt door de dynastie van de De Medici, waarvan de verschillende leden de ontwikkeling van wetenschap en schone kunsten op vele manieren stimuleerden. Naast het Uffizi museum en de Dom met de toren van Giotto, legt vooral de basiliek van Santa Croce daarvan getuigenis af. Waarom nu juist de Santa Croce? Omdat we daar, in één enkele ruimte, worden herinnerd aan degenen die Florence haar naam en faam hebben bezorgd. Daar bevinden zich de grafmonumenten van Michelangelo, Macchiavelli, Rossini



Dom met toren van Giotto, Florence

en natuurlijk Galileo Galileï, naast gedenktekens voor andere grote Florentijnen zoals Dante Alighieri en Leonardo da Vinci. Bij het graf van Galileo Galileï heb ik lang stilgestaan, niet alleen omdat hij één van mijn wetenschappelijke helden is, maar ook omdat hij als geen ander heeft ondervonden hoezeer resultaten van wetenschappelijk onderzoek op gespannen voet kunnen staan met de maatschappelijke mores in gezaghebbende kringen van het Italië van die dagen, in dit geval de kerkelijke autoriteiten. Daar, in de Santa Croce, besloot ik te spreken over een thema dat mij na aan het hart ligt, en dat hieronder nader wordt uitgewerkt.



Praalgraf Galileo Galileï, Santa Croce

Galileo Galileï

Galileo Galileï (1, 2, 3, 4) hield zich in eerste instantie bezig met sterk toegepaste onderwerpen, zoals de kinematica (de bewegingsleer) en de sterkteleer van materialen. Ook had hij enige tijd een eigen instrumentmakerij, van waaruit hij onder meer de door hem uitgevonden proportionaalpasser verkocht. Daarnaast werkte hij aan verbeteringen van een in Nederland uitgevonden telescoop, verbeteringen die hem uiteindelijk in staat zouden stellen de astronomische ontdekkingen te doen die hem wereldfaam hebben bezorgd. Hij is vooral beroemd geworden door zijn bewijsvoering van de juistheid van het Copernicaanse, heliocentrisch wereldbeeld waarin de aarde om de zon draait: een gedachte die volkomen indruiste tegen de toen gangbare opvattingen van Ptolemaeus



Galileo Galileï, Uffizi museum, Florence

waarin de aarde het middelpunt van het heelal vormde. Met tijdgenoten zoals Johannes Kepler onderhield hij een briefwisseling, zij het dat de laatste enigszins teleurgesteld was door de terughoudendheid waarmee Galileï zijn brieven beantwoordde. Maar dat had ook wel een reden: de standpunten van Galileï kwamen hem uiteindelijk op een conflict met de Katholieke Kerk te staan waarin hij middels een in 1632 gehouden proces werd gedwongen zijn standpunten te herroepen. De rest van zijn leven kreeg hij huisarrest en daarmee kwam hij er nog relatief genadig van af; niet zo lang daarvoor was een andere wetenschapper, Giordano Bruni, wegens ketterij tot de brandstapel veroordeeld omdat hij had durven beweren dat sterren in het heelal allemaal zonnen waren, met daaromheen planeten en mogelijk zelfs intelligent leven. Galileï gaf dus weliswaar toe, maar bleef in werkelijkheid zoals we inmiddels weten, overtuigd van zijn gelijk, al is het verhaal dat hij aan het einde van het proces tegen hem zou hebben gemompeld “Eppur si muove” (en toch beweegt ze) vrijwel zeker historisch onjuist.

Maatschappelijke relevantie en wetenschappelijke excellentie: keuze of dilemma?

Was het werk van Galileï maatschappelijk relevant? Daarover kan vandaag de dag geen twijfel bestaan, maar ook in die tijd beseften in ieder geval zijn tegenstanders terdege de maatschappelijke implicaties van zijn theorie, nog afgezien van het feit dat die theorie een ontkenning van een officieel standpunt van de kerk inhield, wat zeker in die dagen een doodzonde was. Overigens heeft de Katholieke Kerk Galileï eerherstel verleend, zij het 360 jaar later, in 1992, in een officiële rehabilitatie uitgesproken door Paus Johannes Paulus II. Dat de relatie tussen wetenschap en religie ook vandaag nog moeizaam kan zijn, moge blijken uit het feit dat in bepaalde Amerikaanse staten de evolutieleer van Darwin nog steeds taboe is en de discussie rondom de notie van een Intelligent Design heeft ook in dit land stof doen opwaaien. Voor de Stichting Toekomstbeeld der Techniek vormden die ontwikkelingen mede aanleiding om een verkenning te starten naar de wisselwerking tussen technologie en religie.

Ook vandaag de dag blijkt het verzet tegen resultaten van wetenschappelijk onderzoek soms nog verbazend hardnekkig, zeker waar die resultaten botsen met overtuigingen of, nog vaker, met gevestigde belangen. Belangen die maar al te vaak werkelijke vooruitgang in de weg staan bij het aanpakken van de forse problemen waar wij in deze wereld mee worden geconfronteerd. En daarmee kom ik tot mijn centrale vraagstelling: in hoeverre zouden wetenschappers



Millennium Development Goals report 2008

meer het voortouw moeten nemen in het vragen van aandacht voor urgente maatschappelijke thema's, en hun onderzoek meer dan nu kunnen laten leiden door de noodzaak die problemen aan te pakken? Met 'die problemen' doel ik niet alleen op milieu en duurzaamheid en de exploratie van natuurlijke

hulpbronnen, maar evenzeer op economische en sociale verhoudingen, veiligheid, leefbaarheid en de verdeling van armoede en rijkdom; onderwerpen die overigens nauw aan elkaar gerelateerd zijn en die in bijvoorbeeld de millenniumdoelstellingen (5) indringend aan de orde worden gesteld. Zouden niet juist universiteiten hierin een voortrekkersrol moeten vervullen? Immers, zij maken net als alle andere organisaties deel uit van die snel veranderende maatschappelijke realiteit, maar tegelijkertijd vormen zij de bron van het hoogst opgeleide potentieel dat wij in de wereld hebben. Is dat geen uitgangspositie die verplichtingen schept?

- 1 > *Eradicate extreme poverty and hunger*
- 2 > *Achieve universal primary education*
- 3 > *Promote gender equality and empower women*
- 4 > *Reduce child mortality*
- 5 > *Improve maternal health*
- 6 > *Combat HIV/AIDS, malaria and other diseases*
- 7 > *Ensure environmental sustainability*
- 8 > *Develop a global partnership for development*

De Millenniumdoelstellingen

De vraag stellen is hem beantwoorden, zo lijkt het, maar zo eenvoudig ligt dat toch niet. De tegenwerping die onmiddellijk wordt gemaakt is dat een te sterke gerichtheid van academisch onderzoek op maatschappelijke problemen het einde betekent van het fundamentele, nieuwsgierigheidgedreven wetenschappelijk onderzoek. Maar is dat nu wel zo: is er werkelijk sprake van een tegenstelling tussen maatschappelijke gerichtheid en fundamenteel onderzoek? Natuurlijk zijn er voorbeelden van grote technologische vooruitgang gebaseerd op vindingen die in eerste instantie min of meer toevallig tot stand kwamen. Maar er zijn zeker evenzoveel voorbeelden waarin vragen uit een specifiek toepassingsgebied hebben geleid tot fundamentele ontdekkingen; meer algemeen leert de ervaring dat juist multidisciplinair onderzoek in specifieke applicatiedomeinen leidt tot kruisbestuiving met soms fundamentele vragen in een specifieke discipline tot gevolg. En praktisch alle genoemde maatschappelijke thema's kennen nog zoveel fundamentele vragen dat de stelling dat die beperking geen ruimte zou laten voor nieuwsgierigheidgedreven onderzoek alleen al om die reden niet houdbaar is. Dat er niets praktischer is dan

een goede theorie, vormt kortom nog geen vrijbrief om de praktijk dan maar links te laten liggen.

Het probleem in deze discussie is dat er vaak een verwisseling optreedt tussen de begrippen maatschappelijke relevantie en economische relevantie (6). En het leidt geen twijfel dat er een toenemende druk is van het utilitaire denken. Maar daarop doel ik niet wanneer ik spreek over een meer maatschappelijke oriëntatie; sterker nog, als er iets is wat de positie van het wetenschappelijk onderzoek – juist ook als motor van innovatie en daarmee als motor van de kenniseconomie – te gronde zou richten, is het wel een te sterke gerichtheid op korte termijn resultaten. Er is niets tegen samenwerking met industrie en andere organisaties, integendeel, en op veel plaatsen gebeurt dat ook. Maar wanneer die externe partners de onderzoeksagenda zouden gaan bepalen, vrees ik dat een aantal lange termijn wetenschappelijke én maatschappelijke doelstellingen danig in het gedrang komt, met als nevenresultaat dat wij over 20 jaar diezelfde bedrijven niets meer te bieden hebben. Samenwerken, kortom, is iets anders dan blind volgen en in die samenwerking past onverminderd een kritische houding

ten opzichte van die vragen die het onderzoek zouden moeten leiden. Maatschappelijk relevant onderzoek is één ding, maar voor de korte termijn economische doelstellingen zijn er nog andere instrumenten, bijvoorbeeld de vele spin-off bedrijven waarop de Universiteit Twente een in Nederland uniek track record heeft gevestigd. Spin-off bedrijven blijken in de regel ook veel beter dan wetenschappelijke onderzoeksinstellingen geëquipeerd om op specifieke vragen van derden een antwoord te vinden.

Daarmee staat echter nog steeds de vraag open in hoeverre onderzoekers zich in de keuze van hun onderwerpen mede moeten laten leiden door eisen van maatschappelijke relevantie. Er zijn overigens onderzoeksdomeinen waar dat al heel lang gebeurt: de financiering van medisch onderzoek uit de zogenaamde collectebusfondsen is bijvoorbeeld primair gericht op doelen ter verbetering van de kwaliteit van leven. Maar ook de middelen uit het FES (Fonds Economische Structuurversterking) en de thema's in bijvoorbeeld de Europese kaderprogramma's (zoals Energy en Climate Change) zijn nadrukkelijk gericht op brede maatschappelijke

lijke thema's. Ook stelde de Nederlandse regering onlangs de Maatschappelijke Innovatieagenda vast, met daarin vijf werkgebieden: water, energie, gezondheid, veiligheid en onderwijs. Over de keuze van deze thema's valt natuurlijk nog te twisten (het mobiliteitsvraagstuk bijvoorbeeld wordt door velen node gemist), maar dat laat onverlet dat stimulering van meer onderzoek op deze thema's uitermate gewenst is en gelukkig ook plaatsvindt. Laten wij één van die thema's eens wat nader belichten.

Intermezzo: water

De wateragenda is uitermate veelkleurig, variërend van onderwerpen als veiligheid en de bescherming tegen wateroverlast, maar ook de beschikbaarheid van schoon drinkwater door middel van zuivering, tot het meer fundamenteel nadenken over de vraag of wij onze productieprocessen niet zodanig kunnen inrichten dat de zogenaamde Water Footprint een stuk kleiner wordt. Aan het eerste thema, waterveiligheid, wordt ook aan de Universiteit Twente gewerkt, maar de meeste en oudste rechten liggen hier toch bij de Technische Universiteit Delft, die als civieltechnische

Waterveiligheid



instelling een traditie op dit gebied heeft neergezet. Binnen de Federatie van de drie Technische Universiteiten wordt ondermeer op dit gebied uitstekend samengewerkt. Een minstens zo dringend thema betreft de beschikbaarheid van schoon drinkwater en die is in veel landen niet vanzelfsprekend. De cijfers zijn bekend: 20% van de wereldbevolking heeft geen toegang tot schoon drinkwater en 40% (2,5 miljard mensen) beschikt niet over adequate sanitaire voorzieningen.



Schoon drinkwater

In antwoord daarop hebben drie kennisinstellingen, de universiteiten van Wageningen, Delft en Twente, met een aantal bedrijven de handen ineengeslagen en het onderzoeksinstituut Wetsus (7) in Leeuwarden opgericht. Inmiddels is Wetsus een technologisch topinstituut waaraan zich meer dan vijftig bedrijven financieel hebben verbonden, terwijl ondertussen ook de universiteiten van Groningen en Eindhoven participeren. Voorbeelden van geslaagde projecten betreffen de zuivering van afvalwater met gelijktijdig de winning van energie daaruit en de ontzilting van zee-water waarvoor bij Harlingen de speciale demonstratiesite Wetsalt is ontwikkeld. Vanuit de Universiteit Twente wordt ondermeer via een groot aantal projecten op het gebied van membraantechnologie en sensoren aan het werk van Wetsus bijgedragen.

Hoe ernstig het waterprobleem feitelijk is wordt duidelijk uit nog een paar extra cijfers. Zoals bekend is van de totale hoeveelheid water slechts ongeveer 3% zoet, de rest is zee-water en daarmee in principe niet geschikt voor consumptie. Van die 3% is nog ongeveer 5/6e deel bevroren (Antarctica,

het Noordpoolijs en in verschillende gletsjers) en daarmee niet zonder meer beschikbaar (en daar doet de opwarming van de aarde niets aan af). Het resterende halve procent vormt dus onze zoetwaterbron: grondwater, meren, rivieren, ondergrondse reservoirs, etc. Dat vraagt om een verstandig beheer en dat is het doel van het derde onderwerp op de wateragenda: Water Footprinting. Samen met een aantal partners waaronder het Wereld Natuur Fonds, UNESCO-IHE, de World Business Council on Sustainable Development en de International Finance Corporation (onderdeel van de Wereldbank groep) heeft de Universiteit Twente



Water footprint - 2500 liter water voor één katoenen overhemd

op 16 oktober 2008 het Water Footprint Network opgericht. De Water Footprint (8) is een maat voor de totale hoeveelheid zoet water, grondwater, oppervlaktewater en ook regenwater, die nodig is om een product te realiseren; een maat die berekend wordt door consequent terug te redeneren tot de bron. Zo is voor één kopje koffie gemiddeld 140 liter water nodig, voor een katoenen overhemd 2.500 liter en voor een kilo rundvlees zelfs 16.000 liter. Tellen we dit op voor de hele wereld, dan komen we uit op een Water Footprint van 7.500 miljard kubieke meter per jaar. Per wereldburger is dat per jaar 1.250 kubieke meter. In Nederland bestaat slechts 20% van onze Water Footprint uit Nederlands water, de rest komt uit het buitenland. Daarmee geeft de Water Footprint ook de geografische spreiding weer: waar ter wereld verbruiken wij het meeste water? Op basis van die informatie kan beleid worden ontwikkeld door regeringen om een betere verdeling van de resources te bewerkstelligen, maar wordt ook de verantwoordelijkheid van bedrijven en publieke organisaties duidelijk. In het Water Footprint Network wordt dan ook samengewerkt met bedrijven als Shell, Coca Cola, Unilever en IKEA bij het ontwikkelen van productie-

methoden om hun beroep op dat schaarse water te verminderen.

Beoordeling van wetenschappelijk onderzoek op maatschappelijke relevantie

Dit zijn allemaal voorbeelden van onderzoek (in dit geval rond het thema water) dat in wetenschappelijke kring sterk de aandacht heeft getrokken en tegelijkertijd uiterst relevant is. Laten wij voor het vervolg van deze bijdrage nu eens uitgaan van de stelling dat naast wetenschappelijke ook maatschappelijke argumenten bepalend zouden mogen zijn voor de keuze van onderzoeksthema's. Een dergelijke stellingname heeft echter wel consequenties. Immers, in dat geval is het logisch dat ook de beoordeling van wetenschappelijk onderzoek niet slechts plaatsvindt op basis van wetenschappelijke criteria, maar ook op basis van maatschappelijke relevantie. Helaas wordt die gevolgtrekking door velen niet zonder meer gedeeld. De eis van wetenschappelijke kwaliteit is terecht onomstreden, al valt er nog wel iets te zeggen over de keuze van de criteria en de vele verschillende rankings en het soms strategisch gedrag

dat daarvan het gevolg is. Maar toch, dat een universiteit streeft naar een zo sterk mogelijke wetenschappelijke reputatie is niet meer dan natuurlijk, en ook nodig, alleen al om voldoende aantrekkelijk te zijn voor met name buitenlands talent (studenten en medewerkers). Dat in de beoordeling van wetenschappelijk onderzoek echter ook maatschappelijke relevantie een rol zou moeten spelen is bepaald niet onomstreden, nog afgezien van de vraag hoe dat dan enigszins objectief valt vast te stellen. Waarbij de keuze voor lange termijn maatschappelijke doelstellingen boven korte termijn economische doelen de beantwoording van die vraag er niet eenvoudiger op maakt. Toch is dat antwoord wel te formuleren: door na een gedegen wetenschappelijke analyse systematisch de stap te zetten om op basis daarvan instrumenten te ontwikkelen, technologie te ontwikkelen, niet zozeer gericht op de oplossing van korte termijn problemen, maar juist op het leveren van een duurzame bijdrage aan de aanpak van die meer generieke problemen, problemen die bovendien steeds urgenter worden.

Wetenschap, technologie en samenleving

Met die instrumenten zijn we aangekomen bij het middelste begrip in de trilogie “wetenschap, technologie en samenleving”. Hierbij wordt een brede interpretatie van het begrip technologie gehanteerd, niet noodzakelijkerwijs beperkt tot de technische wetenschappen. Niet alleen de ingenieur, maar ook de medisch onderzoeker die een nieuwe behandelmethode ontwikkelt, de ontwerpgerichte onderwijskundige, de communicatiewetenschapper, de bedrijfskundige en de financieel specialist ontwikkelen instrumenten. Ruim drie jaar geleden heb ik gepleit voor meer aandacht



Theodore von Karman

voor ontwerpgericht onderzoek (9), waarmee ik doelde op de bereidheid om op basis van kennis en ervaring instrumenten of technologie te ontwikkelen om veranderingen te kunnen bewerkstelligen. “Scientists study

the World, engineers create new worlds” zei ooit Theodore von Karman (10), luchtvaartpionier van Hongaarse afkomst, en dat is een uitspraak die zeker door de drie technische universiteiten mede als Leitmotiv is gekozen.

Tussen technologie en wetenschap heeft altijd een fascinerend samenspel bestaan, al is het maar omdat veel grensverleggend onderzoek vaak niet mogelijk is zonder technologische hulpmiddelen. Ook de astronomische ontdekkingen van Galileï en later van onze landgenoot Christiaan Huygens waren slechts mogelijk door gebruik te maken van de door Lipperhey of Jansen uitgevonden telescoop (11). Maar, technologie speelt ook een heel andere rol en daar komt de brugfunctie tussen wetenschap en maatschappij in volle omvang naar voren.

Technologieontwikkeling, de ontwikkeling van instrumenten, vormt een ultieme poging om wetenschappelijke resultaten

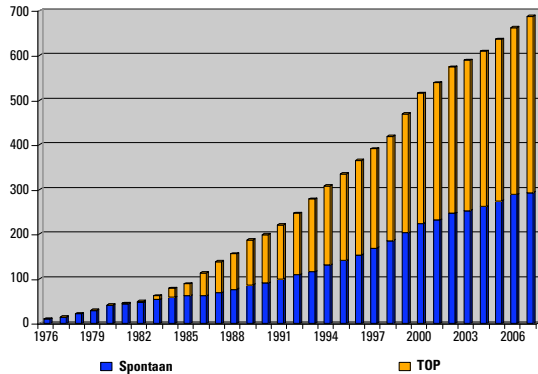


Telescoop

bruikbaar te maken en vervolgens in te zetten om duurzame veranderingen te bewerkstelligen. Dat is niet hetzelfde als een geïsoleerd probleem oplossen. Dan spreken we over het toepassen van ontwikkelde technologische vindingen. Ontwikkeling van technologie begint met een fundamentele probleemanalyse, vervolgens het detecteren van de benodigde kennisdomeinen om uiteindelijk de kennis uit die domeinen te integreren, tot een synthese te brengen, in een ontwerp. Dat ontwerpen is bij uitstek een wetenschappelijke activiteit, maar dan wel een wetenschappelijke activiteit die in Nederland niet de aandacht krijgt die ze verdient. Om die reden hebben de 3TU-rectoren onlangs een pleidooi gehouden voor achtereenvolgens het ontwerpend onderzoek en het ontwerpen als aandachtsveld (12). Het zal duidelijk zijn dat dat pleidooi direct raakt aan die andere discussie, namelijk in hoeverre maatschappelijke relevantie naast wetenschappelijke kwaliteit ook aandacht verdient als criterium om wetenschappelijke prestaties te meten.

Voor de technische universiteiten is het ontwikkelen van technologie of instrumenten op basis van fundamentele kennis hun *raison d'être*. Waarbij in het bijzonder geldt dat zij daarbij nadrukkelijk ook overwegingen betrekken die niet zozeer met technologie, maar juist alles met een goede maatschappelijke inbedding, acceptatie, user perception, technology assessment te maken hebben. Voor de Universiteit Twente, die van oudsher een breder contingent gedrags- en maatschappijwetenschappen koestert naast haar focus op technologie en technologische ontwikkeling, wordt die verbinding tussen techniek en maatschappij momenteel nog verder aangescherpt in een lopende profiel-discussie onder de naam Route 14. Ook dat is een betekenis van ondernemende universiteit: het proberen bruggen te slaan tussen domeinen die nog te vaak verschillende talen spreken. Centraal hierbij staat de ketenbenadering; fundamentele kennisontwikkeling met samenwerking uit vele domeinen, gevolgd door het ontwikkelen van instrumenten, voor relevante aandachtsvelden, en dan is het opmerkelijk te zien dat juist uit die combinatie van diepte en breedte zoveel spin-off bedrijven ontstaan. Waar het ons om gaat is

Universiteit Twente meer dan 600 spin-off bedrijven



te laten zien dat wetenschap ook werkt; dat op basis van kennis instrumenten kunnen worden ontwikkeld die de potentie hebben werkelijke veranderingen te bewerkstelligen. De nu volgende voorbeelden illustreren dat op een specifiek gebied: medische technologie.

Intermezzo: gezondheidszorg en medische technologie

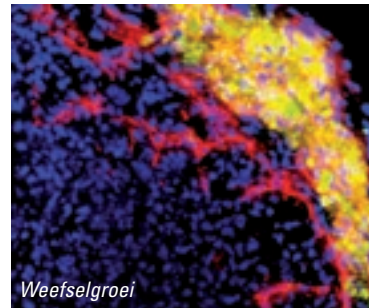
In de vorige eeuw is een grote slag gemaakt met het verbeteren van de behandeling van patiënten. Minimaal inva-

sieve technieken zijn ontwikkeld die het trauma dat aan het lichaam van de patiënt wordt toegebracht bij chirurgische ingrepen verminderen. Hierdoor hebben patiënten minder postoperatieve pijn en kunnen ze eerder het ziekenhuis verlaten. De ontwikkeling van minimaal invasief opereren is inmiddels in een stadium beland dat het voor chirurgen niet meer altijd mogelijk is om deze ingrepen handmatig uit te voeren. Om de minimaal invasieve chirurgie toch verder te ontwikkelen zijn er dus nieuwe technologische systemen nodig die de chirurg ondersteunen en de complexiteit van de procedures verlagen.



Eén van de manieren om dit te realiseren is door gebruik te maken van robottechnologie (13), waarbij de chirurg op afstand de bewegingen van de robot aanstuurt. De toevoeging van intelligente robotsystemen stelt de chirurg in staat om handelingen uit te voeren met een graad van nauwkeurigheid die manueel niet mogelijk is. Met behulp van een 3D-camerasysteem lijkt het voor de chirurg alsof hij zich in het lichaam van de patiënt bevindt en met behulp van zijn armen zal hij in staat zijn om op een zeer natuurlijke manier verschillende soorten instrumenten te bedienen om de ingreep uit te voeren waarbij de hele operatie via een enkele incisie of zelfs via een natuurlijke lichaamsopening kan plaatsvinden. De ontwikkeling van deze technologie staat wereldwijd sterk in de belangstelling en vindt ook aan deze universiteit plaats. Dit in samenwerking met de medische wereld waaronder verschillende universitaire partners.

Een ander voorbeeld betreft cel- en weefseltechnologie, in het Engels ook wel Tissue Engineering (14) genoemd. Zowel medisch als maatschappelijk gezien is er grote behoefte aan veilige weefsels en organen om tekorten aan donor-



organen op te vangen en zo naast het leveren van een betere gezondheidszorg ook de kosten van zorg voor anders chronisch zieken beter te beheersen. Wat tissue engineering beoogt, is het verkrijgen van (bio)implantaten om uitgevallen, beschadigde of slecht werkende organen en weefsels als huid of bot te ondersteunen of te vervangen. Daarnaast wordt het mogelijk weefsels te implanteren. De basistechniek is in feite om van eigen lichaamcellen (vaak stamcellen) aangebracht op dragermateriaal (bijvoorbeeld polymeren) een kweek te maken. Het weefsel dat hierbij ontstaat kan vervolgens worden gebruikt om beschadigde lichaamsweefsels te vervangen. We spreken breder van regeneratieve geneeskunde als het gaat om het lichaamseigen herstel van aangedane weefsels en organen, dus vóórdat niet-lichaamseigen implantatie of transplantatie de enige resterende mogelijkheden zijn. Daarmee is regene-

ratieve geneeskunde een per saldo kostenbesparende investering in de zorg. Vanuit het Biomedisch Technologisch Instituut van de Universiteit Twente wordt het programma TERM (Translational Excellence in Regenerative Medicine) geleid, een programma van 25 Miljoen Euro waar tissue engineering technieken in samenwerking met zes academische ziekenhuizen in de kliniek wordt gebracht.

Kostenreductie in de gezondheidszorg, maar ook de toegang tot zorg voor groepen die nu geen of weinig toegang tot zorg hebben, dat zijn perspectieven die ook het derde voorbeeld, de Lab-on-a-chip technologie, biedt. En daarmee bevinden we ons op het terrein van de medische diagnostiek en onderzoek binnen het instituut MESA+ voor nanotechnologie van de Universiteit Twente. Een lab-on-a-chip (15) is in feite een compleet laboratorium voor chemische analyses op een chip ter grootte van een paar vierkante millimeter tot maximaal een paar vierkante centimeter. De voordelen zijn talrijk: ze stellen de gebruiker in staat om ter plekke analyses uit te voeren, er zijn slechts een paar druppels bloed of speeksel nodig die eenvoudig zijn af te nemen, en het al-

lerbelangrijkste: het resultaat is binnen enkele minuten bekend. Een voorbeeld is de lithiumchip waarmee het mogelijk is om ter plekke de concentratie lithium, een medicijn tegen depressiviteit, in het bloed vast te stellen en dat is van belang, omdat boven een bepaalde concentratie lithium zwaar toxisch is. Het onderzoek naar Labs-on-chips heeft onder meer een Europese Advanced Research Grant van 2.5 miljoen Euro voor verder onderzoek opgeleverd. Een ander voorbeeld betreft een chip voor virusdetectie in speeksel, daarbij kan bijvoorbeeld worden gedacht aan het snel en ter plekke detecteren van de aanwezigheid van het SARS virus. Een vinding waar zeer veel interesse voor is getoond in bedrijfsleven en media en met vermeldingen in Nature en MIT's Technology Review, maar ook de Franse krant Le Monde wijdde er een artikel aan. Beide voorbeelden worden verder ontwikkeld met behulp van



spin-off bedrijven, in nauwe samenwerking met zorgverzekeraars en gezondheidsautoriteiten wat essentieel is om het ultieme doel, werkelijke implementatie, te realiseren.

De hiernaast genoemde voorbeelden vormen illustraties van instrumenten die je op basis van wetenschappelijk onderzoek kunt ontwikkelen. En die instrumenten vormen op hun beurt weer een soort “proof of the pudding”, een middel om te laten zien op welke wijze wetenschappelijk onderzoek maatschappelijk relevante bijdragen kan leveren. Waarbij het duidelijk is dat er inzake wetenschappelijke kwaliteit geen compromissen kunnen worden gesloten. Het aardige is overigens dat het niet zelden het wetenschappelijk toonaangevende onderzoek is dat tegelijkertijd de grondslag vormt voor technologische innovaties. Maar, en daar gaat het om, dan moet je die stap ook wel willen zetten. Dat wil zeggen: systematisch de ontwikkeling van die instrumenten nastreven. Voor een overheid die innovatie zo hoog in het vaandel heeft zou het niet misstaan om het succes van onderzoekers in de realisatie van die innovatieve technologie mee te laten wegen in beslissingen over financiering van

onderzoek en de daarvoor benodigde infrastructuur (programma’s, mensen en middelen).

Samenwerking tussen technische en maatschappijwetenschappen

Er is nog een ander aspect aan het realiseren van instrumenten met als doel werkelijke innovatie te bewerkstelligen; ik heb dat in het voorbijgaan al even aangeduid. Zelfs het realiseren van strikt technologische innovaties is zelden een zaak van technologie pur sang. Daarbij spelen ook kwesties als gebruikersperceptie, het risico van ongewenste effecten en politieke of ethische dilemma’s een rol, waarbij maar al te vaak die gevestigde belangen in het geding komen. De emissie van kooldioxide blijkt maar moeilijk terug te dringen, niet alleen omdat veel bedrijven bang zijn voor een forse verhoging van hun productiekosten, maar ook omdat het publiek als puntje bij paaltje komt, toch maar moeizaam bereid is de consequenties te aanvaarden. De recente discussie naar aanleiding van de invoering van de vliegtax op één van de meest vervuilende transportvormen ter wereld, is in dit verband redelijk onthutsend. Dat organisaties bereid

zijn om hun marktaandeel te verdedigen kun je ze goed beschouwd nauwelijks kwalijk nemen; het probleem is veeleer dat een belangrijk deel van de maatschappelijke kosten van hun en ons handelen niet consequent doorberekend wordt. Andere voorbeelden waarin neveneffecten of zelfs ethische dilemma's een rol spelen, zijn het nog immer durende debat over genetisch gemodificeerd voedsel, het gebruik van embryonale stamcellen om vroegtijdig ziekten op te sporen of behandeling van chronisch zieken mogelijk te maken, de opslag van nucleair afval, en tenslotte de recente discussie rond het gebruik van biomassa en de daaruit voortvloeiende consequenties voor de beschikbaarheid van land ten behoeve van de voedselproductie. Die problemen zijn niet onoplosbaar, maar de oplossing vraagt van alle betrokkenen wel een wat breder blikveld. Hetzelfde geldt voor ICT. Over de invoering van een elektronisch patiëntendossier hebt u net van de minister een brief ontvangen. Nu is de ontwikkeling van een EPD in technische zin niet echt een moeilijke opgave. Waarom dan toch die lange tijd nodig voor besluitvorming? Omdat er aspecten als privacy, authenticiteit van de gebruiker, autorisatie, veiligheid en de

vraag wie voor wat verantwoordelijk is aan de orde zijn. Rondom de governance van dit type systemen, een goede juridische afgrenzing, opleiding van gebruikers, etc., is nog veel afstemming nodig. Maar ook breder, bij de invoering van interactieve medische systemen, bij de introductie van meer zorg op afstand, van nieuwe biomedische toepassingen, zullen onvermijdelijk zaken als gedragsbeïnvloeding, een goede bestuurlijke inbedding, communicatie en last but not least, aandacht in het onderwijs voor al dit soort aspecten een hoofdrol spelen. Binnen de Nederlandse Life Sciences en Medische technologie bijvoorbeeld wordt 30% van het innovatiesucces bepaald door R&D investeringen; 70% komt op het conto van sociale innovatie (management, organisatie en samenwerking) (16). Soortgelijke bevindingen worden ook elders gerapporteerd. Om die reden hecht deze universiteit eraan naast technische ook gedrags- en maatschappijwetenschappen in huis te hebben. Werkelijke innovatie is een zaak van én techniek én mensen.

Intermezzo: energie, duurzaamheid en onderwijs

Ook energie en duurzaamheid vormen een thema van de maatschappelijke innovatieagenda. De meest duurzame en uiteindelijk ook meest dominante energiebron waarover wij de beschikking hebben is nog altijd de zon. En dus is het ook logisch dat een belangrijk deel van de zoektocht naar alternatieven voor fossiele brandstoffen gebaseerd is op zonne-energie. Je kunt denken aan zonnecellen, maar ook het grootschalig gebruik van biomassa is niets anders dan gebruik maken van zonlicht, via fotosynthese wordt namelijk zonlicht en kooldioxide omgezet in biomassa waarin energie, bijvoorbeeld in de vorm van olie, is opgeslagen. Ik heb u echter verteld dat hier een ernstig dilemma speelt: met name de eerste generatie biomassa dreigt tot een zodanige landfill te leiden dat de voedselproductie in het gedrang komt. Van de daaruit voortvloeiende stijging van de voedselprijzen zijn met name de ontwikkelingslanden de dupe. De tweede generatie biomassa, zeg maar de meer hout- en vezelachtige gewassen zijn een stap in de goede richting; echter het omzettingsproces is lastiger en dus duurder. De derde generatie biomassa wordt geproduceerd

Energie uit algen



met speciaal geprepareerde organismen. Een voorbeeld daarvan vormt het gebruik van algen (17), waaruit plantaardige olie gewonnen kan worden; die olie kan met methanol of waterstof worden opgezet in uitstekende biodiesel. Het grote voordeel van deze winning is dat de productopbrengst per hectare tenminste een factor 10 tot 15 groter is dan de winning van olie uit de eerste generatie biomassa. Onderzoek waar verschillende groepen binnen het instituut IMPACT zich op richten. Overigens is het wel belangrijk hier te benadrukken dat er sprake is van raffinageprocessen met meer opbrengst dan alleen olie; ook warmte,

elektriciteit, diverse brandstoffen (diesel, kerosine, benzine, stookolie) en chemicaliën (bijvoorbeeld azijnzuur of ethyleen) mogen we onder de opbrengst rekenen, net zoals we al eerder processen zagen waarin gelijktijdig zuivering van afvalwater, of ontzilting van zout water, kan worden gecombineerd met de winning van elektriciteit.

Ook het volgende voorbeeld illustreert wat er kan worden bereikt wanneer we er systematisch toe overgaan ontwikkelde kennis te gebruiken om nieuwe producten te maken, in dit geval nieuwe materialen. Daarbij keren we nogmaals terug naar de nanotechnologie. De scanning tunneling microscopie heeft ons in staat gesteld individuele atomen te lokaliseren. Een volgende stap is het manipuleren van die atomen. Inmiddels zijn wetenschappers in staat via geavanceerde depositietechnieken nieuwe materialen (18) te maken met soms verbluffende eigenschappen. In dit geval is het doel materialen te maken die enerzijds licht doorlaten, zoals glas, en anderzijds sterk geleidend zijn (wat glas niet is). Het uiteindelijke doel is materialen te realiseren ten behoeve van zonnecellen met een vele malen hoger rendement dan de huidige generatie zonnecellen.

En al dat onderzoek vindt ook zijn vertaling naar het onderwijs, uiteindelijk mede doelstelling van een wetenschappelijke instelling waarin onderzoek en onderwijs nauw verbonden zijn. Dat kan op veel manieren. Opnieuw twee voorbeelden. Het eerste voorbeeld betreft een case, ontwikkeld in de Faculteit Gedragswetenschappen. Hier wordt aan leerlingen gevraagd een CO₂-neutraal huis te ontwerpen in een op computersimulaties gebaseerde leeromgeving (19). Dit gebeurt middels de methode van onderzoekend leren, waarbij de leerling de lesstof niet kant-en-klaar krijgt aangeboden, maar juist leert om zelf-opgestelde hypothesen te toetsen aan de hand van experimenten. De digitale leeromgeving laat de leerlingen niet aan hun lot over, maar begeleidt ze daar waar nodig met bijvoorbeeld extra informatie, of door leerlingen die tegen eenzelfde probleem aanlopen met elkaar in contact te brengen. Het CO₂-neutrale huis is één van de voorbeelden waarin de onderwijskunde met haar onderzoek en onderwijs aansluit op de thema's zoals die ook in de technische faculteiten aan de orde komen, in dit specifieke geval energie. Het CO₂-neutrale huis is een onderdeel van een

veel groter Europees project, Science Created by You (SCY), dat gecoördineerd wordt aan de UT.

Een instituut dat in dit verband ook nadrukkelijk vermelding verdient is het ITC, het Instituut voor Geo-Informatiewetenschappen en Aardobservatie (20), gevestigd in Enschede. Het ITC is één van de vijf internationale onderwijsinstellingen die ons land kent. Het verzorgt onderwijs aan uitsluitend internationale studenten, vooral uit ontwikkelingslanden. Het betreft daarbij met name opleidingen op masterniveau, waarbij overigens de meeste studenten naast een relevante bacheloropleiding ook een aantal jaren werkervaring heeft.



Internationaal onderwijs op het ITC

Bijzonder is ook dat het ITC een belangrijk deel van haar werkzaamheden uitvoert on the spot, door trainingen in ontwikkelingslanden. Dan gaat het over capacity building: enerzijds het opleiden van mensen, anderzijds het mede ontwikkelen en versterken van organisaties en structuren gericht op het uitvoeren van taken met betrekking tot de geo-informatica en het beheer van natuurlijke hulpbronnen. Het aardige is dat het werkveld van het ITC geleidelijk aan naast de primair technische inhoud (geo-informatica, remote sensing, spatial imaging) ook juist het gebruik van die informatie ten behoeve van het beheer van natuurlijke hulpbronnen, waarbij opnieuw thema's als water, energie, landgebruik, maar ook stedelijke infrastructuren belangrijke aandachtsvelden zijn. De samenwerking met het ITC culmineert per 1 januari 2010 ook in een formeel samengaan met de Universiteit Twente.

Samenwerkingsverbanden

In de voorgaande voorbeelden is gebruik gemaakt van onderzoek dat hier op de Universiteit Twente wordt uitgevoerd, maar het mag duidelijk zijn dat gelukkig vele universiteiten

in binnen- en buitenland zich met deze thema's bezighouden en dat wij al dit werk ook bijna altijd in samenwerking met anderen uitvoeren. Daarbij vraag ik toch nog even speciale aandacht voor de samenwerking met de technische universiteiten van Delft en Eindhoven waarmee we belangrijke successen hebben geboekt. Alle genoemde terreinen behoren tot thema's waarop we onderling samenwerken en kennis uitwisselen; daarnaast pleiten we, zoals gezegd, eensgezind voor het ontwerpen als wetenschappelijk aandachtsveld en voor het feit dat wetenschappelijke bijdragen aan innovatie een expliciete maatschappelijke waardering verdienen. Maar ook de samenwerking met de universiteiten van Nijmegen en Wageningen, en natuurlijk met het al genoemde ITC, wordt van jaar tot jaar sterker. Vanuit de gedachte "Kennis als Vermogen" zien we de samenwerking met TNO en de Grote Technologische instituten (Deltares, Marin, ECN, NLR) steeds belangrijker worden, opnieuw ook in 3TU verband, niet alleen via deeltijdhoogleraren maar ook via directe projecten waarvan het zeer recent gehonoreerde Advanced Dutch Energy Materials programma een aansprekend voorbeeld is. Internationale samenwerking

op onderzoeksgebied is voor een universiteit vanzelfsprekend; het is verheugend dat ook de internationalisering op onderwijsgebied sterk groeit. Niet alleen vanwege de kennisuitwisseling sec; meer nog haast vanwege het feit dat internationale uitwisseling zonder uitzondering leidt tot een beter begrip van achtergronden en culturen en dat is in een tijd van weer toenemende internationale spanning harder nodig dan ooit. In dat verband staat het besluit van de Nederlandse overheid gericht op uitsluiting van specifieke studies voor enkele groepen studenten, enkel en alleen omdat ze in een bepaald land geboren zijn, haaks op de traditie van



openheid en toegankelijkheid voor allen van het hoger en wetenschappelijk onderwijs in dit land.

Het thema “samenspel tussen technologie en mens” heeft altijd geleid tot levendige debatten, ook recent weer aan deze universiteit bij het uitzetten van de koers richting 2014 (21). In die koers speelt overigens wel degelijk ook het streven naar een bijdrage aan de economie van de regio, middels ontwikkelingen als Kennispark, een samenwerking tussen de Universiteit Twente, de Netwerkstad en de provincie Overijssel, waarin ons inmiddels bijna 30 jaar oude Science Park enerzijds en de campus van de universiteit anderzijds sterker integreert, een rol. In dit geval om de relatie tussen technologieontwikkeling en economische spin-off maximaal te faciliteren.

Conclusie: maatschappelijke relevantie als criterium voor onderzoek

Centraal in deze bijdrage staat de keuze die een wetenschapper zou kunnen maken om de urgente problemen waar wij mee worden geconfronteerd mede als drijfveer

voor ons handelen te nemen. En, daaraan gekoppeld, de expliciete waardering voor maatschappelijke relevantie van wetenschappelijk onderzoek, tot uiting gebracht in de ontwikkeling van innovatieve instrumenten. Dat laatste zal nodig zijn om de door velen zo gewenste versnelling in de oplossing van problemen dichterbij te brengen. Die versnelling is hard nodig; hoe ernstig op de korte termijn misschien ook, de huidige financiële problemen zijn in feite een rimpeling vergeleken met de sluipende crisis die de leefbaarheid van deze aarde in veel sterkere mate bedreigt. Energie en milieu vormen hiervan één exponent, maar armoede en rijkdom, veiligheid en sociale cohesie zijn minstens zo belangrijk. Wij leven op een tijdbom, aldus Lester Brown, directeur van het Earth Policy Institute (20). Daarin schuilt ook het grote belang van de Millennium Development Goals die de urgentie van die problemen indringend aan de orde stellen. Juist in een economisch moeilijke periode vraagt het om standvastigheid om die lange termijn doelstellingen onverkort na te streven.

Maar, en daarmee keer ik terug naar het begin, hoe zat het dan met Galileo Galileï waar het die standvastigheid betreft?

Tenslotte kwam hij, gesteld voor de keuze tussen huisarrest of de brandstapel, op zijn woorden terug. Maar toch betekende dat allesbehalve een capitulatie. Galilei bleef niet alleen zijn denkbeelden trouw, hij was er ook van overtuigd dat hij levend zijn levenswerk beter kon dienen dan dood. En dat is hem gelukt; terwijl hij onder huisarrest stond, slaagde hij erin zijn belangrijkste boek naar Nederland te laten smokkelen: *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche, intorno a due nuove scienze* (Gesprekken en wiskundige bewijzen in twee nieuwe wetenschappen). In dat boek verdedigde hij opnieuw zijn inzichten met verve en, zoals we nu weten, met succes. Het boek werd in 1637 in Leiden gepubliceerd. Galileo stierf vijf jaar later, op 8 januari 1642.

Daarmee is tenslotte ook de titel van deze bijdrage geduid. De term “footprints of science” is in de eerste plaats een uitdrukking van wat de wetenschap uiteindelijk bijdraagt aan de kwaliteit van leven in de meest brede zin. Dat die resultaten wetenschappelijk verantwoord dienen te zijn, is vanzelfsprekend ... maar het is niet genoeg. Op de lange termijn gaat het er niet alleen om hoe wij iets doen, het gaat er vooral om ... wat wij doen.



Titelblad *Discorsi e Dimostrazioni Matematiche Intorno a Due Nuove Scienze*

Referenties

1. Cohen, H.F. (2007) De herschepping van de wereld, het ontstaan van de moderne natuurwetenschap verklaard, Bert Bakker, Amsterdam.
2. Boyer, C. (1968) A history of mathematics, John Wiley, New York.
3. Dijksterhuis, E.J. (1980) De mechanisering van het wereldbeeld, Meulenhoff, Amsterdam.
4. Dijkgraaf, R., Fresco, L., Van Weezel, G., Van Calmthout, M. (eds.) (2008) De Bètacanon, Volkskrant-Meulenhoff, Amsterdam.
5. McGillivray, M. (ed.) (2008) Achieving the Millennium Development Goals, Palgrave Macmillan.
6. Bouter, L. (2007) Kennis als openbaar bezit – de maatschappelijke relevantie van wetenschappelijk onderzoek, Dies Natalis 2007, Vrije Universiteit, Amsterdam.
7. Wetsus (2007) Businessplan Technologisch Topinstituut Watertechnologie Wetsus 2007-2012, TTIW Wetsus, Leeuwarden.
8. Hoekstra, A.Y. and Chapagain, A.K. (2008) Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources, Blackwell Publishing, Oxford, UK.
9. Zijm, W.H.M. (2005) Omringd door zee: ontdekkingsreizen, rede Opening Academisch Jaar 2005 – 2006, Universiteit Twente, Enschede
10. Gorn, M.H. (1992) The Universal Man: Theodore von Kármán's Life in Aeronautics, Smithsonian Institution Press, Washington.
11. Andriesse, C.D. (1994) Titan kan niet slapen - een biografie van Christiaan Huygens, Contact, Amsterdam.
12. Van Duijn, C.J., Fokkema, J., Zijm, W.H.M. (2007) Plasterk legt bijl aan wortel van innovatie, Volkskrant, 18 oktober 2007.
13. Secchi, Chr., Stramigioli, S., Fantuzzi, C., (2007) Control of interactive robotic interfaces: A port-Hamiltonian approach, in by Siciliano, B., Khatib, O., Groen, F. (eds.): Springer Tracks in advanced robotics, Springer Verlag, New York, p. 218.

14. Jukes, J.M., Both, S.K., Leusink, A., Sterk, L.M.Th., Van Blitterswijk, C.A., De Boer, J. (2008) Endochondral bone tissue engineering using embryonic stem cells, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 105 (19), pp. 6840-6845.
15. Vrouwe, E.X. and Luttgé, R. and Vermes, I. and van den Berg, A. (2007) Microchip capillary electrophoresis for point-of-care analysis of lithium, Clinical Chemistry, 53 (1). pp. 117-123.
- 16 Jansen, J.J.P., Van de Vrande, V. Volberda, H.W. (2008) Meer rendement uit R&D: Nederlandse Life Sciences en Medische Technologie, Eindrapport in opdracht van Ministerie van VWS, Erasmus Universiteit, Rotterdam
17. S.R.A. Kersten and W.P.M. van Swaaij, L. Lefferts and K. Seshan, (2007) Options for catalysis in the thermochemical conversion of biomass into fuels, in Eds. G. centi, R.A. van Santen, Catalysis for Renewables, Chapter 6.
18. Dekkers, M., Rijnders, G., Blank, D.H.A. (2007) ZnIr₂O₄, a p-type transparent oxide semiconductor in the class of spinel zinc-d6-transition metal oxide, Applied Physics Letters 90, 021903.
19. de Jong, T. (2006). Computer simulations - Technological advances in inquiry learning, Science, 312, pp. 532-533.
20. ITC (2005) Strategic Plan 2005-2009: from “building capacity” to “building on capacity”, Enschede.
21. Universiteit Twente (2008) Route ‘14 – Concept Strategische Visie, 1 oktober 2008, Enschede.
22. Brown, L.R. (2008), Plan B 3.0 – Mobilizing to save civilization, W.W. Norton, New York.

Postbus 217, 7500 AE Enschede
Telefoon (053) 489 2212, www.utwente.nl



Universiteit Twente
de ondernemende universiteit

