

Gezondheidsraad geeft advies over betekenis van nanotechnologieën



Gezondheidsraad, 27 april 2006

Alhoewel de aard en omvang van ethische vragen die nanotechnologie zal gaan oproepen nog niet zijn te overzien, heeft de Gezondheidsraad vandaag een advies over dit onderwerp uitgebracht. M.b.t. de ethische problemen concludeert men dat deze naar verwachting niet nieuw zullen blijken, maar terug te voeren zullen zijn op bekende ethische dilemma's. (webredactie SME)

De veelbelovende ontwikkelingen in de nanowetenschap en nanotechnologie inspireren gemakkelijk tot hoge verwachtingen omtrent nieuwe wondermiddelen: van geneesmiddelen voor ziekten die nu nog ongeneeslijk heten tot implantaten die de mens verbeteren. Bij stormachtige ontwikkelingen is er echter ook altijd ongerustheid over de potentiële gevaren: hoe blijven we die ongrijpbaar kleine nanodeeltjes de baas? In een vandaag verschenen advies gaat de Gezondheidsraad in op de betekenis van nanotechnologieën voor de menselijke gezondheid. De raad nuanceert zowel de beloften als de bedreigingen, en geeft aan hoe de ingrijpende ontwikkelingen in goede banen te leiden zijn.

Betekenis van nanotechnologieën voor de gezondheid

In het voorliggende advies gaat een commissie van de Gezondheidsraad in op de betekenis van nanowetenschap en nanotechnologieën voor de menselijke gezondheid. De beloften en bedreigingen voor de individuele mens en voor de samenleving als geheel komen aan bod. De commissie geeft aan hoe de ingrijpende ontwikkelingen in goede banen kunnen worden geleid.

Nanowetenschap en nanotechnologieën

Nanowetenschap en nanotechnologieën vormen een vakgebied dat momenteel in het middelpunt van de belangstelling staat. Het voorvoegsel 'nano-' heeft betrekking op de nanometer (nm), één miljardste meter. Materialen met afmetingen tussen 100 nm en circa 0,1 nm (de grootte van een enkel atoom) vertonen bijzondere mechanische, optische, elektrische en magnetische eigenschappen. Die kunnen wezenlijk verschillen van de eigenschappen die dezelfde materialen bij grotere afmetingen bezitten. De laatste jaren is de mens steeds beter in staat om de vorm en grootte van materialen op nanometerschaal te beheersen. Daarmee ontstaat de mogelijkheid om de bijzondere eigenschappen van nanomaterialen te bestuderen en te exploiteren.

De fysicus Feynman voorzag in 1959 als eerste de mogelijkheden die het manipuleren van materie op het niveau van individuele moleculen en atomen zou kunnen bieden, maar het was de Japanse ingenieur Norio Taniguchi die in 1974 het eerst de term nanotechnologie gebruikte. Een mijlpaal in de ontwikkeling vormde de uitvinding van de Scanning Tunneling Microscope (STM) in het begin van de jaren tachtig. Met deze microscoop kon men voor het eerst afzonderlijke atomen zichtbaar maken én over een vast oppervlak verplaatsen. Dit



opende het perspectief om op termijn grotere structuren te creëren door individuele atomen een voor een samen te voegen, een proces dat aangeduid wordt als bottom-upbottom-up vervaardigd zijn. Zij vormen niet alleen een bron van kennis van de krachten en ontwerpprincipes die een rol spelen bij zelfassemblage, maar ook een bron van inspiratie voor de ontwikkeling van geheel nieuwe nanostructuren met nieuwe functies. Daarnaast slaagt men er via lithografische technieken in om steeds fijnere structuren op of in siliciumplaatjes voor chips aan te brengen. Dit staat bekend als top-down benadering.

Op het niveau van de moleculen en atomen vervagen de grenzen tussen de traditionele wetenschappelijke disciplines. Nanowetenschap en nanotechnologieën vormen daarom bij uitstek een multidisciplinair onderzoeksgebied, waarin fysici, chemici, biologen en ingenieurs steeds meer samenwerken. Vaak maken nanotechnologieën progressie mogelijk binnen andere technologieën. Het zijn enabling technologies.

De diversiteit van het onderzoek is inmiddels enorm. Er wordt een grote verscheidenheid aan nanomaterialen ontwikkeld, zoals films van één of enkele atomen dik, nanotubes van koolstof of anorganische verbindingen, anorganische nanodraden, organische nanovezels, biopolymeren, nanodeeltjes van metalen of metaaloxiden, carbon black (synthetisch roet), fullerenen (bolvormige C60-moleculen), dendrimeren (bolvormige, sterk vertakte organische polymeren) en quantum dots (nanokristallen van halfgeleidermateriaal). Ook kan men in grotere materialen nanoporiën maken. Voor elk van deze materialen zijn tal van toepassingen in ontwikkeling op zeer uiteenlopende terreinen. Sommige materialen worden al op commerciële schaal toegepast, bijvoorbeeld carbon black als materiaalversterker in rubber en deeltjes van titaniumdioxide als UV-reflectoren in zonnebrandcrèmes. Voor de meeste is het echter nog niet zover. Inmiddels gaan er wereldwijd miljarden euro's om in nanowetenschap en nanotechnologieën, vooral in onderzoek en ontwikkeling. Ook Nederland timmert behoorlijk aan de weg met door de overheid gesubsidieerde onderzoeksprogramma's, zoals NanoNed, waarin diverse universiteiten en bedrijven samenwerken.

Toepassingen met gezondheidsbaten

Nanotechnologieën bieden tal van nieuwe instrumenten voor onderzoek aan de basale biochemische en biofysische processen in gezonde en ontregelde cellen. Deze kennis kan de basis vormen voor de ontwikkeling van nieuwe preventiestrategieën en therapieën. Daarnaast vindt intensief onderzoek plaats naar toepassingsmogelijkheden van nanotechnologieën in vrijwel alle disciplines binnen de geneeskunde. Dat klinische toepassingen op dit moment nog schaars zijn, is mede het gevolg van de strenge veiligheidseisen. Niettemin verwachten experts, zeker op de wat langere termijn (tien jaar en later), veel van de 'nanomedicine'.

De enorme toename in kennis van het menselijk genoom en van eiwitten, maakt het meer en meer mogelijk om ziekten te herleiden tot afwijkingen op moleculair niveau. Dat opent in beginsel de mogelijkheid om al in een heel vroeg stadium een diagnose te stellen - en eventueel een behandeling te starten - nog voor de eerste ziektesymptomen zich openbaren. Nanotechnologieën bieden de mogelijkheid om bestaande methoden en instrumenten voor de in vitro detectie van deze moleculaire biomarkers in urine- of weefselmonsters van patiënten te verbeteren en geheel nieuwe te ontwikkelen. Dat geldt ook voor de opsporing van ziekteverwekkende bacteriën en virussen. Nu al resulteren deze technologieën in kleinere, compactere, meer verfijnde analytische instrumenten en goedkope wegwerpcomponenten. Ze verruimen daarmee de mogelijkheden voor point-of-care toepassingen, waarbij eenvoudige analyses in de huisartsenpraktijk of bij patiënten thuis, en door henzelf, kunnen worden verricht.

Met nieuwe contrastmiddelen op basis van nanodeeltjes kunnen bestaande beeldvormingstechnieken voor in



vivo-onderzoek worden verbeterd. Nanodeeltjes van ijzer bijvoorbeeld, worden inmiddels bij patiënten toegepast voor diagnose en behandeling. Nanotechnologieën kunnen leiden tot nieuwe, effectievere geneesmiddelen met minder bijwerkingen. Ze kunnen helpen bij het zoeken naar nieuwe werkzame stoffen en geven bovendien een krachtige impuls aan de al in de jaren zeventig begonnen ontwikkeling van systemen die werkzame stoffen naar de juiste plaats in het lichaam moeten transporteren. Door hun geringe grootte zijn nanodeeltjes daarvoor bijzonder geschikt. 'Stealth coatings', aangekoppelde richtmoleculen en eventueel contrastmiddelen moeten hen uiteindelijk omvormen tot de 'magic bullets', waar men al een eeuw van droomt. Zover is het nog lang niet, maar de eerste anti-tumor- en anti-schimmelmiddelen met eenvoudige afleveringssystemen zijn inmiddels op de markt. Sommige nanodeeltjes kunnen ook zelf als werkzame stof optreden. Tumorcellen bijvoorbeeld, sterven af nadat geïnjecteerde nanodeeltjes van buitenaf worden verhit. De effectiviteit van deze behandeling wordt inmiddels bij patiënten onderzocht.

Nanodeeltjes worden ook gebruikt om de fysische of chemische eigenschappen te veranderen van materialen voor medische toepassingen, variërend van verbandmateriaal tot implantaten. De antibacteriële eigenschappen van nanodeeltjes van zilver worden al op commerciële schaal benut in wondverband. Diezelfde eigenschappen probeert men nu ook te benutten door toepassing van deze deeltjes in coatings op katheters en implantaten en in botcement. Passieve implantaten zoals kunstheupen worden slijtvaster door nanocoatings of nanostructurering van hun oppervlak. Bovendien verdraagt het lichaam de implantaten dan beter, omdat ze dan meer gelijkenis vertonen met de natuurlijke extracellulaire matrix, die eveneens een nanostructuur bezit. Het nano-oppervlak kan zelfs de groei van het omringende weefsel bevorderen, waardoor een betere en duurzamere hechting ontstaat. Ook in vitro gekweekte weefsels blijken het beste te gedijen op matrijzen van nanovezels (bijvoorbeeld van collageen). Bij proefdieren heeft men met geïnjecteerd matrijsemateriaal al in vivo regeneratie van beschadigd zenuwweefsel weten te bewerkstelligen. Hetzelfde geldt voor actieve implantaten, zoals cochleaire implantaten, pacemakers en defibrillatoren: nanostructurering van het elektrode-oppervlak vergroot het contact met het omringende weefsel, voorkomt de vorming van littekenweefsel en zorgt aldus voor een betere en duurzamere signaaloverdracht. Bovendien krijgen de batterijen die deze implantaten gebruiken dank zij nanotechnologieën een steeds hogere energieopslagcapaciteit.

Toepassingen in de landbouw, de levensmiddelensector en het milieubeheer kunnen eveneens de menselijke gezondheid ten goede komen. De ontwikkelingen zijn hier echter wat minder ver gevorderd. Veel mogelijke toepassingen sluiten aan bij die binnen de geneeskunde: de opsporing van ziekteverwekkers en schadelijke stoffen, desinfectie en afleveringssystemen voor diergeneesmiddelen en gewasbeschermingsmiddelen. Andere toepassingen betreffen onder meer bodemsanering en waterzuivering.

Toxicologische risico's

Dezelfde eigenschappen die nanodeeltjes vanuit technologisch oogpunt zo interessant maken, zoals een hoge reactiviteit en het vermogen om barrières te passeren, zouden hen ook gevaarlijk kunnen maken voor de mens of het milieu. De huidige discussie over risico's van nanotechnologieën concentreert zich in belangrijke mate op de mogelijke schadelijkheid van deze deeltjes.

Nanodeeltjes van velerlei aard zijn van nature alomtegenwoordig in het milieu, maar hun hoeveelheid in de lucht is de laatste eeuwen sterk gestegen door de verbranding van fossiele brandstoffen. Sinds geruime tijd is bekend dat fijne stofdeeltjes in de lucht schadelijk kunnen zijn voor de menselijke gezondheid. Dat geldt niet alleen voor hoge concentraties op de werkplek, maar ook voor de relatief lage concentraties in de buitenlucht in stedelijke gebieden. Toxicologisch onderzoek heeft inmiddels veel kennis opgeleverd over de relatie tussen



fysische en chemische deeltjeseigenschappen en werkingsmechanismen die aan de gezondheidsschade ten grondslag liggen. Het inzicht is echter nog verre van volledig. Met de opkomst van nanotechnologieën richten deeltjestoxicologen hun aandacht steeds meer op de fijnste stofdeeltjes, de nanodeeltjes. Daarbij staan zij voor de vraag in hoeverre de beschikbare kennis over 'traditionele' micro- en nanodeeltjes bruikbaar is voor de beoordeling van de risico's van nieuwere soorten synthetische nanodeeltjes, zoals nanotubes, fullerenen, nanodraden, quantum dots en deeltjes die ingezet worden voor geneesmiddelen-transport en diagnose.

Onderzoek met 'traditionele' deeltjes heeft duidelijk gemaakt dat fijne stofdeeltjes gemakkelijk tot diep in de longen kunnen doordringen. Vooral nanodeeltjes slagen er door hun geringe grootte in om de aanwezige verwijderingsmechanismen te omzeilen of te beschadigen en hopen zich op als ze moeilijk op te lossen of af te breken zijn. In tegenstelling tot grotere deeltjes kunnen nanodeeltjes cellen binnendringen en daar de stofwisseling verstoren. Vanuit de longen kunnen ze in de bloedbaan doordringen en zo andere organen bereiken. Waarschijnlijk kunnen nanodeeltjes bovendien via het neusslijmvlies en de reukzenuwen de hersenen binnendringen. In welke mate ze ook via de (intacte) huid en het spijsverteringskanaal het lichaam kunnen binnendringen is minder duidelijk. In het lichaam kunnen nanodeeltjes de vorming van schadelijke stoffen bevorderen, zoals reactieve zuurstofverbindingen. De deeltjes roepen bovendien ontstekingsreacties op, die, indien chronisch, tot verhoogde en schadelijke spiegels van reactieve stoffen van het immuunsysteem in het bloed kunnen leiden. Deze mechanismen liggen vermoedelijk ten grondslag aan het waargenomen verband tussen de aanwezigheid van fijn stof in de lucht en aandoeningen van de luchtwegen en de bloedsomloop bij de mens.

De eerste toxicologische onderzoeken aan nieuwe synthetische nanodeeltjes duiden erop dat dezelfde mechanismen ook bij deze deeltjes een rol spelen. De kans op blootstelling aan dergelijke synthetische nanodeeltjes is voor de algemene bevolking op dit moment nog gering. Voorlopig hebben mensen die met deze deeltjes in onderzoekscentra werken de meeste kans. Dat kan echter veranderen als meer producten met dergelijke deeltjes op de markt komen. Daarom is aandacht voor de toxicologische risico's van nanomaterialen geboden.

Sociale implicaties en morele vragen

De betekenis van nanotechnologieën blijft niet beperkt tot de gezondheid van individuele mensen. Er zijn ook consequenties voor de samenleving als geheel, die zowel positief als negatief kunnen zijn. Nanotechnologieën zijn bij uitstek enabling technologies. Dat verklaart waarom de meeste morele vragen die met nanotechnologieën verband houden, noch nieuw noch typisch voor nanotechnologieën zijn. Dat geldt zeker voor de korte en de middellange termijn. Ze zijn veelal gerezen door eerdere ontwikkelingen binnen andere technologische disciplines. Nu deze onder invloed van nanotechnologieën progressie doormaken, krijgen die bestaande morele kwesties wel een nieuwe dimensie. Ze dringen zich massaler en versterkt aan ons op en winnen aan urgentie. Tegelijkertijd worden ze complexer, wat het vinden van passende antwoorden bemoeilijkt. De commissie illustreert dit aan de hand van enkele voorbeelden die alle direct of indirect met de gezondheid samenhangen.

Nanotechnologieën zullen het gebruik van hulpbronnen en de verdeling van goederen en rijkdom beïnvloeden. Ze kunnen in potentie bijdragen aan de totstandkoming van een duurzamere samenleving en zo de levensstandaard en de gezondheid van toekomstige generaties bevorderen. Ook kunnen ze helpen bij de realisatie van de Millennium Development Goals van de Verenigde Naties ter verbetering van de leefomstandigheden van mensen in ontwikkelingslanden. Wetenschappelijke en technische vooruitgang vergen in het algemeen echter aanzienlijke investeringen en vinden derhalve vooral daar plaats waar



voldoende financiële middelen voorhanden zijn. Zonder een weloverwogen poging om deze ontwikkelingen naar de omstandigheden van de derde wereld te vertalen, bestaat het risico dat de ontwikkelingslanden niet in die mate of zo snel de vruchten van nanotechnologieën zullen plukken als wel zou moeten.

Om schending van de privacy van mensen tegen te gaan, is er uitvoerige nationale en Europese wetgeving. Dat geldt niet in de laatste plaats binnen de gezondheidszorg. De voortschrijdende miniaturisering van apparatuur, in combinatie met ontwikkelingen op ICT-gebied, vergroot echter het risico op onbedoelde onthulling of het onethisch gebruik van vertrouwelijke informatie.

Nanotechnologieën zullen op diverse manieren de relatie tussen arts en patiënt beïnvloeden. Ze kunnen zeer wel bijdragen aan het groter worden van de kloof tussen diagnostiek en therapie, omdat de ontwikkelingen op het eerste vlak sneller gaan dan op het tweede. Dat roept vragen op over het recht-om-te-weten. Daarnaast leidt geavanceerde, handzamere apparatuur in combinatie met vorderingen op ICT-gebied ertoe dat diagnose en behandeling steeds meer thuis plaatsvinden door mantelzorgers of patiënten zelf, al of niet geholpen door fabrikanten van de apparatuur. Vragen over wat goede zorg en goede informatievoorziening inhouden, krijgen door deze ontwikkelingen steeds meer gewicht.

Nanotechnologieën bieden in de toekomst wellicht nieuwe en verdergaande mogelijkheden om gezonde mensen naar eigen smaak te perfectioneren. Op dit moment staan dergelijke enhancement-toepassingen nog in de kinderschoenen of zijn speculatief van aard. Vormen waarbij ICT-implantaten in de hersenen worden geplaatst, raken aan het wezen van onszelf en roepen vragen op over de mogelijke implicaties voor begrippen als 'persoon zijn', 'vrijheid' en 'verantwoordelijkheid', net als het gebruik van psychofarmaca. Wellicht dat op de langere termijn zulke verre gaande, nieuwe mogelijkheden ontstaan, dat geheel nieuwe morele vragen rijzen. De gevolgen voor de samenleving als geheel kunnen groot zijn. Zo kan er een tweedeling ontstaan tussen mensen met en zonder implantaten. Sommige militaire toepassingen zullen eveneens vragen oproepen.

Conclusies en aanbevelingen

Op grond van het bovenstaande komt de commissie tot de volgende conclusies:

- Er vindt intensief wetenschappelijk onderzoek plaats naar toepassingsmogelijkheden van nanotechnologieën binnen vrijwel alle disciplines van de geneeskunde (nanomedicine). Dit geldt in mindere mate ook voor de sectoren van landbouw, voeding en milieu. Slechts weinig nanotechnologische producten zijn nu al op de markt, maar de commissie verwacht dat dit aantal de komende jaren zal stijgen. Er zullen ongetwijfeld nieuwe mogelijkheden voor diagnose en behandeling van ziekten komen. Tegelijkertijd waarschuwt de commissie voor overspannen verwachtingen. Door de hoge eisen die worden gesteld aan de werkzaamheid en de veiligheid duurt de ontwikkeling van nieuwe geneesmiddelen en medische hulpmiddelen jaren. De baten voor het milieu zijn deels nog onzeker.

- Het inzicht in de mogelijke schadelijkheid van nieuwe, synthetische nanodeeltjes is nog beperkt. Dat geldt zowel voor de aard als voor de ernst van mogelijke gezondheids- en milieueffecten. Op grond van de kennis van 'traditionele' deeltjes en de eerste onderzoeksresultaten betreffende nieuwe nanodeeltjes meent de commissie dat er aanleiding is om de toxicologische eigenschappen van slecht oplosbare en moeilijk afbreekbare nanodeeltjes goed te onderzoeken alvorens ze massaal in productie te nemen en op de markt te brengen.



- Naast de directe consequenties voor de gezondheid van mensen verdienen ook de bredere maatschappelijke gevolgen van nanotechnologieën aandacht. Deze kunnen zowel gewenst als ongewenst zijn. Als enabling technologies hebben nanotechnologieën vooral de neiging om vraagstukken die door andere technologische ontwikkelingen gerezen zijn, te versterken. Op de wat langere termijn kunnen ook geheel nieuwe vraagstukken ontstaan, bijvoorbeeld door de ontwikkeling en toepassing van ICT-implantaten in de hersenen.

Gezien alle beloften en bedreigingen, maar ook wegens alle onzekerheden en verschillen in waardeoordelen in een pluriforme samenleving als de onze, meent de commissie dat de verdere ontwikkeling van nanowetenschap en nanotechnologieën met gepaste zorgvuldigheid moet gebeuren. Daartoe beveelt ze het volgende aan:

- Nanotechnologisch onderzoek dat de overheid belangrijk acht voor de menselijke gezondheid of het milieu, kan ze stimuleren door middel van financiële prikkels. Dat is in het bijzonder van belang als dit onderzoek vanuit commercieel oogpunt minder interessant is. Het transdisciplinaire karakter van nanotechnologieën verdient daarbij speciale aandacht, omdat de stimulering van onderwijs en onderzoek traditioneel sectoraal of disciplinair plaatsvindt.

- De beste stimulering van nanowetenschap en nanotechnologieën vormt echter een zorgvuldige omgang met de risico's. Risk governance*, zoals onlangs beschreven door de International Risk Governance Council (IRGC), biedt daartoe mogelijkheden. Vooral bij de probleemomschrijving, het oordelen over de aanvaardbaarheid van risico's en de noodzakelijkheid van risicobeperkende maatregelen, alsmede bij de keuze van geschikte risicobeheersingsopties spelen behalve kennis ook waardeoordelen een rol. Het verdient derhalve aanbeveling om direct belanghebbenden en, in bepaalde gevallen, het publiek bij de besluitvorming te betrekken.

- Het is van belang om in een vroeg stadium ongewenste of schadelijke gevolgen van nanotechnologieën op het gebied van gezondheid, arbeidsomstandigheden, milieu, ethiek en sociale verhoudingen te identificeren. De commissie meent dat dit het best kan gebeuren door een speciaal hiervoor in te stellen, brede commissie waarin naast onafhankelijke, wetenschappelijke deskundigen, ook direct belanghebbenden en vertegenwoordigers van het publiek zitting hebben.

- De door de IRGC voorgestelde indeling van risicovraagstukken in de categorieën 'eenvoudig', 'complex' (wetenschappelijk ingewikkeld), 'onzeker' (gebrek aan kennis) en 'ambigu' (verschillen in waardeoordelen) is ook bruikbaar voor risicovraagstukken die met nanotechnologieën samenhangen. Ze geeft richting aan de keuze van de beste risicobeheersingsstrategie. In de genoemde volgorde van 'eenvoudig' naar 'ambigu' neemt het belang van betrokkenheid van direct belanghebbenden en publiek bij de besluitvorming toe. Vraagstukken rond de privacy, zelftests en de toxiciteit van gemakkelijk afbreekbare nanodeeltjes kunnen volgens de commissie het best geplaatst worden in de categorie 'eenvoudig'. Vragen over de kloof tussen arm en rijk en wellicht ook die over duurzaamheid horen in de categorie 'complex'. Het vraagstuk van de toxiciteit van moeilijk afbreekbare, synthetische nanodeeltjes past in de categorie 'onzeker'. De vraagstukken van de kloof tussen diagnostiek en therapie, geavanceerde thuiszorg, enhancement en van militaire toepassingen plaatst de commissie in de categorie 'ambigu'.

- Plaatsing van het vraagstuk van de toxiciteit van moeilijk afbreekbare, synthetische nanodeeltjes in de categorie 'onzeker' impliceert dat een op voorzorg gebaseerde risicobeheersingsstrategie het meest geschikt is. Hieraan kan invulling worden gegeven door:

a) levenscyclusanalyses uit te voeren voor producten die nanodeeltjes bevatten om vast te stellen in welke



mate deeltjes vrijkomen in de productie-, gebruiks- en afvalfase; beperking van de uitstoot uit en blootstelling in onderzoekscentra en fabrieken; aparte aandacht voor de risico's van nanodeeltjes bij de (verplichte) veiligheidsbeoordeling van toepassingen (bv. bodemsanering) en producten (bv. geneesmiddelen) en deze alleen toe te laten als vast staat dat de voordelen opwegen tegen de risico's.

b) behandeling van nanovormen van bestaande stoffen als nieuwe stoffen vanwege hun unieke eigenschappen; geen of een lagere productie- of invoerdrempel voor nanomaterialen in de nieuwe Europese regelgeving voor chemische stoffen (REACH);

c) meer internationaal gecoördineerd (rol OECD) onderzoek naar de toxiciteit van nanomaterialen; aanpassing van de huidige toxiciteitstests voor stoffen ten behoeve van hun geschiktheid voor nanomaterialen; uitdrukking van de toegediende dosis in massa, oppervlaktegrootte én aantallen deeltjes; een betere fysisch-chemische karakterisering van nanomaterialen; voortvarend aan de slag te gaan met de onlangs voorgestelde screeningsstrategie voor nanomaterialen.

- Risk governance bij nanotechnologieën moet (ook) plaatsvinden op internationaal niveau, mede gelet op het internationale karakter van veel wet- en regelgeving. De commissie is geen voorstander van aparte wetgeving voor nanotechnologieën, maar ziet meer in aanpassingen in de bestaande wetten en regels voor zover de ontwikkelingen binnen de nanowetenschap en nanotechnologieën dat nodig maken.

- In de dialoog tussen overheid, direct belanghebbenden en publiek staat het begrip 'vertrouwen' centraal. Dat geldt ook bij het nanotechnologiedebat. Een voortdurende, kritische reflectie van instituties op het eigen functioneren is onontbeerlijk om het vertrouwen van het publiek te verdienen. Naast deskundigheid, daadkracht en integriteit, zijn openheid en aansprakelijkheid daarbij sleutelbegrippen.

* Met de term 'governance' bedoelt men de structuren en processen voor collectieve besluitvorming, waarbij zowel overheids- als particuliere instanties en partijen betrokken zijn.

Officiële vermelding van de bron:

Gezondheidsraad. Betekenis van nanotechnologieën voor de gezondheid. Den Haag: Gezondheidsraad, 2006; publicatie nr 2006/06. ISBN 90-5549-593-X

Volledige tekst van het advies van de Gezondheidsraad