

# Naar een ethisch verantwoorde nanotechnologie?

## Over de plaats van ethiek in het huidige wetenschapsbeleid

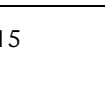
Brice Laurent<sup>1</sup> en Michiel van Oudheusden<sup>2</sup>

*Abstract* – In this article, the authors describe how transhumanist ideas influence science nanotechnology policy in the United States. Subsequently, they distinguish different ways in which policymakers and scientists, both in the US and in Europe, address social and ethical implications of nanotechnology research and development. They discern two dominant approaches to responsible technology development: a ‘rationalist approach’, which separates scientific issues from ethical questions, and a ‘procedural approach’, which adheres to guiding moral principles for responsible technology development. They add to this classification an ‘experimental approach’, which directly intervenes in scientific practice. By indicating how concerned actors ethicize nanotechnology in different ways, the authors seek to clarify what is meant by ethics in nanotechnology development and incite reflection on the interconnectedness of ethics and new technologies.



Nanotechnologie wordt gedefinieerd als de studie en manipulatie van materialen op de schaal van atomen, moleculen en supramoleculaire structuren. Op deze geringe schaal – een nanometer is een miljardste deel van een meter of het miljoenste van een millimeter – vertonen nanodeeltjes bijzondere kwaliteiten. Ze bezitten andere fysieke en elektrische eigenschappen en lokken andere chemische reacties uit dan materie op macroschaal. Die bijzondere eigenschappen laten

1. Brice Laurent werkt als postdoctoraal onderzoeker aan de *Ecole des Mines* in Parijs. Hij bestudeert er hoe de opkomst van nieuwe technologieën samengaat met de ontwikkeling van nieuwe overlegvormen, zoals directe participatie, en analyseert hoe nieuwe beleidsdiscoursen zoals ‘verantwoorde innovatie’ concreet gestalte krijgen in de Europese Unie en in de Verenigde Staten. Centre de Sociologie de l’Innovation, Mines ParisTech, CNRS UMR 7185, 60 Boulevard Saint Michel, 75272 Paris, France
2. Michiel van Oudheusden is verbonden aan de Universiteit van Luik, waar hij onderzoek doet naar technologieontwikkeling en innovatiebeleid in Vlaanderen en Wallonië. Tussen 2006 en 2012 was hij als FWO-aspirant betrokken bij het technology assessment-project ‘Nanotechnologieën voor de maatschappij van morgen’, dat de maatschappelijke implicaties van nanotechnologieën onder de aandacht bracht van burgers, middenveldorganisaties en wetenschappers. Spiral, Université de Liège, BAT. B31, Blvd. du Rectorat, 7, 4000 Liège, 1, Belgique



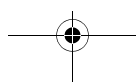
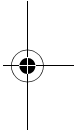
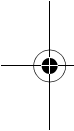


wetenschappers toe nieuwe, voorheen onbestaande, materialen te bouwen die vandaag gebruikt worden in elektronica, cosmetica, coatings, sportartikelen, voeding en auto's.

De nanotechnologie maakt het ook mogelijk om steeds dieper in het menselijke lichaam binnen te dringen. Dat kan bijvoorbeeld door een computerimplantaat in te brengen in de hersenen. Dit soort toepassingen is onder meer bedoeld om personen met een verlamming meer controle te geven over hun leven, bijvoorbeeld door hen zelfstandig een cursor op een computerscherm te laten bewegen, zonder dat ze zelfs maar een hand moeten uitsteken (Talwar et al. 2002). Wat verder gezocht, opperen futuristen de mogelijkheid van posthumane mensmachines die dankzij nanotechnologie in het donker kunnen zien, superintelligent zijn en de natuurlijke beperkingen van de mens overstijgen.

Welke technologische toepassingen uiteindelijk ingang zullen vinden en welke niet is een open vraag waarover de betrokkenen danig van mening verschillen. Waar beduidend minder onenigheid over bestaat is dat nanotechnologie, samen met biotechnologie, ICT en hersenwetenschappen, een groot potentieel heeft om heel onze samenleving in sociaal, economisch en politiek opzicht te veranderen. Daarom roepen beleidsmakers en ook steeds meer wetenschappers uitdrukkelijk op tot een verantwoord technologiebeheer, met aandacht voor de sociale en ethische keuzes die in het geding zijn. *Stakeholders* allerhande worden uitgenodigd om mee te denken over de gewenste richting van technologieontwikkeling en ook burgers doen hun zeg over technologie en wetenschapsbeleid.

In deze bijdrage staan we stil bij de verschillende manieren waarop beleidsmakers, wetenschappers en andere betrokkenen inzetten op een sociaal en ethisch verantwoorde nanotechnologieontwikkeling. Daar de waarden en idealen die in het Europese wetenschapsbeleid opduiken (voorzichtigheid, solidariteit, duurzame ontwikkeling) in eerste instantie een reactie zijn op de Amerikaanse beleidsprogramma's betreffende de ontwikkeling van nanotechnologie, gaan we na welke wetenschappelijke en maatschappelijke visies aan het Amerikaanse nanotechnologiebeleid ten grondslag liggen. We wijzen daarbij op de invloed van het transhumanisme, een radicale, speculatieve filosofie die de grens tussen mens en machine wil overstijgen. Uit de visies die de betrokkenen naar voren schuiven en de argumenten die ze hanteren leiden we twee dominante ethische handelingskaders af: een 'rationeel' handelingskader dat geënt is op het onderscheid tussen wetenschappelijke feiten en morele waarden en een 'procedureel' handelingskader dat uitgaat van richtinggevendende principes voor verantwoorde technologieontwikkeling. We voegen aan die tweedeling een derde, 'experimenteel' handelingskader toe dat een rechtstreeks ingrijpen beoogt in de wetenschappelijke praktijk. De kaders (hierna ook kortweg 'benaderingen' genoemd) zijn 'ethisch' daar ze een kritische bezinning inluiden over hoe de maatschappij met nieuwe technologieën





hoort om te gaan. Tegelijk dragen ze morele standpunten en principes uit die tot een sociaal verantwoorde technologieontwikkeling moeten leiden. Zo voorzien ze betrokkenen van een referentiekader dat hun concrete 'handelen' vormgeeft binnen een ruimere technologische, sociale, economische en culturele context, die eveneens waardegeladen en normerend is.

Door aan te geven hoe de actoren nanotechnologieën op verschillende manieren ethisch willen verankeren of bijsturen, willen we bijdragen tot begripsverheldering en tot bezinning over de verstrengeling van ethiek en nieuwe technologieën. We pleiten niet voor (of tegen) een welbepaald handelingskader maar vragen aandacht voor de veelheid aan waarden, principes en opvattingen die in onze samenleving bestaan en die, gezien de snelle technologische ontwikkelingen, onderhevig zijn aan bevraging en herziening.

### De invloed van het transhumanisme op het Amerikaanse wetenschapsbeleid

Laten we even terugkeren naar het jaar 2001, toen mede onder impuls van toenmalig president Bill Clinton het National Nanotechnology Initiative (NNI) werd gelanceerd. Het NNI mag zonder meer beschouwd worden als het eerste grote nanotechnologie-onderzoeksprogramma ter wereld. Voor het NNI opdook kwam het woord nanotechnologie nauwelijks voor in Amerikaanse beleidskringen en in de media. Tijdens de beraadslagingen in het Amerikaans Congres die aan het NNI voorafgaan, worden heel wat experts (exacte en sociale wetenschappers, industriëlen, uitvinders, enz.) over nano-onderzoek en -ontwikkeling gehoord. Daaronder ook de zakenman en 'futurist' Ray Kurzweil, die bekendstaat als voorvechter van *human enhancement*, of mensverbetering, en banden heeft met het transhumanisme.

Kurzweil pleit er in het Congres voor om het potentieel van nanotechnologie om onze menselijke vermogens en capaciteiten te verbeteren, ten volle te benutten. Daar de nanotechnologie het begin inluidt van een onvermijdelijke ontwikkeling naar een posthumaan tijdperk waarin de grenzen tussen mens en machine vervagen, moeten we ervoor zorgen dat nanotechnologie ten gunste van de mens wordt ingezet, zo stelt hij. Tegen de technologie in gaan, zoals sommige activisten en protestgroepen doen, is geen optie, want de technologische vooruitgang is onafwendbaar:

We have no choice but to work hard to apply these quickening technologies to advance our human values, despite what often appears to be a lack of consensus on what those values should be (Kurzweil 2003).

Voor dit laatste argument beroept Kurzweil zich op het werk van de godsdienst-socioloog William Bainbridge en de filosoof Nick Bostrom, die beiden de sociale weerstanden die nanotechnologie oproept in kaart willen brengen. Het komt erop aan, schrijft Bostrom op de website van The World Transhumanist Association, om mensen beter te informeren over de mogelijkheden die nieuwe technologieën aanreiken. Onderwijs, discussie en publiek debat over technologie en mensverbetering maken het mogelijk voor individuen om betere, meer overwogen beslissingen te nemen, ten gunste van *enhancement* (Bostrom 2003).

De uitlatingen van Kurzweil, Bainbridge en Bostrom geven een goed inzicht in de sociale en ethische uitdagingen die de nanotechnologie vanuit de optiek van mensverbetering inhoudt: daar de technologische vooruitgang het mogelijk maakt om een nieuwe, betere mens te scheppen, mag de technologieontwikkeling in geen geval afgeremd worden. Meer nog, alle individuen en groeperingen hebben recht op een eigen posthumane identiteit, die ze in interactie met de technologie ontplooiën. Of, positiever verwoord, zoals James Hugh het stelt in zijn boek *Citizen Cyborg* (Hugh 2004, 187-220), we hebben nood aan een democratisch transhumanisme dat ieder individu de kans geeft zichzelf technologisch te ondersteunen en te upgraden, zonder dat er sprake is van sociale, politieke en economische uitsluiting.

De reacties op de hierboven aangehaalde betogen voor mensverbetering laten niet lang op zich wachten. In 2003 publiceert de President's Council on Bioethics een rapport met de titel *Beyond Therapy*, waarin gewaarschuwd wordt voor het gebruik van nieuwe technologieën die de menselijke waardigheid kunnen aantasten. De discussie wordt ook in politieke kringen voortgezet en bestendigt een al aanwezige breuk tussen conservatieven en progressieven, waarbij de eersten zich beroepen op de menselijke waardigheid, de aard van het individu en de fundamentele menselijke waarden en de laatsten op de individuele vrijheid en het recht van het individu om zijn leven in te richten met behulp van beschikbare technologieën.

Ondanks de tegenkantingen van sommige Congresleden, laat de idee van mensverbetering duidelijk sporen na in het NNI. In het uiteindelijke NNI-rapport (Roco en Bainbridge 2002), dat geschreven werd in opdracht van de Amerikaanse National Science Foundation (NSF), wordt een naar Europese normen vrij radicaal toekomstbeeld geschetst. De auteurs ervan spreken meermaals van een 'nieuwe renaissance' die de integratie van alle kennis zal inluiden en de fusie van mens en technologie. Eerder dan de mens zelf, is het de convergentie van nanotechnologie, biotechnologie, ICT en hersenwetenschappen die de toekomst van de mensheid aangeeft.

## Bijkomende ethische vragen

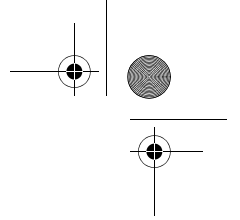
Nanotechnologie roept dus ethische vragen in het leven die voor een aanzienlijk deel voortkomen uit de invloed van het transhumanisme op het Amerikaanse wetenschapsbeleid. Mede door de doorwerking van transhumanistische idealen in het NNI is het debat over de sociale en ethische betekenis van nano-ontwikkeling geopend. Ook vanuit Europa komt er respons. In 2004 publiceert de Europese Commissie eveneens een beleidsrapport, met als doel het formuleren van een eensgezind Europees standpunt over de ontwikkeling van nanotechnologie en convergerende technologieën binnen de EU. Als tegenreactie op het transhumanistische ideaal van *human enhancement*, maken de ondertekenaars een onderscheid tussen *engineering of the mind* en *engineering for the mind*. 'Of' duidt in dit geval op het 'verbeteren' van de mens, terwijl 'for' begrepen moet worden als het sturen van technologie op manieren die de mens 'bijstaan'. De richting wordt dan niet in eerste instantie door de technologie bepaald, maar door een overleg tussen alle maatschappelijke actoren over sociale doelstellingen en prioriteiten (Nordmann 2004, 7).

Op het Europese wetenschapsbeleid en de waarden die eraan ten grondslag liggen komen we later terug. Laten we eerst het debat over de ethische implicaties van nanotechnologie verder verkennen binnen de Amerikaanse beleidscontext.

In het Congres wordt al snel duidelijk dat nanotechnologie naast positieve en utopische vooruitzichten, ook negatieve en afwijzende reacties uitlokt. Zo bear-gumenteert nanowetenschapper en ingenieur Eric Drexler dat moleculaire 'nanomachines' ooit in staat zullen zijn zichzelf voort te planten, wat zou kunnen leiden tot een ongecontroleerde vermenigvuldiging van 'nano' ten koste van de mens. Dit zogenaamde *gray goo* ('grijze smurrie')-scenario beschrijft Drexler uitvoerig in zijn boek *Engines of Creation* (1986). Het wordt later door Michael Crichton gepopulariseerd in diens sciencefiction roman *Prey*.

Andere, minder speculatieve voorstellingen van 'nano' raken ethische knelpunten aan die wellicht dringender om een oplossing vragen. Tot deze knelpunten behoren de mogelijk schadelijke gevolgen van nanodeeltjes voor de gezondheid van mens en milieu (bijvoorbeeld door het gebruik van nanodeeltjes in voedingsstoffen en verpakkingen), alsook de vraag hoe verantwoord om te gaan met volgapparatuur. Door de miniaturisatie van chips wordt het bijvoorbeeld mogelijk individuen overal waar ze zich begeven technisch en ook medisch 'bij te staan', wat implicaties heeft voor hun autonomie en privacy.

Geconfronteerd met de veelheid aan ethische vragen die nanotechnologie oproept, evenals de verschillende tijdsdimensie waarbinnen bepaalde ontwikkelingen worden gesitueerd (korte, middellange, lange termijn), reiken beleidsmakers, wetenschappers en andere betrokkenen uiteenlopende antwoorden aan om



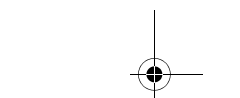
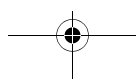
verantwoord met nanotechnologie om te gaan. Zoals we zullen zien, is dit grotendeels te verklaren door de uiteenlopende manieren waarop betrokkenen nanotechnologie en ethiek kaderen. In de speculatieve toekomstbeelden, zoals het doemscenario van Drexler, zijn de gezondheidsrisico's van nanomaterialen geen issue. In onderzoek naar risico's en gezondheidseffecten is dan weer weinig plaats voor de vragen die het transhumanisme willens of onwillens opwerpt: wat is de mens? Hoe ver mogen we gaan? Is het 'repareren' van beschadigd weefsel legitiem? Daarom is het belangrijk om de 'nano-ethiek', zo die al zou bestaan, niet als een enkele, welomschreven discipline te beschouwen maar als een dynamisch geheel van deels overlappende, maar deels ook botsende visies, verwachtingen en betekenissen die bovendien politiek geladen zijn.

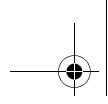
In de eerstvolgende delen onderscheiden we alvast twee, grotendeels onverengbare ethische handelingskaders waarop beleidsmakers en wetenschappers zich in de VS en in Europa beroepen: een 'rationeel' en een 'procedureel' handelingskader. Het eerste is geënt op argwaan en twijfel, mede door het strikte onderscheid dat het handhaaft tussen wetenschappelijke feiten en maatschappelijke waarden. Het tweede kader is procedureel van aard, daar het grote principes vooropstelt die wetenschappers in hun dagelijkse werkzaamheden worden geacht te respecteren.

## Rationeel en procedureel handelen

In 2003 debatteren verschillende Congresleden in het Kapitol over de 21st Century Nanotechnology Research and Development Act, waarin de overheidsfinanciering voor nanotechnologie wordt bepaald. De initiatiefnemers Mike Honda (Democraat, Californië) en Sherwood Boehlert (Republikein, New York), bepleiten de noodzaak om het eigenlijke nanotechnologieonderzoek en het onderzoek naar de sociale en ethische implicaties van nanotechnologie te integreren. Ze stellen ook voor om het onderzoek naar de ethische implicaties van 'nano' en dat naar de 'maatschappelijke' of 'sociale' implicaties aan elkaar te koppelen. Gezien de potentiële reikwijdte van nanotechnologie mag en kan ethiek niet langer voorbehouden zijn aan professioneel opgeleide ethici, zo betogen ze. Voortaan is ethiek een zaak die alle maatschappelijke actoren aanbelangt. Deze begripsverruiming van ethiek vertaalt zich meteen in de hoorzittingen zelf: aan het woord zijn hoofdzakelijk wetenschappers en industriëlen, die worden verzocht zich uit te spreken over de mogelijke ethische en sociale implicaties van nanotechnologie.

De voorstellen van Honda en Boehlert krijgen goed gehoor. De meeste Congresleden en ook de uitgenodigde sprekers zijn het er roerend over eens dat nanotechnologie een enorm potentieel heeft om de samenleving economisch, politiek en sociaal te veranderen. Net daarom is er nood aan een ethisch verantwoorde





innovatie met nanotechnologie, waarbij politieke en sociale groeperingen, evenals gewone burgers, inspraak hebben in het wetenschapsbeleid.

Tot daar is er dus weinig of geen tegenspraak. Het probleem is elders te situeren, in de vraag hoe noties als 'ethische en sociale implicaties' en 'inspraak' worden opgevat.

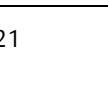
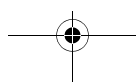
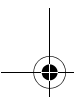
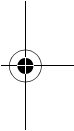
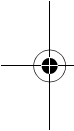
Bij de aanvang van de debatten omschrijft Boehlert de sociale uitdaging van nanotechnologieontwikkeling als volgt:

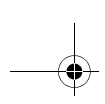
(...) technology, like most human endeavors, inevitably leads to both positive and negative consequences, but one thing we can be sure of is that nanotechnology will be neither the unallied boom predicted by technophiles nor the unmitigated disaster portrayed by technophobes. The truth will be in between, and it is worth probing (Boehlert 2003).

Voor Boehlert ligt de uitdaging voor beleidsmakers en wetenschappers daarom in het nagaan welke informatie over nanotechnologie wetenschappelijk juist is en welke fout. De waarheid ligt volgens hem ergens in het midden tussen de standpunten van 'technofielen' en 'technofoben' in. Om die waarheid te achterhalen pleit hij voor meer kosten-batenanalyses, risico-onderzoek, trendextrapolaties, en zo meer, opdat feit en fictie over nanotechnologie van elkaar worden gescheiden.

Boehlert staat niet alleen met zijn pleidooi voor meer 'wetenschappelijkheid'. Andere sprekers, zoals de codirecteur van het Amerikaanse Nanotechnology Center, Carl Batt, werpen in de hoorzittingen eveneens de noodzaak op om zoveel mogelijk correcte informatie over nanotechnologie te verzamelen en publiek te verspreiden. Op basis van accurate gegevens en gedegen communicatie kan aan burgers uitgelegd worden dat nanotechnologie voornamelijk een gunstige invloed zal hebben op mens en maatschappij, zo stelt hij. De angsten en zorgen die burgers hebben zijn best legitiem maar wetenschappelijk gesproken onterecht. Ze stoeien op een discrepantie tussen de eigenlijke feiten en de vaak overtrokken verwachtingen – zowel positieve als negatieve (Batt 2003).

We omschrijven het ethische handelingskader dat Boehlert en Batt aanreiken als 'rationeel' omdat het een wetenschappelijke aanpak propageert die gebaseerd is op een strikte tweedeling tussen feiten en fictie, en ook tussen feiten en waarden. Het uitgangspunt is dat de waarheid over de eigenlijke wetenschappelijke feiten zoek is. Emoties en angsten staan rationele analyse in de weg en ondermijnen de (nano)wetenschap, zo luidt het. Daar het brede publiek over onvoldoende wetenschappelijke kennis (feiten) beschikt om zich een weloverwogen mening te vormen over nanotechnologie, moet alles in het werk gesteld worden om burgers correct te informeren. Sociale wetenschappers en ethici kunnen hierbij helpen door enerzijds de maatschappelijke weerstanden tegen technologie te ontleden en





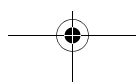
te verklaren (bijvoorbeeld aan de hand van publieksonderzoek) en anderzijds door ervoor te zorgen dat de publieke discussie tussen beleidsmakers, wetenschappers en het brede publiek voldoende wetenschappelijk gestoffeerd is.

Binnen de hier geschetste optiek wordt de studie van de maatschappelijke en ethische implicaties van nanotechnologie eerder een instrument van informatie-overdracht dan een studie in sociaal- of ethisch-wetenschappelijke zin. Vooral Batt lijkt te suggereren dat ethische en sociale problemen vanzelf zullen verdwijnen; het gaat er enkel om de juiste wetenschappelijke methode te volgen. Uit die methode ontspringt de waarheid in wetenschappelijke zin, op basis waarvan een succesvol wetenschapsbeleid kan worden uitgetekend dat bovendien niet onnodig wordt afgeremd.<sup>3</sup>

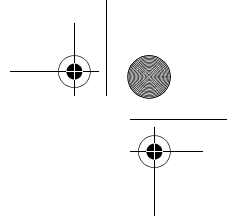
De rationele benadering dient zich duidelijk aan als het voornaamste kader voor de debatten in het Congres. Dat komt omdat ze met haar algemene oproep tot het verstrekken van 'correcte informatie' en het opheffen van sociale tegenstanden de meeste wetenschappers en promotoren van nanotechnologie verenigt en ook kan rekenen op de goedkeuring van de aanwezige transhumanistische denkers. De keuze voor een rationele, wetenschappelijke analyse van 'nano' laat zich ook verklaren door de houvast die erkende wetenschappelijke methodes, zoals kosten-batenanalyses en risicometingen, bieden. Het zijn beproefde methodes die weerwerk kunnen bieden aan de vele onzekerheden die de ontwikkeling van nanotechnologie met zich meebrengt.

Niettemin rijst in de loop van de debatten de vraag of in de huidige wetenschapscontext een rationeel handelingskader volstaat om nanotechnologie in goede banen te sturen. Een politiek wetenschapper, Langdon Winner, die enige faam geniet bij sociale wetenschappers die zich toeleggen op de studie van nieuwe technologieën, bekritiseert de neiging van de beleidsmakers om te dicht aan te leunen bij de wetenschappelijke onderzoekers (Winner 2003). Het gevolg hiervan is dat wetenschappelijke bevindingen nooit fundamenteel in twijfel worden getrokken terwijl de wetenschappelijke kennis over nanotechnologie onvolledig is en gefragmenteerd. Winner betoogt ook dat de tweedeling tussen feiten en waarden, die eigen is aan de rationele benadering, onhoudbaar is. In tegenstelling tot wat de pleitbezorgers van rationele, wetenschappelijke analyse ons willen doen geloven, zullen we altijd in het ongewisse blijven over bepaalde technische, sociale en ethische uitdagingen. Daarom kan onderzoek naar de ethische en sociale implicaties van nanotechnologie nooit berusten op wetenschappelijke informatie-overdracht alleen. Er is meer voor nodig.

3. Zie in dit opzicht ook het NNI-rapport, waarin de auteurs het volgende optekenen: "Research on societal implications will boost the NNI's success and help us to take advantage of the new technology sooner, better, and with greater confidence" (Roco en Bainbridge 2002, 2).





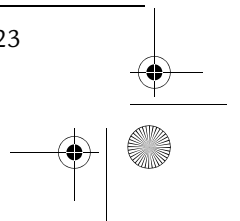
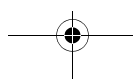


De oplossing die Winner voorziet is de volgende: daar de ontwikkeling van nanotechnologie gepaard gaat met onvolledige en onzekere kennis, is overleg nodig tussen alle belanghebbenden (wetenschappers, politici, maatschappelijke groeperingen, burgers, enzovoort) over de doelstellingen en prioriteiten van wetenschappelijk onderzoek en de procedures die wetenschappers moeten volgen. Met andere woorden, eerder dan de wetenschap voorop te stellen, komt het er op aan vroegtijdig en in alle sereniteit een publieke discussie te voeren over het soort onderzoek en het soort wetenschapsinstellingen dat we willen. Per slot van rekening is de ontwikkeling van nieuwe technologieën ingegeven door ethische keuzes, of het nu gaat om de opslag van CO<sub>2</sub>, het genetisch manipuleren van voedsel of het bouwen van nieuwe structuren op de nanoschaal.

Met zijn pleidooi voor een meer politieke benadering van technologieontwikkeling creëert Winner ruimte voor andere handelingskaders dan het rationele. Zo wordt in de wettekst die het Congres uiteindelijk aanneemt, zowel de noodzaak erkend van het in rekening brengen van de 'ethische en andere maatschappelijke bezorgdheden' ten aanzien van nanotechnologie, als van continue publieke inbreng ("ongoing public input") in nanotechnologieontwikkeling<sup>4</sup>. De eerste doelstelling roept het beeld op van risicostudies, impactmetingen en publieksonderzoek, waaruit exacte wetenschappers feiten distilleren en sociale wetenschappers en ethici de waarden ontleden die ter discussie staan, terwijl de tweede doelstelling een opening laat voor een vroegtijdige dialoog tussen wetenschappers en niet-wetenschappers over te volgen wetenschappelijke doelen en procedures. Het feit dat op twee handelingskaders wordt ingezet brengt een zekere dubbelzinnigheid met zich mee over hoe verantwoord met nanotechnologie moet worden omgesprongen. Is ethiek een zaak van experts of van heel de samenleving? Hoe moeten we publieke input opvatten? Hoewel de rationele benadering veruit het dominante kader is in het NNI en in het Amerikaanse beleidsdiscours in zijn geheel, zijn andere ethische handelingskaders dus niet uitgesloten.

In het volgende deel belichten we het procedureel handelingskader, zoals het tot uitdrukking komt in de Europese beleidscontext. Daar deze benadering inzet op maatschappelijk overleg over de principes die wetenschappers worden geacht in rekening te nemen in hun onderzoek, leunt ze aan bij de visie van Winner. De procedurele aanpak van 'nano' biedt alvast een uitweg uit de vele impasses over de vermeende wetenschappelijkheid van beweringen en voorstellingen. Het nadeel is dan weer dat deze aanpak onvoldoende rekening houdt met de concrete manieren waarop wetenschappers concreet omspringen met data, feiten en experimenten.

4. Zie hiervoor secties 2(b)10(A) en 2(b)10(D) van de 21st Century Nanotechnology Research and Development Act.



## De Europese context: naar een Gedragscode voor verantwoord nano-onderzoek

Zoals eerder vermeld, moet de Europese benadering van nanotechnologie begrepen worden als een reactie op de Amerikaanse. Het Europese rapport over nanotechnologie en convergerende technologieën staat argwanend tegenover de idee van mensverbetering. Bovendien benadrukken de auteurs ervan dat technologische innovatie gebaat is met een brede deliberatie over doelstellingen van wetenschapsbeleid, zoals levenskwaliteit. Binnen deze optiek is beduidend meer ruimte voor een publieke en politieke beraadslaging daar er niet louter wordt uitgegaan van een door de wetenschap ingegeven waarheid (Goorden 2007, 43).

Dat blijkt ook in zoveel woorden uit de publicatie in 2008 van een *Gedragscode voor verantwoord nanowetenschappelijk en nanotechnologisch onderzoek*, waarin 'fundamentele beginselen' als het voorzorgsprincipe, transparantie, duurzaamheid en inclusie (van alle *stakeholders* of belanghebbenden) voorop staan. Zonder te suggereren dat de rationele aanpak in Europa helemaal geen bijval kent, is het duidelijk dat de procedurele logica er de toon zet. De Gedragscode is helemaal in overeenstemming met de Europese idee van *governance*, zoals dit concept uitgebreid beschreven wordt in het Witboek over *governance* (Commissie van de Europese Gemeenschappen. 2001). In het kader van technologiebeleid doen vele ambtenaren beroep op deze bronnen van *soft law* (niet-bindende regelgeving) om de idee van verantwoorde innovatie in Europa gestalte te geven. Sommigen betogen daarbij, zoals Winner in de VS, dat het onmogelijk is om feiten (wetenschap) van waarden (politiek/maatschappij) te onderscheiden. Technologieontwikkeling is immers onlosmakelijk verbonden met de keuzes die wetenschappers, industriëlen, beleidsmakers, enzovoort, dagelijks maken. Die keuzes kunnen verantwoord zijn of onverantwoord; vandaar de noodzaak aan richtinggevende principes die de wetenschap in goede banen kan leiden.

De Europese benadering stoelt dus op een procedurele aanpak van verantwoorde technologieontwikkeling die oproept tot het respecteren van gedeelde Europese waarden. Op zich is deze benadering niet nieuw of eigentijds: ze ent zich op de 'procedurele ethiek' die onder meer is uitgedragen en ontwikkeld door de filosoof-socioloog Jürgen Habermas. Net als bij Habermas vult de Gedragscode de vraag 'wat rechtvaardig is' niet concreet in, maar zijn het de maatschappelijk overeengekomen procedures en principes die bepalen of een handeling (of situatie) rechtvaardig is of niet. Daar de Gedragscode ook een oproep inhoudt tot het vormen van een gedeelde Europese identiteit (want in tegenstelling tot de VS en ook tot Azië, hechten Europeanen wel belang aan inclusie en voorzorg), stemt zij ook in deze zin overeen met het gedachtegoed van Habermas. Tot slot zijn de principes voldoende abstract zodat elke lidstaat de ruimte heeft om, binnen het

aangereikte kader uiteraard, eigen accenten te leggen en een eigen nationaal beleid te voeren. Zodoende handhaaft Europa het algemeen geldende beleidsprincipe van subsidiariteit.

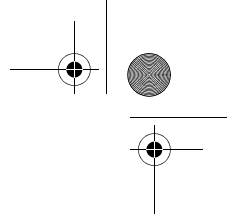
De vraag stelt zich echter of er werkelijk sprake is van 'gedeelde' Europese waarden. Uit de Consultatie die aan de Gedragscode voorafgaat, blijkt alvast dat verschillende partijen vragen hebben bij de notie van verantwoordelijkheid ("accountability") (European Commission Directorate-General For Research 2010, 50). Kan een wetenschapper aansprakelijk worden gesteld voor het onderzoek dat hij uitvoert in zijn laboratorium? Zo ja, hoe verloopt het toewijzen van aansprakelijkheid juridisch?

Ten tweede, zelfs binnen een gedeeld waarde kader ontstaan er andere, soms tegenstrijdige invullingen van principes en hoe deze verankerd moeten worden. Zo pleiten enkele industriëlen er in de consultatierondes voor om het voorzorgsprincipe te koppelen aan 'vooruitgang', terwijl de niet-gouvernementele organisaties (NGO's) zich uitdrukkelijk tegen die koppeling verzetten. Industrievertegenwoordigers stellen ook voor om meer principes toe te voegen aan de al bestaande, waaronder kwaliteit, veiligheid en openheid. Dit brengt NGO's ertoe andere waarden aan te dragen, zoals aanspreekbaarheid.

Een nog fundamentele vraag die opduikt is of de principes samenhangen met nanotechnologie *as such* of evengoed van toepassing zijn op andere technologieën, zoals biotechnologie. Ook hier zien we een vrij klassieke tweedeling ontstaan tussen de aanwezige industrievertegenwoordigers, die aandringen op algemeenheid en daarom op niet-bindende regelgeving, en NGO's die 'nano' als iets wezenlijk nieuws opvatten, waarvoor nieuwe regels en nieuwe wetten nodig zijn. Ze verwijzen daarbij vooral naar de specificiteit van nanomaterialen. Deze substanties zijn vandaag terug te vinden in producten en applicaties maar ontsnappen door hun bijzondere eigenschappen en geringe grootte aan de bestaande regelgeving.

De problemen die zich stellen zijn eigen aan een procedurele benadering van technologieontwikkeling. Deze benadering roept principes in het leven die wellicht door grote delen van de maatschappij worden (of kunnen worden) gedragen, maar slaagt er niet in om die principes naar de praktijk te vertalen. Ze brengt wetenschappers er wel toe om vage principeverklaringen te doen ("we houden rekening met de risico's", "we gaan in debat met het publiek") maar laat zich niet of te weinig in met de concrete, materiële praktijken.

De Europese Gedragscode voor verantwoorde nanotechnologie is dan ook niet vrij van dubbelzinnigheid. Onder titel 4 "Richtsnoeren betreffende te nemen maatregelen" lezen we dat nanotechnologen zich niet mogen inlaten met onderzoek naar de "niet-therapeutische verbetering van menselijke wezens" en "onderzoek dat enkel gericht is op de onwettige verbetering van het menselijke lichaam".



Los van de vraag hoe deze verbodsbepalingen precies moeten worden opgevat en nageleefd (waar ligt de grens tussen verbeteren en genezen en wie bepaalt waar die ligt?), doorbreken ze de scheiding tussen algemeenheid (de regels gelden voor alle technologieën) en specificiteit (de regels gelden enkel voor 'nano'), die de Gedragscode net inroept.

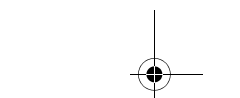
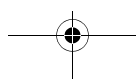
### Naar een experimenteerbenadering?

Gezien de problemen die de rationele en procedurele benaderingen van nanotechnologie-ontwikkeling met zich meebrengen, loont het de moeite een derde, meer experimentele vorm te verkennen. De experimenteerbenadering die we hier schetsen zet in op een directe interactie tussen wetenschappers en de ruimere samenleving, vaak via de bemiddeling van sociale wetenschappers en ethici. Dit laat laatstgenoemden toe om rechtstreeks in de wetenschappelijke praktijk in te grijpen. Laten we deze aanpak aan de hand van enkele voorbeelden illustreren.

In het *Center for Nanotechnology in Society* (CNS) in de staat Arizona, leggen sociale wetenschappers, ethici en antropologen zich toe op de studie van de maatschappelijke inbedding van nanowetenschap en -technologie. Het onderzoek draagt de naam *Real-Time Technology Assessment* (RTTA), wat zoveel betekent als *real-time* evaluatie van technologie, en wordt door de NSF gefinancierd binnen het kader van het NNI. De uitdaging die de onderzoekers zich stellen is om de ethische en maatschappelijke implicaties, en bijgevolg ook de ethiek zelf, te herdefiniëren. Daartoe experimenteren ze met nieuwe methoden en instrumenten die de grondslag kunnen leggen voor een nieuwe manier om technologieën maatschappelijk in te bedden.

Zo vertoefde CNS-antropoloog Erik Fisher maandenlang in een onderzoekslaboratorium voor nanotechnologie in Colorado, waar hij werktuigbouwkundigen observeerde en vragen stelde over hun werk, bijvoorbeeld over het gebruik van ferroceen bij het fabriceren van nanotubes. Hij ging na welke factoren bepalend waren in de keuze van laboranten om net deze verbinding te gebruiken. Hij wees hen erop dat zowel materiële factoren (bijvoorbeeld de voorradigheid van ferroceen) als sociale omstandigheden (het doel van het onderzoek, de verhoudingen tussen de laboranten) een rol speelde in hun onderzoek. Op die manier hoopte hij hen bewust te maken dat ogenschijnlijk kleine beslissingen in een ruimer sociaal en economisch kader moeten worden gezien (Fisher 2007).

Zoals dit voorbeeld aangeeft, beoogt Fisher met zijn experimenten een permanente, op samenspraak gebaseerde interactie in gang te zetten tussen exacte en sociale wetenschappers, waarbij beide partijen bijdragen tot een beter begrip van wat wetenschappelijk onderzoek inhoudt en samen wetenschappelijke artefacten, processen en methodes vormgeven. De technoloog wordt er bovendien toe





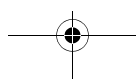
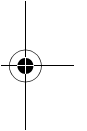
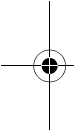
gebracht te reflecteren over de doelen van zijn onderzoek, de wijze waarop het verloopt en de output die het genereert.

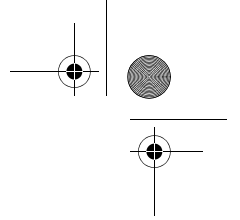
Een tweede instrument waar CNS gebruik van maakt is het ontwerpen van toekomstscenario's. Deze worden door groepjes van leken en wetenschappers geschreven, of ook wel in een samenwerkingsverband naar het model van Wikipedia. De scenario's zijn de aanzet voor een gezamenlijk denkproces met als doel te onderzoeken wat de toekomstige toepassingsmogelijkheden van nanotechnologie kunnen zijn. De nadruk ligt niet op het voorspellen van de toekomst maar op het verkennen van een diversiteit aan toekomstbeelden. In de loop van het verkenningsproces krijgen wetenschappers ideeën aangereikt van maatschappelijke actoren en kunnen door wederzijdse uitwisseling sociaal robuustere technologie-trajecten worden geconstrueerd (Barben et al. 2008, 986).

Ook in Nederland en in Vlaanderen wordt geëxperimenteerd met dit soort interactieve overlegvormen tussen wetenschappers en sociale wetenschappers. In het onderzoeksproject *Nanotechnologieën voor de maatschappij van morgen* (NanoSoc), dat uitgaat van de Universiteit Antwerpen, bedienen sociologen zich van scenario's, burgerpanels en routekaarten om nanowetenschappers kritisch te laten nadenken over de onderzoeksbeslissingen die ze vandaag nemen. Het doel van het project is om de complexiteit van nanotechnologie handelbaar te maken door wetenschappers een diversiteit aan maatschappelijke kennisperspectieven aan te bieden. Uit de kruisbestuiving van ideeën ontstaan mogelijke nieuwe technologie-trajecten die wetenschappelijke en sociale noden in balans brengen (Goorden 2008, 45).

In Nederland is met het werk van pioniers in *constructieve technology assessment* (Schot en Rip 1997) en *interactieve technology assessment* (Grin et al. 1997) een basis gelegd voor faciliteringsprocessen tussen wetenschappers en niet-wetenschappers. Zoals in de voorgaande voorbeelden is de rol van ethiek erin gelegen een open leerproces te initiëren waarin verschillende actoren, denkprocessen, tradities, enzovoort, met elkaar worden geconfronteerd en elkaar bevruchten.

Deze voorbeelden maken duidelijk dat de experimenteerbenadering een directe interactie voorstaat tussen allen die van dichtbij of veraf met wetenschap te maken hebben. Meer zelfs, daar in principe iedereen bij de ontwikkeling van technologie kan worden betrokken, heft deze benadering het gangbare onderscheid tussen expert en leek op. De experimenteerbenadering heeft dan ook, in tegenstelling tot de rationale en procedurele benaderingen, geen welomlijnde grenzen. Het voordeel van deze pragmatische openheid is wellicht dat in een vroeg stadium van technologieontwikkeling een collectief leerproces kan ontstaan waarbinnen technische en sociale overwegingen worden uitgewisseld en in rekening gebracht, tenminste als alle betrokkenen daartoe bereid zijn. Het nadeel van





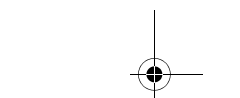
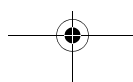
zoveel openheid is dat de betekenis van wetenschap en ethiek op losse schroeven staat. Wat maakt een wetenschapper en wat een ethicus?

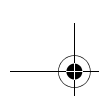
Deze vragen passen in een ruimere historische ethische context, want hoewel ze vele invullingen kent, is de experimenteerbenadering deels verworven met de pragmatische ethiek van John Dewey en William James, die beiden benadrukten dat morele vooruitgang ontstaat door de uitwisseling van ervaringen en discussie.<sup>5</sup> De vraag is echter hoe die uitwisseling concreet verloopt. Hoe moeten bijvoorbeeld de menswetenschappers (in ruime zin) in de ontwikkeling van nanotechnologie worden betrokken? Hier duiken binnen de experimenteerbenadering twee divergerende standpunten op. Voor antropologen als Fisher komt het erop aan om samen met wetenschappers technologische objecten en processen vorm te geven. Fisher vertrekt daarbij steeds van de concrete materiële praktijken binnen een labo en van de leefwereld van de laboranten zelf. Het risico hiervan is dat de menswetenschapper vooral een instrumentele rol speelt in technologieonderzoek. Eerder dan de werkwijzen en houding van wetenschappers kritisch aan sociale normen en verwachtingen te toetsen (denk aan de Europese Gedragscode) of grotere thema's (bijvoorbeeld de verdeling van welvaart) aan te raken, bestendigt hij de gangbare onderzoekspraktijk. De vraag is of de ethiek hier niet te veel dienstmaagd wordt van de technologie.

Dat risico is ook reëel bij de andere methoden en technieken die hierboven worden vermeld, zoals scenario's en burgerpanels, al is de insteek bij deze methoden doorgaans anders: hier wordt de wetenschapper figuurlijk en vaak ook letterlijk uit zijn onderzoekscontext gehaald. Hij wordt in direct contact gebracht met *stakeholders* en burgers, die geacht worden uiteenlopende waarden en visies aan te dragen. Een mogelijk probleem van deze aanpak is dat de discussies tussen wetenschappers en andere betrokkenen in te abstracte termen verloopt. Zo wijzen recente ervaringen met scenario's uit dat deelnemende wetenschappers de voorstellingen over nanotechnologie te weinig tastbaar vinden (Selin 2007; Deblonde et al. 2008). Met andere woorden, daar waar de antropologische benadering zich helemaal met de technologische praktijk vereenzelvigd ten koste van kritische bezinning over algemene waarden en principes, riskeert de tweede aanpak net aan de concrete materiële praktijk voorbij te gaan en dit ten koste van de specifieke aard van nanotechnologie.

Deze problemen zijn slechts enkele waarmee de experimenteerbenadering te kampen heeft. De beschrijving 'experimenteel' is ook niet zomaar gekozen: deze aanpak is volop in ontwikkeling en ontplooit zich samen met de nanotechnologie in verschillende richtingen. Ze is vooral veelbelovend daar ze geen artificieel onderscheid inbouwt tussen feiten en waarden en zich direct met wetenschappers

5. Zie Swierstra en Rip (2007) voor een diepgaandere uitwerking van het verband tussen pragmatische ethiek en experimenteerbenaderingen in de context van nano-ontwikkeling.





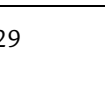
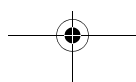
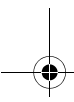
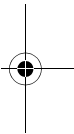
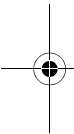
zelf inlaat. Maar het is verre van uitgeklaard of ze effectief een uitweg biedt uit het dilemma tussen specificiteit en algemeenheid, dat eigen is aan de nanotechnologie. Bovendien is onduidelijk welke rollen sociale wetenschappers en ethici binnen een experimenteel kader kunnen en moeten spelen.

### **Besluit: verschillende soorten 'nano-ethiek'**

Nu we enkele uiteenlopende interpretaties van 'nano-ethiek' aan de hand van ontwikkelingen in de VS en in Europa hebben geïllustreerd, kunnen we de verschillende benaderingen naast elkaar leggen. We beogen daarbij niet zozeer om deze te evalueren, als wel duidelijk te maken dat elke aanpak een welbepaalde politieke visie op technologieontwikkeling schraagt. Zo stoelt de rationele aanpak op twijfel en op het wantrouwen van specialisten tegenover niet-specialisten. Die laatsten ontberen immers 'correcte informatie' om zich adequaat over nanotechnologie te kunnen uitspreken. Ze moeten worden overtuigd of zelfs bedwongen. De procedurele aanpak is per definitie deliberatief; ze gaat ervan uit dat de onzekerheid die met de ontwikkeling van nanotechnologie gepaard gaat enkel kan worden beheerd als we het eens geraken over goede procedures en principes die los van de technologie in kwestie kunnen worden toegepast. De experimenteerbenadering zet in op een co-constructie van technologie door wetenschappers, maatschappelijke actoren en burgers. Dit kader grijpt nanotechnologie aan om de rol van ethiek fundamenteel te herdenken en zelfs om ethiek integraal deel te laten uitmaken van de wetenschappelijke praktijk.

Het is belangrijk om deze verschillen te belichten daar 'ethiek' en wetenschapsbeleid vandaag onlosmakelijk samenhangen. Ethiek is een instrument geworden om overheidsfinanciering te mobiliseren, een manier voor de betrokkenen om stelling in te nemen in technologiedebatten en om rollen en taken toe te wijzen. Daar de actoren de term ethiek op welbepaalde manieren gebruiken, ligt de notie ook niet bij voorbaat vast. Net als het concept nanotechnologie wordt de betekenis ervan in interactie en afhankelijk van technologieontwikkelingen onderhandeld. Het is daarom best denkbaar dat binnen afzienbare tijd nieuwe ethische kaders worden aangereikt die een antwoord kunnen bieden aan de prangende vragen die nanotechnologie vandaag opwerpt: hoe moeten we omgaan met complexiteit en onzekerheid? Wat is er eigen aan nanotechnologie en wat heeft ze gemeen met andere technologieën? Hoe kunnen we waarden en feiten samenbrengen? Hoe kunnen we ze zinvol uit elkaar houden? Wat is de rol van overheden, wetenschappers en burgers in nanotechnologieontwikkeling?

Het is allicht zinvol om de verschillende antwoorden op deze vragen beleidsmatig te integreren, zoals vandaag al gebeurt, alleen moeten de betrokkenen oog hebben voor de dubbelzinnigheden en contradicties die een dergelijke oefening



met zich meebrengt. Zo niet, ontstaan er onoplosbare spanningen tussen visies, verwachtingen en praktijken. De in dit artikel geschetste verkenning van nanotechnologie en ethiek kan alvast bijdragen tot begripsverheldering over hoe 'nanotechiek' vandaag wordt ingevuld en hoe de componenten 'nano' en 'ethiek' onderling verbonden zijn. Het kan ook een eerste aanzet zijn tot een meer doordacht samenspel tussen de uiteenlopende kaders die de actoren in debatten over de sociale en ethische implicaties van nanotechnologie aanreiken.

## Dankwoord

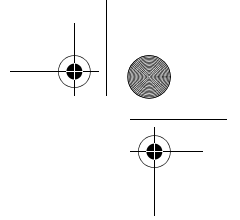
De auteurs danken twee anonieme referees voor hun commentaren op een eerdere versie van dit artikel. Het onderzoek kwam mede tot stand dankzij de steun van het Fonds Wetenschappelijk Onderzoek – Vlaanderen.

## Bibliografie

- Batt, C. 2003. Testimony presented at the Committee on Science, U.S. House of Representatives Hearing to examine the societal implications of nanotechnology and consider H.R. 766, The Nanotechnology Research and Development Act of 2003, March 19.
- Barben, D., E. Fisher, C. Selin, en D. Guston. 2008. "Anticipatory Governance of Nanotechnology: Foresight, Engagement, and Integration." In *The New Handbook of Science and Technology Studies*, red. E. Hackett et al., 979-1000. Cambridge: MIT Press.
- Boehlert, S. 2003. Opening Statement presented at the Committee on Science, U.S. House of Representatives Hearing to examine the societal implications of nanotechnology and consider H.R. 766, The Nanotechnology Research and Development Act of 2003, March 19.
- Bostrom, N. 2003. "The Transhumanist FAQ. A General Introduction." *World Transhumanist Association*. <http://humanityplus.org/philosophy/transhumanist-faq/>.
- Commissie van de Europese Gemeenschappen. 2008. *Aanbeveling van de Commissie betreffende een gedragscode voor verantwoord nanowetenschappelijk en nanotechnologisch onderzoek*. C(2008)424.
- Commissie van de Europese Gemeenschappen. 2001. *Europese Governance. Een Witboek*. C(2001)428.
- Commission of the European Communities. 2007a. *Towards a Code of Conduct for Responsible Nanosciences and Nanotechnologies Research*. Consultation Paper.
- Commission of the European Communities. 2007b. *Towards a Code of Conduct for Responsible Nanosciences and Nanotechnologies Research*. Detailed analysis of results from the Consultation.



- Committee on Science House of Representatives. 2003. *The Societal Implications of Nanotechnology*. House Hearing 108. Washington D.C.: U.S. Government Printing Office. April 9. <http://www.house.gov/science>.
- Deblonde, M., M. Van Oudheusden, J. Evers, en L. Goorden. 2008. "Co-Creating Nano-Imaginaris: A report of a Delphi-Exercise." *Bulletin of Science, Technology and Society* 28 (5): 372-389.
- European Commission Directorate-General For Research. 2010. *Understanding the Public Debate on Nanotechnologies: Options for Framing Public Policy*, red. R. von Schomberg, en S. Davies. Brussels: European Union.
- Fisher, E. 2007. "Ethnographic Invention: Probing the Capacity of Laboratory Decisions." *NanoEthics* 1: 155-165.
- Goorden, L. 2007. "Elkaar kwijtspelen... en weer vinden in de nanoruimte: Wetenschap en Technologie als maatschappelijk avontuur." In *Wetenschap, Maatschappij, Politiek: Wie stuurt wie?*, red. S. Funtowicz et al., 27-48. Delft: Eburon.
- Grin, J., H. van de Graaf, en R. Hoppe. 1997. *Interactieve Technology Assessment: Een eerste gids voor wie het wagen wil*. Den Haag: Rathenau Instituut.
- Guston, D., en D. Sarewitz. 2002. "Real-Time Technology Assessment." *Technology in Society* 24: 93-109.
- Hughes, J. 2004. *Citizen Cyborg: Why Democratic Societies Must Respond to the Redesigned Human of the Future*. New York: Basic Books.
- Kurzweil, R.. 2003. Testimony presented at the Committee on Science, U.S. House of Representatives Hearing to examine the societal implications of nanotechnology and consider H.R. 766, The Nanotechnology Research and Development Act of 2003, April 9.
- Nordmann, A. 2004. *Converging Technologies: Shaping the Future of European Societies*. Brussels: European Commission.
- President's Council on Bioethics. 2003. *Beyond Therapy: Biotechnology and the Pursuit of Happiness*. Washington D.C.: s.n.
- Roco, M.C., en W.S. Bainbridge. 2002. *Converging Technologies for Improving Human Performance*. Arlington: National Science Foundation.
- Schot, J., en A. Rip. 1997. "The Past and Future of Constructive Technology Assessment." *Technological Forecasting & Social Change* 54: 251-268.
- Selin, C. 2011. "Negotiating Plausibility: Intervening in the Future of Nanotechnology." *Science and Engineering Ethics* 17 (4): 723-737.
- Selin, C. 2007. "Professional Dreamers: The Past in the Future of Scenario Planning." In *Scenarios for Success: Turning Insight into Action*, red. B. Sharpe, en K. van der Heijden, 27-51. New York: Wiley.
- Swierstra, T., en A. Rip. 2007. "Nano-Ethics as NEST-Ethics: Patterns of Moral Argumentation about New and Emerging Science and Technology." *NanoEthics* 1: 3-20.
- Talwar, S.K. et al. 2002. "Behavioral Neuroscience: Rat Navigation Guided by Remote Control." *Nature* 417: 37-38.



U.S. Congress. 2003. *21st Century Nanotechnology Research and Development Act*. Public Law 108-153. Washington D.C.: U.S. Government Printing Office.

Winner, L. 2003. Testimony presented at the Committee on Science, U.S. House of Representatives Hearing to examine the societal implications of nanotechnology and consider H.R. 766, The Nanotechnology Research and Development Act of 2003, April 9.

