



Nanogeneeskunde

door dr. F. Hamburg

Nieuwsbrief Stichting Medische Ethiek 11 oktober 2006

De nanowereld is de wereld van atomen en (macro)moleculen. Deze wereld verhoudt zich tot onze dagelijkse realiteit als een knikker tot de aarde. Het bijzondere van de nanowereld is dat vertrouwde materialen er nieuwe eigenschappen verkrijgen. Op nanoniveau gelden namelijk de wetten van de kwantummechanica (en niet meer de wetten van de Newtonse mechanica). Bovendien vervagen op dit niveau de grenzen tussen biologie, chemie en natuurkunde. De wetenschap wordt hier werkelijk één.

Hoe krijgen nu vertrouwde materialen nieuwe eigenschappen? In de nanotechnologie gebeurt dit via de Scanning Tunneling Microscope (STM). Deze microscoop tast met een naald van één atoom het te onderzoeken oppervlak af. Op deze wijze worden de afzonderlijke atomen zichtbaar. Op deze atomen zijn vervolgens krachten uit te oefenen zodat individuele atomen of moleculen kunnen worden verplaatst.

Met behulp van de STM kunnen we dus atomen en moleculen manipuleren. Zo kan op het niveau van de afzonderlijke bouwstenen de materie naar onze hand gezet worden. Daarmee kan de mens geheel nieuwe producten maken – elektriciteit geleidend plastic, bijvoorbeeld, of coatings waardoor ijzer niet meer kan roesten. Nanotechnologie behelst officieel dan ook “het ontwerpen, het karakteriseren, het produceren en het toepassen van structuren, apparaten en systemen door het beheersen van hun vorm en grootte op nanometerschaal.” Nano-ingenieurs beschikken daarmee over een spiksplinternieuwe gereedschapskist vol wonderen en potentiële rijkdommen.

Materialen en strategieën

Spreeken we over nanomaterialen, dan hebben we het over films (één dimensie), tubes (twee dimensies), en deeltjes (drie dimensies). De meest gebruikte materialen zijn nanotubes (pure koolstof op basis waarvan zeer sterk nanovezels kunnen worden geproduceerd), carbon black (een soort ‘schoon’ 3D-roetdeeltje), fullerenen (ook wel buckyballs, bolronde moleculen die uit zestig koolstofatomen zijn opgebouwd), en quantum dots (kleine 3D-nanokristallen van halfgeleidermateriaal met bijzondere optische eigenschappen).

Er bestaan twee benaderingen van nanotechnologie: (1) bottom-up, en (2) top-down. Bij bottom-up nanotechnologie bouwt men grotere structuren uit afzonderlijke atomen of moleculen. In de praktijk zal dit niet gebeuren door manipulatie via microscopen maar door zelfassemblage; in dit assemblageproces nemen de bouwstenen door hun specifieke eigenschappen zelf de juiste positie in (net zoals bij een kristal). Bij top-down nanotechnologie gaat het om lithografische technieken waarmee zeer fijne structuren op siliciumplaatjes aangebracht kunnen worden (miniaturisatie).

De bottom-up en top-down benaderingen kunnen inmiddels ook worden gecombineerd. Daarmee schept nanotechniek een duizelingwekkend aantal nieuwe mogelijkheden voor materialen die reeds bestaan, op dezelfde wijze als internet bestaande mogelijkheden heeft uitgebouwd.

Maatschappelijk effect

De nanotechnologie zal op de middellange termijn de gehele maatschappij sensationeel veranderen. Sommigen vergelijken de komende omwenteling met de overgang van het stenen tijdperk naar het ijzeren tijdperk. Of met de dageraad van de plastics. Neem bijvoorbeeld de bescherming van het milieu. Nanotechnologen denken hier al aan betere katalysatoren, verfijndere scheidings- en filtertechnieken, isolerende of reflecterende nanocoatings, en diverse mogelijkheden in de sfeer van de energiebesparing. Milieubescherming is natuurlijk



maar één gebied. De electronica, om maar eens een cruciaal radertje uit onze informatiemaatschappij te pakken, vormt een ander vruchtbaar domein. Zo bereidt Samsung de productie voor van TV-schermen waarin nanopartikels zijn verwerkt. Deze schermen zullen lichter, goedkoper, helderder en energiebesparender zijn dan de huidige. Zouden ze succesvol zijn, dan zullen ze zich verspreiden naar computerschermen en elektronische billboards. Maar nog veel baanbrekende ontwikkelingen liggen in het verschiet. Er zullen microscopische transistors gebouwd worden door DNA vast te maken aan nanotubuli; dit vasthechten zal geschieden op geleide van een biologische blauwdruk; het resultaat zal evenzogoed een levensloze transistor zijn, maar wel eentje die groeit (zoals teennagel of een kikkervisje).

Ook op dagdagelijkse terreinen zal de nanotechnologie opzien gaan baren. In onze kleding, om maar wat te noemen, zal de nanotechnologie doorwerken nu nanovezels de levensduur van kledingstukken aanzienlijk kunnen vergroten ('smart textile'). En in onze voeding, zal het in de toekomst mogelijk zijn de voedingswaarde, veiligheid, smaak en aantrekkelijkheid ervan te verbeteren.

Tenslotte verdient de miniaturisering van Informatie en Computertechnologie (ICT) aparte vermelding. Het gaat dan om geminiaturiseerde ICT die geïntegreerd zal worden in objecten en systemen (die op hun beurt in nog veel grotere systemen gebracht kunnen worden). 85.7% van alle patentaanvragen in 2001 betroffen ICT, halfgeleiders of luchtvaartgerelateerde uitvindingen, productgebieden, derhalve, die zwaar steunen op geminiaturiseerde zaken.

Aan alle vorengenoemde toepassingen wordt terwijl u dit leest over de volle breedte koortsachtig gewerkt. Maar het meest intensieve onderzoek, begeleid door een hoos aan patentaanvragen, vindt momenteel plaats op het medisch vlak.

Nanogeneeskunde

Voor de volksgezondheid en de geneeskunde belooft de nanotechnologie een ware revolutie. Zo zijn thans in de kankerresearch experimenten gaande met nanoshells van goud. Deze nanostructuur kan met gemak tumorcapillairen passeren en zich zo in de tumor nestelen. Vervolgens wordt met infrarood licht het goud verhit zodat de nabijliggende tumorcellen gedood worden. Uiteraard is de toepassing van nanotechnologie in de kankerresearch maar één van de mogelijkheden. Zo gloren er vele beloften op het gebied van de molecular imaging (via moleculaire biomarkers) en de implanteerbare microchips (met biosensoren) voor de opslag en een gecontroleerde afgifte van werkzame stoffen. Even grote kansen liggen er op het terrein van de gentherapie, transplantatie, tissue engineering, en bioinformatica. Of op het gebied van de fabricatie van implanteerbare biologische doseersystemen.

De nanotechnologie op medisch gebied laat dus een verbijsterend spectrum aan beloftevolle mogelijkheden zien. De eerste ge-nano-niseerde producten zijn er trouwens al. Zo mag het Amerikaanse farma-bedrijf Pharmaceutical Partners, bijvoorbeeld, van de Food and Drug Administration een op nanoschaal gemaakt eitwit op de markt brengen dat gebruikt kan worden bij de behandeling van gemetastaseerd borstcarcinoom. En een Koreaans bedrijf heeft inmiddels een antimicrobieel wondverband met nanokristallijn zilver op de markt gebracht. Binnen twee jaar zullen dokters en verpleegkundige over diagnostische nanoapparaten beschikken die ze in hun borstzak kunnen meenemen om, bijvoorbeeld, ter plekke witte bloedcellen te tellen. En op het gebied van de screening verwacht zelfs de doorgaans gereserveerde Gezondheidsraad binnen 5 jaar grote ontwikkelingen.

Al deze ontwikkelingen zullen de praktijk van de geneeskunde diepgaand beïnvloeden. Met name de vorderingen op diagnostisch gebied zullen leiden tot een vorm van zelfdiagnostiek (via van het internet te downloaden tests). De Gezondheidsraad voorspelt op basis van deze ontwikkelingen – en mede door de synergie tussen ICT en nanotechnologie – een trend naar decentralisatie en het doorbreken van



monopolieposities (van artsen). Bedrijven komen immers rechtstreeks in contact met patiënten. Er zal zich een thuiszorgtechnologie ontwikkelen. Het zal daarbij niet alleen gaan om de bewaking van vitale functies, maar ook om nierfunctievervangende therapie, beademing, en de intraveneuze toediening van antibiotica.

Hoe met de risico's om te gaan ?

Wat in er in de nanotechnologie voor ons in de laboratoria op het vuur staat is één ding. Een ander is de economische en maatschappelijke kant van de zaak. Want voor de mandarijnen van de kenniseconomie is eigenlijk maar één vraag werkelijk van belang: welke nanotechnologieën zullen nieuwe fortuinen en industrieën creëren? Met andere woorden: is nano nu wel of niet een hype? Het antwoord hierop hangt af van de afhandeling van een aantal stekelig problemen in productiemethoden en logistiek. Hoe zal bijvoorbeeld de kwaliteitscontrole op nanoschaal moeten worden uitgevoerd? En hoe zit het met de standaarden en waarborging van goede praktijken? Alleen deze vragen al kosten procesingenieurs en bedrijfskundigen grote kopzorgen. Maar het grootste probleem van de nanotechnologie zit in de toxiciteit van vrije nanodeeltjes. Talrijke epidemiologische onderzoeken laten een duidelijk verband zien tussen de aanwezigheid van (ultra)fijne stofdeeltjes in de lucht en sterfte door hart- en longaandoeningen). Dit toxiciteitsrisico moet worden gekarakteriseerd en aanvaard (of afgewezen) door structuren en processen voor collectieve besluitvorming - vormen van besluitvorming, derhalve, waarbij zowel de overheid als particuliere instanties en als beroepsorganisaties, consumenten, en koepelorganisaties van bedrijfstakken betrokken zijn. De risicoschatting en -karakterisering dient in eerste instantie (interdisciplinair) te geschieden door ter zake deskundigen. Daarna volgt dan een uitdrukkelijker aandacht voor de waardeoordelen. "Wat als risico aangemerkt moet worden, kan immers niet alleen op basis van wetenschappelijke gegevens worden bepaald en verschillende partijen kunnen hierover verschillende visies hebben." In ieder geval heeft de Zwitserse herverzekeringsgigant Swiss Reinsurance vorig jaar gemeend te moeten waarschuwen tegen de nano-hype in verband met het onvoorzienbare karakter van de risico's.

Tenslotte

Op dit moment bieden de ontwikkelingen zoals gezegd nog maar weinig toepassingen. De ontwikkelingen zijn daarbij bovendien afhankelijk van de vooruitgang in de ICT, fysica, chemie, biotechnologie, en neurowetenschappen. De industriële productiefase is behoudens enkele uitzonderingen dus nog veraf. En waar veelbelovende debutanten zich aandienen, zullen er jaren heengaan eer er werkelijk iets in de schappen ligt. Alleen in de geneeskunde zal de nanotechnologie binnen twee tot drie jaar al het een en ander in petto hebben. Maar zelfs daar behoeven we geen overspannen verwachtingen te hebben, met name door de hoge eisen die worden gesteld aan de werkzaamheid en de veiligheid van nieuwe geneesmiddelen en medische hulpmiddelen. Ondanks deze reserves is één ding zeker: aan het revolutionaire karakter van deze onvermijdelijke technologie behoeft niemand te twijfelen.

De morele vraagstukken die met de nanotechnologie verband houden zullen in het algemeen ook noch nieuw noch typisch voor nanotechnologie zijn. Ze worden er slechts door versneld en - zagezegd - een nieuwe dimensie bij krijgen. Wel geheel nieuw is de morele problematiek als gevolg van ICT-implantaten in het brein. Daarover zullen wij u in één van de volgende uitgaven van onze Nieuwsbrief berichten.

Noten

1. Royal Society (UK). Nota bene: 1 nm = één miljardste meter
2. Betekenis van nanotechnologieën voor de gezondheid. Den Haag: Gezondheidsraad, 2006; publicatie nr. 2006/07, p.77. <http://www.gr.nl>
3. Ibid., p.102