

LUCA CONSOLI

Betekenis, impact en dilemma's van nanotechnologie en haar toepassingen

INLEIDING

We kunnen zonder aarzeling constateren dat nano een *hot topic* is. Niet alleen in wetenschappelijk (en technologisch) opzicht, maar ook in toenemende mate als maatschappelijk fenomeen. Op 29 september 2009 heeft in Den Haag het Nanopodium Event plaatsgevonden, waar onder andere de Nationale Nanodialoog van start is gegaan. Nanopodium is een activiteit van de onafhankelijke Commissie Maatschappelijk Dialoog Nanotechnologie, en is bedoeld om de publieke dialoog over nanotechnologie te bevorderen.¹ Van 19 tot 29 mei 2010 heeft het Nanotopia Festival een gevarieerd programma aangeboden aan een breed publiek.² Het Rathenau Instituut heeft tal van interessante publicaties aan het onderwerp gewijd.³ Kennelijk hebben we hier te maken met ontwikkelingen die in een fase zijn beland waar de inbreng van 'het publiek' vereist is, om begrip te creëren en zo – vermoedelijk – acceptatie te bevorderen. En als we ons realiseren hoeveel producten op de consumentenmarkt al gebracht zijn waar nanotechnologie een rol speelt, lijkt het moment om kritisch stil te staan bij dit fenomeen inderdaad aangebroken.⁴

Het begrip 'nano' roept bij de meeste mensen een reactie op die gekenmerkt kan worden door een aantal grote vraagtekens. Wat is een nanovoorwerp? Waarom is een nanovoorwerp bijzonder? Waarom moeten we ons daarover druk maken? Is 'nanotechnologie' (wat het ook moge zijn) al zo ver dat er een maatschappelijk debat nodig is?

Reflectie over de (maatschappelijke) betekenis van nanotechnologie en/of nanowetenschap (ik gebruik voorlopig deze twee begrippen gescheiden; ik zal straks hierop terugkomen) en de mogelijke ethische dilemma's die opgeroepen worden, moet niet alleen betrekking hebben op kennis-kwesties, maar moet vooral rekening houden met het bijzondere karakter van het onderwerp. Men zou in eerste instantie kunnen stellen dat de 'ethiek van nano' niet veel anders is dan de ethiek van andere wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen, maar dat zou een te simplistische houding zijn. De wereld van nano betreft in eerste instantie iets wat voor de macroscopisch ingestelde mens volstrekt contra-intuïtief is. Enerzijds omdat het zo onvoorstelbaar klein is, en anderzijds omdat de schaal invloed heeft op het gedrag van de materie. De fysische eigenschappen van een nanostukje goud zijn volstrekt anders dan die van een macrostuk van hetzelfde element. De oorzaak van dit verschil is dat op nanoniveau de kwantummechanica regeert, d.w.z.: haar effecten overheersen, in tegenstelling tot de macrowereld.⁵

'NANOGEBEUREN' ALS TECHNOWETENSCHAP

Zoals net opgemerkt, is kennis over het onderwerp maar één van de elementen om ons (de maatschappij) in staat te stellen om een adequate reflectie uit te voeren over de betekenis van deze verregaande ontwikkelingen, en de dilemma's die ermee gepaard gaan, maar moet de fundamentele redenen die 'nano' anders maakt dan andere vakgebieden daar zeker ook bij betrokken worden. Op dit bijzondere karakter wil ik nu allereerst ingaan. Mijn stelling is dat het 'nanogebeuren' een paradigmatisch voorbeeld is van een 'technowetenschap', een vorm van activiteit waar het klassieke onderscheid tussen wetenschap en technologie tekort schiet. Een mooie definitie van technowetenschap kunnen we vinden in het werk van de Belgische filosoof Gilbert

Hottois (hij heeft het woord eigenlijk uitgevonden, in 1979!): ‘l’entreprise en marche de ce qu’on appelle plus communément la “recherche scientifique” contemporaine, dont la technique (l’espace et le temps technicisés qui nous environnent de toutes parts) constitue le “milieu naturel” de développement et aussi le principe moteur’.⁶ Dus technologie als een natuurlijk milieu – in ruimtelijk en tijdelijk opzicht – waarbinnen moderne wetenschap zich afspeelt en die ook de ‘drijvende kracht’ achter wetenschap is. Met andere woorden: technowetenschap is een vorm van activiteit waarbij technologie als het ware wordt ‘geïnternaliseerd’ in de wetenschap.

Deze verwevenheid vinden we terug in een vaak genoemde eigenschap van nanowetenschap(technologie): het gaat niet alleen om het *begrijpen* wat zich op die schaal afspeelt, maar ook om de *beheersing* daarvan. Een van de grote fysici van de 20ste eeuw, Richard Feynman, had dit al door in een bijna profetische toespraak die hij in 1959 hield (lang voordat het woord nanowetenschap uitgevonden werd!). Behalve de basisintuïtie dat iets bijzonders ons te wachten stond: ‘There’s plenty of room at the bottom’, zei hij expliciet: ‘What I want to talk about is the problem of manipulating and controlling things on a small scale’.⁷ En in de woorden van een bekende nanoambassadeur, Eric Drexler: nanotechnologie gaat over het ‘bouwen van voorwerpen die in staat zijn om moleculaire objecten te verplaatsen met atomaire precisie’ (‘Building devices able to move molecular objects and position them with atomic precision’).⁸ Vanwege dit samenkomen van begrijpen en beheersen, zal ik vanaf nu de woorden ‘nanotechnologie’ en ‘nanowetenschap’ als uitwisselbaar gebruiken.

EIGENSCHAPPEN VAN 'NANO' ALS
TECHNOWETENSCHAP

Als we dan 'nano' als een technowetenschap beschouwen, is dat niet slechts een kwestie van een andere definitie: het heeft ook normatieve implicaties. Aan technowetenschappen worden twee eigenschappen toegekend: ze zijn enerzijds 'convergerend' (*converging*) en anderzijds 'in-staat-stellend' (*enabling*). Laten we deze eigenschappen kort toelichten.

Nanotechnologie is *convergerend* met andere technowetenschappen. Dat betekent dat het over de klassieke disciplines heen kijkt en dat verschillende inzichten uit verschillende velden nodig zijn om vooruitgang te boeken. Het acroniem NBIC wordt vaak gebruikt om de convergentie van de moderne technowetenschappen aan te duiden: de N van nano, de B van bio, de I van info en de C van cogno. De bijdragen in deze bundel zijn een weerspiegeling van deze convergentie: natuurkunde – wat in een 'klassiek' wetenschapsbeeld wel de natuurlijke omgeving van nano zou kunnen zijn en waar waarschijnlijk veel mensen nano nog steeds plaatsen – is slechts één facet van nanowetenschap. Ook de voorbeelden die ik later in deze bijdrage zal gebruiken getuigen van het inherent transdisciplinaire (niet alleen multi- of interdisciplinaire) karakter van nanotechnologie.

De onderwerpen die in deze bundel worden behandeld, maken ook meteen duidelijk waarom nanotechnologie een 'enabling' fenomeen is. Nanotechnologie heeft een 'schakelfunctie', het produceert ontwikkelingen die op hun beurt nieuwe technieken en producten mogelijk maken. 'Enabling' betekent dus niet alleen 'in-staat-stellend' als neutrale constatering, maar heeft ook een normatieve implicatie: het is een 'emanciperend' fenomeen, en aldus wordt de verkapte normativiteit die zich achter definities schuil houdt duidelijk.

Deze twee eigenschappen van de nanotechnowetenschap tezamen leveren een derde eigenschap op, die ik zou

willen karakteriseren met een woord dat ik leen van Hub Zwart, hoogleraar filosofie van de natuurwetenschappen aan de RU: *pervasiveness*, oftewel alomtegenwoordigheid, doordringendheid.⁹ Nanotechnologie dringt letterlijk door, of heeft de potentie om door te dringen in de diepste recessen van onze samenleving. Tegelijk is het ook een figuurlijke vorm van doordringendheid: onze perceptie van de werkelijkheid wordt beïnvloed door het idee dat we in staat zijn om op een niveau in te grijpen waar (bijvoorbeeld) het onderscheid tussen levende en niet-levende materie weinig betekenis meer heeft.

Maar er is meer, en dat is ook een eigenschap van technowetenschappen: het alomdoordringende karakter is *wederzijds*, dat wil zeggen: niet alleen van de (techno)-wetenschap naar de samenleving toe, maar ook omgekeerd. De grenzen van het lab vervagen als het ware. De steeds grotere vraag naar valorisatie – en dus impliciet naar de legitimatie – zijn hier een teken van.

ETHISCHE DILEMMA'S

Een eerste conclusie die we hier kunnen trekken is dat de vraag naar betekenis en impact van nanotechnowetenschap veel verder reikt dan een klassieke analyse van ethische dilemma's. Het is desalniettemin uitermate belangrijk om die dilemma's te verwoorden, om ze vervolgens in het bredere kader te kunnen plaatsen. Ik zal hier een aantal thema's kort aanstippen.

risico's van nanodeeltjes

Allereerst dient gepreciseerd te worden dat de (maatschappelijke) discussie naar de ethiek van nanotechnologie op dit moment zich vaak beperkt tot een vrij eng gebied: dat van de potentiële lange termijn gezondheidsrisico's van nanodeeltjes. Dit is enigszins begrijpelijk: nanodeeltjes zijn nu al verwerkt in talloze producten voor dagelijks gebruik.

Een paar voorbeelden: zonnebrandcrèmes, anti-aging zalfjes, sportsokken, tennisrackets. De maatschappelijke relevantie van de vraag naar wat deze nanodeeltjes met ons en met het milieu op de lange termijn doen, kan niet onderschat worden. In 2009 heeft het consumentenprogramma Radar een aflevering hieraan besteed,¹⁰ en Canadees onderzoek heeft een paar jaar geleden een beeld opgeleverd waaruit in elk geval blijkt dat potentiële toxiciteit een echte kwestie is.¹¹ Een belangrijk element in de discussie over de gezondheidsrisico's van nanodeeltjes is hoe (en of) het voorzorgsprincipe¹² zou moeten worden toegepast.¹³

geneeskunde en empowerment van patiënten

Maar, zoals opgemerkt, nanodeeltjes zijn bij lange na niet het enige gebied waar nanotechnologie voor lastige dilemma's gaat zorgen, of naar alle waarschijnlijkheid zal gaan zorgen in de nabije toekomst. Een gebied waar 'nano' voor grote doorbraken staat, is dat van de geneeskunde. Meer specifiek zou ik de aandacht hier willen richten op het gebied van de zogenaamde 'zelftests'. Een 'zelftest' houdt in dat men als consument een commercieel product koopt, waarmee het mogelijk is om bijvoorbeeld aanleg voor bepaalde (genetisch bepaalde) ziektes vast te stellen. Dit soort producten is al commercieel verkrijgbaar.¹⁴ Hier hebben we te maken met een duidelijk voorbeeld van het convergerende karakter van nanotechnologie die ingezet wordt voor medische doeleinden: gepersonaliseerde diagnostiek op moleculair niveau. Deze ontwikkelingen (die naar verwachting een steeds groter marktaandeel zullen veroveren) hebben verschillende maatschappelijke en ethische implicaties. We worden als het ware stiekem aangemoedigd om onszelf als *potentiële patiënten* te beschouwen.¹⁵ Sterker nog: als *empowered patients*; we kunnen immers onszelf testen! Maar: hoe reëel is deze 'empowerment'? Is dit aanbod van zelf uit te voeren testen niet een verkapt poging om de menselijke autonomie verder te onderwerpen aan een soort van technoafhankelijkheid?

Dat laatste hoeft uiteraard niet noodzakelijk onwenselijk te zijn, maar zou wel bespreekbaar gemaakt moeten worden, om mensen in staat te stellen een weloverwogen keuze te kunnen maken. En verder: in hoeverre draagt deze vermeende *empowerment* bij aan het opwekken van onrealistische verwachtingen ten opzichte van de werkelijke mogelijkheden van wetenschap en technologie?

Een precisering is wellicht hier op zijn plek. Bovenge-noemde vragen (en de kanttekeningen die ik in het vervolg zal maken) worden natuurlijk niet alleen door nanotechnologie opgewekt. Er zijn tal van andere ontwikkelingen die tot een vergelijkbare problematisering kunnen leiden. Maar – zoals eerder opgemerkt – juist het doordringende karakter van de nanotechnowetenschap doet deze vragen overal opdoemen. Men zou kunnen zeggen dat nanotechnologie de noodzaak voor ethische en maatschappelijke reflectie acuter maakt.

privacy

Een gebied waar dit effect zich nadrukkelijk manifesteert is dat van de privacy. Dat is een onderwerp dat men niet meteen zou verbinden aan nanowetenschap. Ik zal hier kort twee voorbeelden schetsen die naar het tegendeel wijzen: RFID-chips en Smart Dust.

RFID (*Radio Frequency Identification*) chips worden beschouwd als de opvolgers van de streepjescode en zijn de afgelopen jaren behoorlijk in de publieke belangstelling geweest in Nederland wegens hun invoering in de nieuwe paspoorten. Hun afmetingen bevinden zich momenteel nog in de microrange, maar de verwachting is dat ze binnenkort nog verder verkleind, als nanodevices zullen worden geproduceerd.¹⁶ Zoals uit hun gebruik voor paspoorten kan worden afgeleid worden ze ingezet als automatische identificatiemethode. Gegevens kunnen op afstand gelezen en (als ze tot de ‘actieve’ soort behoren) ook overschreven worden. Andere toepassingen zijn product-

identificatie, vervoercontrole, diefstalpreventie en het traceren van mensen en dieren. De felle discussie rondom het RFID-paspoort heeft in ieder geval duidelijk gemaakt dat de beveiligingsissues rondom deze chips – de mogelijkheid om ze ‘op afstand’ te lezen – ernstige gevolgen kunnen hebben voor de privacy van de burgers. Maar er is hier meer aan de hand: als we ons realiseren dat al in 2004 RFID-chips zijn voorgesteld als oplossing voor het traceren van gevangenen en van scholieren, worden de maatschappelijke implicaties van deze toepassingen en de ethische vragen nog eviderter.¹⁷ Hier ook zou men bezwaar kunnen aantekenen: wat heeft dit speciaal te maken met nanotechnologie? Enkelbanden voor gevangenen zijn toch breed geaccepteerd en ingevoerd? Wat maakt een nano RFID-chip dan anders dan ‘traditionelere’ oplossingen? Mijn antwoord hierop is tweedelig. Enerzijds: inderdaad, de vragen rondom controle en hoe dat zich verhoudt met privacykwesties zijn niet speciaal verbonden aan de grootte van de apparaten. Maar anderzijds: niet alleen – zoals al opgemerkt – maakt *pervasiveness* alle bestaande vragen acuter, in dit geval kunnen we nog een ander aspect van nanotoepassingen aanduiden die de discussie op scherp zet: de *onzichtbaarheid* ervan. Wat men niet kan zien is bij voorbaat enger, of wordt als zodanig ervaren. De toepassing ervan onttrekt zich in ieder geval meer aan controle. In het laatste voorbeeld wil ik dit aspect kort uitwerken.

Smart Dust is een in 2001 geïntroduceerd en nu nog semi-speculatief begrip, wat verwijst naar een hypothetisch netwerk van onzichtbare draadloze sensoren die in een omgeving losgelaten kunnen worden om allerlei gegevens op te vangen.¹⁸ Ik gebruik het woord ‘semi-speculatief’ expres, want ook hier raast de technologie voort: nanosensoren komen steeds dichterbij,¹⁹ evenals nanoradio’s.²⁰ Toepassingen voor deze ontwikkelingen zijn talloos: efficiënte netwerken, verkenning van voor de mens gevaarlijke omgevingen, oorlog tegen terrorisme, spionage, enzovoorts. Belangrijke maatschappelijke kwesties

worden eveneens opgeroepen: controleerbaarheid door middel van onzichtbaarheid – en hier zien we hoe de verhouding met het vorige voorbeeld wordt gemaakt –, en meer in het algemeen de verhouding tussen democratische en technologische macht. Technowetenschappen hebben een dusdanig ingrijpend karakter dat ze als het ware ‘stiekem’ ons maatschappelijk weefsel veranderen, en daarmee ook de ‘balance of powers’ die aan de basis staat van een democratische samenleving. Het feit dat deze toepassingen nog jaren op zich kunnen laten wachten voordat ze eventueel breed ingevoerd worden mag ook geen reden zijn om de reflectie over de maatschappelijke en ethische consequenties daarvan uit te stellen. Het voorbeeld van nanodeeltjes maakt duidelijk dat het aanpakken van deze problematiek een aanzienlijk ingewikkelder proces wordt wanneer het moment van invoering van een technologie gepasseerd is. Technowetenschappen wijzen ons des te meer op het belang van ‘intellectuele preventie’.

WAT IS HET PERSPECTIEF VAN DE MAATSCHAPPELIJKE DIALOOG NANO- TECHNOLOGIE?

Aan het begin van deze bijdrage heb ik geconstateerd dat het maatschappelijke debat rondom nanotechnologie op gang komt, sterker nog: allerlei initiatieven worden in het leven geroepen om publiek debat en opinievorming te bevorderen. Daarna is een aantal (toekomstige) ontwikkelingen de revue gepasseerd en zijn de daarbij horende (ethische) dilemma’s kort aangegeven. Een vraag die men nu zou kunnen stellen is: in hoeverre is een maatschappelijk debat een adequaat instrument om *kritische reflectie* te bevorderen over de aangestipte dilemma’s? En wat zijn de (beoogde) consequenties van de uitkomsten van dit debat?

Het antwoord op deze vragen hangt af van de veronderstellingen waarmee interactie en dialoog worden ingezet.

Enerzijds kan men vanuit een ‘acceptatieperspectief’ denken: die ontwikkelingen op het gebied van nano komen er aan, en zullen ook niet echt tegengehouden kunnen worden. In dit geval is er sprake van een soort (vaak onbewust) technologisch determinisme: techniek als autonome kracht die een eigen richting en dynamiek heeft.²¹ Vanuit een dergelijk perspectief hebben publieke discussies en interactie vooral een *instrumenteel* doel, namelijk: de technologische ontwikkelingen zo goed mogelijk laten indalen in de maatschappij. Kritische reflectie is in dit scenario van ondergeschikt belang: de kaders zijn immers al vastgelegd, het wordt een kwestie van her en der bijshaven.

Anderzijds kan men vanuit een ‘interactieperspectief’ denken: wat met nano gaat gebeuren is deels afhankelijk van de uitkomsten van de maatschappelijke discussie. Dat betekent dat de kaders mede gevormd worden tijdens de discussie. In dit scenario is kritische reflectie van wezenlijk belang en heeft de inbreng van de actoren een *richtinggevend* doel.

Voor beide scenario’s valt wat te zeggen, maar een ding is belangrijk om hier op te merken: de keuze voor een van de perspectieven zal op een fundamentele manier opzet en verloop van de maatschappelijke dialoog beïnvloeden. Mijn voorstel is dan ook voor een *echte* discussie te kiezen, en niet een verkapte toepassing van het bekende ‘deficit-model’ van kennis: een kennisgebrek aanvullen met de verwachting dat daarmee begrip en acceptatie min of meer automatisch zullen volgen. Keer op keer heeft onderzoek aangetoond dat het zo niet werkt. En, ik zou willen toevoegen, het is ook geen wenselijke benadering. Kennis is een noodzakelijk maar niet afdoende middel om dialoog te creëren, kritische ethische en filosofische handvatten zijn evenzeer nodig.

CONCLUSIE

Uit het voorgaande overzicht is het hopelijk duidelijk geworden dat het – al dan niet reeds geactualiseerde – potentieel van nanowetenschap en nanotechnologie ons voor grote uitdagingen plaatst: Zijn we als maatschappij voorbereid om te gaan met de ‘pervasiveness’ van deze technowetenschap? Welke gevolgen staan ons te wachten in termen niet alleen van risico’s, maar ook van nieuwe (morele) dilemma’s? Moeten we een nieuw intellectueel arsenaal van begrippen ontwikkelen? Zo ja (en dat is mijn overtuiging), dan zal dat niet alleen binnen de muren van de academische gemeenschap kunnen gebeuren – muren die door *pervasiveness* meer dan ooit zijn gaan lijken op celmembranen, scheidend maar tegelijkertijd doorlatend, en waar het doorlatende karakter cruciaal is voor het overleven van de cel –, maar in een echte dialoog met alle betrokken actoren.

NOTEN

- 1 www.nanopodium.nl.
- 2 www.nanotopia.nl.
- 3 Zie bijvoorbeeld: B. Walhout, I. van Keulen, R. van Elst & I. Malsch, *Nanomedicine in the Netherlands*, Rathenau Instituut 2010, Den Haag; R. van Elst, B. Walhout & L. Hanssen, L. *Ten lessons for a nanodialogue* (2008); R. van Elst, I. Malsch, & A. Rip, *Om het kleine te waarderen. Een schets van nanotechnologie*, Rathenau Instituut 2004, Den Haag.
- 4 Zie: <http://www.nanotechproject.org/inventories/consumer/>.
- 5 Zie elders in deze bundel de bijdrage van Theo Rasing.
- 6 G. Hottois, *Le signe et la technique. La philosophie à l'épreuve de la technique*, Aubier Montaigne 1984, Paris.
- 7 R. Feynman, Toespraak gehouden op 29 december 1959 bij de American Physical Association. Elektronisch beschikbaar via: <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>.

- 8 K. E. Dexler, 'Molecular Engineering', in: *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 78(1981), p. 5275-5278.
- 9 Zie bijvoorbeeld H. Zwart, 'Pervasive Science: Challenges of contemporary technosciences for governance and self-management', in: M.E.A. Goodwin et al (eds.) *Dimensions of Technology Regulation*, Wolf Legal Publishers 2010, Oosterwijk, p. 189-202.
- 10 Aflevering 18-05-2009, terug te zien via: www.trosradar.nl.
- 11 C. Ostiguy, C. Lapointe G, Trottier M, Ménard L, Cloutier Y, Boutin M, et al., *Health Effects of Nanoparticles (Second Edition)*, IRSST 2006, Montreal. Te downloaden via: http://www.irsst.qc.ca/en/_publicationirsst_100209.html.
- 12 'Het voorzorgsprincipe is een moreel en politiek principe dat stelt dat als een ingreep of een beleidsmaatregel ernstige of onomkeerbare schade kan veroorzaken aan de samenleving of het milieu, de bewijslast ligt bij de voorstanders van de ingreep of de maatregel als er geen wetenschappelijke consensus bestaat over de toekomstige schade. Het voorzorgsprincipe is vooral van toepassing in de gezondheidszorg en het milieu; het gaat daar in beide gevallen over complexe systemen waar ingrepen resulteren in onvoorspelbare effecten.' Bron: Wikipedia (29-07-2010).
- 13 A. Grünwald, 'Nanoparticles. Risk Management and the Precautionary Principle', in: *Emerging Conceptual, Ethical and Policy Issues in Bionanotechnology*, Springer 2008, Berlin, p. 85-102.
- 14 Zie: www.myriad.com.
- 15 Th. Wobbes, 'De onthulling van een mensbeeld door medische wetenschap en technologie', in: L. Consoli & R. Hoekstra (red.), *Technologie en mensbeeld*, Valkhof Pers 2008, Nijmegen, p. 61-79.
- 16 'Nano-based RFID Tags Could Replace Bar Codes', in: *ScienceDaily*, 19-03-2010, elektronisch geraadpleegd op 21-06-2010.
- 17 Zie: <http://www.silicon.com/technology/networks/2004/08/02/44000-prison-inmates-to-be-rfid-chipped-39122811/>;

<http://www.silicon.com/technology/networks/2004/07/08/schoolchildren-to-be-rfid-chipped-39122042/>
(geraadpleegd op 23-06-2010).

- 18 B. Warneke, M. Last, B. Liebowitz & K. S. J. Pister, 'Smart Dust. Communicating with a Cubic-Millimeter Computer', in: *Computer*, 34(2001), p. 44-51.
- 19 M. J. Sailor & J. R. Link, 'Smart Dust. Nanostructured devices in a grain of sand', in: *Chemical Communications* 11(2005), p. 1375-1383.
- 20 'The World's Smallest Radio', in: *Scientific American* 300 (2009), p. 45.
- 21 P.-P. Verbeek, 'De grens van de mens. Over de relaties tussen mens en techniek', in: Consoli & Hoekstra (red.), *Technologie en mensbeeld*, p. 14-37.