



COMMISSIE VAN DE EUROPESE GEMEENSCHAPPEN

Brussel, 12.5.2004
COM(2004) 338 definitief

MEDEDELING VAN DE COMMISSIE

Naar een Europese strategie voor nanotechnologie

INHOUDSOPGAVE

Toelichting	3
1. Inleiding	4
1.1. Wat is nanotechnologie?	4
1.2. Waarom is nanotechnologie zo belangrijk?	5
1.3. Hoe kan nanotechnologie veilig worden gemaakt?	7
2. O&O op nanotechnologiegebied en financiering daarvan wereldwijd	7
2.1. O&O op nanotechnologiegebied in derde landen	8
2.2. O&O op nanotechnologiegebied in Europa	8
3. De weg naar het oneindig kleine: vijf factoren van vooruitgang	10
3.1. Onderzoek en ontwikkeling: het creëren van stootkracht	10
3.2. Infrastructuur: Europese expertisecentra	14
3.3. Investeren in mensen	16
3.4. Industriële innovatie: van kennis naar technologie	19
3.5. Rekening houden met de maatschappelijke dimensie	22
4. Volksgezondheid, veiligheid, milieu- en consumentenbescherming	24
5. Een verdere stap: internationale samenwerking	26
Bijlage: Geschatte bijdrage van de publieke sector aan nanotechnologie	28

TOELICHTING

Nanowetenschappen en nanotechnologieën zijn nieuwe benaderingen voor onderzoek en ontwikkeling (O&O) die gericht zijn op de beheersing van de fundamentele structuur en het gedrag van materie op atomair en moleculair niveau. Zij maken het mogelijk inzicht te verwerven in nieuwe verschijnselen en nieuwe eigenschappen te creëren die op micro- en macroschaal kunnen worden gebruikt. Toepassingen van de nanotechnologie laten niet lang meer op zich wachten en zullen gevolgen hebben voor het leven van elke burger.

In het laatste decennium heeft de Europese Unie een solide kennisbasis opgebouwd op het gebied van de nanowetenschappen. Betwijfeld wordt evenwel of de EU erin zal slagen deze positie te handhaven, aangezien zij verhoudingsgewijs minder investeert dan haar voornaamste concurrenten en de infrastructuur van wereldklasse ("expertisecentra") ontbeert die voor de noodzakelijke kritische massa moet zorgen. Ondanks dat de investeringen in nationale EU-programma's snel, maar op ongecoördineerde wijze groeien.

Het hoge kennisniveau van Europa op het gebied van de nanowetenschappen moet uiteindelijk worden omgezet in commercieel levensvatbare producten en processen. De nanotechnologie ontpopt zich als een van de meest veelbelovende en snelst groeiende O&O-gebieden, waarmee een nieuwe impuls moet worden gegeven aan werkzaamheden die gericht zijn op de realisatie van de dynamische doelstellingen van Lissabon ten aanzien van kennis. Het is evenwel van cruciaal belang een gunstig innovatieklimaat te creëren, in het bijzonder voor het midden- en kleinbedrijf (MKB).

Nanotechnologie moet op veilige en verantwoorde wijze worden ontwikkeld. Er moet worden vastgehouden aan ethische principes en de potentiële risico's voor de gezondheid, de veiligheid en het milieu moeten wetenschappelijk worden bestudeerd, onder meer om eventuele regelgeving voor te bereiden. Er moet onderzoek worden gedaan naar en rekening worden gehouden met de maatschappelijke effecten. Een dialoog met het publiek is essentieel om de aandacht te vestigen op kwesties die werkelijk van betekenis zijn in plaats van op "science fiction"-scenario's.

Deze mededeling bevat voorstellen die deel uitmaken van een geïntegreerde benadering welke gericht is op de instandhouding en versterking van het Europese O&O op het gebied van nanowetenschappen en nanotechnologieën. Er wordt ingegaan op kwesties die van belang zijn voor de verwerving en benutting van kennis die door middel van O&O wordt gegenereerd ten behoeve van de samenleving. De tijd is nu rijp om op institutioneel niveau een discussie op gang te brengen die moet leiden tot samenhangende activiteiten gericht op:

- het verruimen van de investeringen en de coördinatie van het O&O om de industriële toepassingen van nanotechnologieën te verbeteren en de wetenschappelijke expertise en concurrentiekracht op peil te houden;
- het ontwikkelen van een concurrerende O&O-infrastructuur van wereldklasse ("expertisecentra") waarbij rekening wordt gehouden met de behoeften van zowel de industrie als de onderzoekinstellingen;

- het bevorderen van de interdisciplinaire vorming en opleiding van onderzoekpersoneel waarbij meer aandacht wordt geschonken aan ondernemingsgeest;
- het scheppen van gunstige voorwaarden voor technologieoverdracht en innovatie om te garanderen dat de leidersrol van Europa op het gebied van O&O wordt omgezet in producten en processen die welvaart brengen;
- het in een vroeg stadium betrekken van maatschappelijke overwegingen in het O&O-proces;
- het van meet af inspelen op eventuele risico's voor de volksgezondheid, de veiligheid, het milieu en de consument door de gegevens te verschaffen die nodig zijn voor de risicoanalyse, een risicoanalyse op te nemen in elke stap van de levenscyclus van nanotechnologieproducten en bestaande methodieken aan te passen of zonodig nieuwe te ontwikkelen;
- het vervolledigen van bovenstaande activiteiten met passende samenwerkingsactiviteiten en internationale initiatieven.

De in deze mededeling beschreven activiteiten sluiten aan bij de resultaten van de Europese Raad van Lissabon van 2000, waarop besloten werd een dynamische kenniseconomie en -maatschappij te ontwikkelen, die van Gothenburg van 2001, met als doel duurzame ontwikkeling, en die van Barcelona van 2002, waarop werd besloten ernaar te streven 3% van het BBP aan onderzoek te besteden¹. Zij leveren bovendien een bijdrage aan de ontwikkeling van de Europese Onderzoekruimte (EOR)², maar profiteren daar ook van.

1. INLEIDING

1.1. Wat is nanotechnologie?

Het van het Griekse woord voor "dwerg" afgeleide voorvoegsel "nano" betekent in wetenschap en technologie 10^{-9} , d.w.z. een miljardste (= 0,000000001). Eén nanometer (nm) is een miljardste meter, een afmeting die tienduizenden keren kleiner is dan de dikte van een menselijk haar. De term "nanotechnologie" zal hier worden gebruikt als een collectief begrip, dat de verschillende takken van nanowetenschappen en nanotechnologieën omvat.

Met nanotechnologie wordt bedoeld op de wetenschap en technologie op nanoschaal van atomen en moleculen, alsmede op de wetenschappelijke beginselen en nieuwe eigenschappen die kunnen worden begrepen en beheerst aan de hand van activiteiten op dit terrein. Dergelijke eigenschappen kunnen dan op micro- of macroschaal worden geobserveerd en geëxploiteerd, bijvoorbeeld voor de ontwikkeling van materialen en bouwstenen met nieuwe functies en prestaties.

¹ De Conclusies van het Voorzitterschap zijn te vinden op <http://ue.eu.int/en/Info/eurocouncil/index.htm>
² "De Europese Onderzoekruimte: een nieuwe aanpak - Versterking en heroriëntering van bestaande perspectieven, opening van nieuwe perspectieven", COM(2002) 565 def.

1.2. Waarom is nanotechnologie zo belangrijk?

De nanowetenschap wordt dikwijls aangeduid als "horizontale wetenschap", "kernwetenschap" of "basiswetenschap", omdat zij tot in praktisch alle sectoren van de technologie doordringt. Zij vertegenwoordigt dikwijls een combinatie van verschillende gebieden van wetenschap en maakt dankbaar gebruik van een interdisciplinaire of "convergerende" benadering. Zij kan leiden tot innovaties waarmee een bijdrage kan worden geleverd tot de oplossing van talrijke problemen van de hedendaagse samenleving:

- **medische toepassingen**, zoals bijvoorbeeld geminiaturiseerde diagnoseapparatuur die met het oog op een vroege diagnose van ziekten kan worden geïmplant. Met op nanotechnologie gebaseerde coatings kunnen de biologische activiteit en biologische compatibiliteit van implantaten worden verbeterd. Zelfassemblerende platformstructuren maken de weg vrij voor nieuwe generaties van materialen die geschikt zijn voor weefseltechniek en biomimetica welke op lange termijn uitzicht bieden op de synthese van orgaanvervangingen. Er worden nieuwe systemen voor gerichte toediening van medicijnen ontwikkeld en recentelijk konden nanodeeltjes in tumorcellen worden ingebracht, bijvoorbeeld om deze een warmtebehandeling te geven;
- **informatietechnologieën**, zoals dataopslagmedia met zeer hoge opslagdichtheid (in de orde van 1 Terabit/inch²) en nieuwe technologie voor flexibele kunststof displays. Op lange termijn zou de ontwikkeling van moleculaire of biomoleculaire nano-elektronica, spintronica en kwantumcomputers nieuwe mogelijkheden kunnen ontsluiten die verder gaan dan wat de huidige computertechnologie ooit te bieden zal hebben;
- **energieopwekking en -opslag** kan baat hebben bij bijvoorbeeld de ontwikkeling van nieuwe brandstofcellen of lichtgewicht vaste stoffen met nanostructuur die mogelijkheden bieden voor een efficiëntere opslag van waterstof. Eveneens worden efficiënte en goedkope fotonische zonnecellen (zoals "zonneverf") ontwikkeld. Verwacht wordt dat dankzij nanotechnologische ontwikkelingen die tot efficiëntere isolatie-, vervoers- en verlichtingssystemen leiden, energie kan worden bespaard;
- de ontwikkelingen op het gebied van **materiaalwetenschappen** op basis van het gebruik van nanotechnologie zijn verstrekkend en zullen vermoedelijk gevolgen hebben voor bijna alle sectoren. Nanodeeltjes worden nu al gebruikt voor de versterking van materialen en de activering van cosmetica. Oppervlakken kunnen met nanostructuren worden gewijzigd om deze bijvoorbeeld krasbestendig, permanent droog, schoon of steriel te maken. Het selectief enten van organische moleculen door middel van nanostructurering van oppervlakken zal vermoedelijk gevolgen hebben voor de fabricage van biosensoren en moleculaire elektronische componenten. De eigenschappen van materialen onder extreme omstandigheden kunnen enorm worden verbeterd en daarmee de lucht- en ruimtevaartindustrie vooruithelpen;
- **fabricage** op nanoschaal vergt een nieuwe interdisciplinaire benadering van zowel het onderzoek als het fabricageproces. In conceptueel opzicht zijn er twee fundamenteel verschillende benaderingen: bij de eerste gaat het om een verdere miniaturisering van bestaande microsystemen ("top-down") en bij de

tweede wordt de natuur nagebootst door het bouwen van structuren uitgaande van de atomaire en moleculaire schaal ("bottom-up"). De eerste kan worden geassocieerd met assemblage, de tweede met synthese. De bottom-up benadering staat nog in de kinderschoenen, maar biedt verstrekkende mogelijkheden die de huidige productieroutes volledig op hun kop kunnen zetten;

- de **instrumentatie** voor het onderzoek naar de eigenschappen van materie op nanoschaal heeft nu al belangrijke directe en indirecte gevolgen die stimulerend werken op de vooruitgang in een groot aantal sectoren. De uitvinding van de scanning tunnelling microscoop was van grote betekenis voor de geboorte van de nanotechnologie. Instrumentatie speelt ook een essentiële rol voor de ontwikkeling van "top-down" en "bottom-up" fabricageprocessen;
- het onderzoek op het gebied van **voedsel, water en milieu** kan baat hebben bij op nanotechnologie gebaseerde ontwikkelingen, zoals instrumenten voor het opsporen en neutraliseren van de aanwezigheid van micro-organismen of pesticiden. De herkomst van ingevoerd voedsel kan worden achterhaald met nieuwe geminiaturiseerde nanolabellingstechnieken. Dankzij de ontwikkeling van op nanotechnologie gebaseerde saneringstechnieken (bijvoorbeeld fotokatalytische technieken) kan milieuschade en -verontreiniging (zoals olie in water of bodem) worden hersteld of opgeruimd;
- verwacht wordt dat de **veiligheid** kan worden verhoogd met behulp van nieuwe, uiterste selectieve detectietechnieken die in een vroeg stadium kunnen waarschuwen voor biologische of chemische agentia, uiteindelijk tot op het niveau van afzonderlijke moleculen. Een betere bescherming van eigendom, zoals bankbiljetten, is mogelijk met nano-tagging. Bovendien worden nieuwe cryptografische technieken voor datacommunicatie ontwikkeld.

Ook zijn diverse, op nanotechnologie gebaseerde producten op de markt gebracht, onder meer medische producten (zoals zwachtels, hartkleppen, enz.), elektronische componenten, krasbestendige verf, sportuitrusting, kreukvrije en vlekbestendige weefsels en zonnebrandcrèmes. Analisten zijn van mening dat de markt voor dergelijke producten momenteel een omvang van circa 2,5 miljard euro heeft maar zou kunnen groeien tot honderden miljarden euro's in 2010 en daarna zelfs tot 1 biljoen euro³.

Met nanotechnologie, die vooral dankzij "bottom-up" fabricagemethoden uitzicht biedt op hogere prestaties met minder grondstoffen, kan in principe de totale hoeveelheid afval die gedurende de levenscyclus van producten wordt geproduceerd, worden verminderd. Nanotechnologie kan ook een bijdrage leveren tot duurzame ontwikkeling⁴ en tot de doelstellingen van "Agenda 21"⁵ en het "Actieplan voor milieutechnologie"⁶.

³ Zie bijvoorbeeld de cijfers in "New Dimensions for Manufacturing: A UK Strategy for Nanotechnology", DTI (2002), blz. 24.

⁴ "Een duurzaam Europa voor een betere wereld: Een strategie van de Europese Unie voor duurzame ontwikkeling", COM(2001) 264. Zie ook de Millenniumverklaring van de Verenigde Naties (<http://www.un.org/millennium/>)

1.3. Hoe kan nanotechnologie veilig worden gemaakt?

Op grond van het Verdrag moeten nanotechnologietoepassingen voldoen aan de eisen ten aanzien van een hoog niveau van bescherming van de volksgezondheid, de veiligheid, de consument⁷ en het milieu⁸. Voor deze zich snel ontwikkelende technologie is het van belang (objectieve en subjectieve) veiligheidsproblemen in een zo vroeg mogelijk stadium op te sporen. Om met succes gebruik te kunnen maken van nanotechnologie is een gedegen wetenschappelijke basis nodig zodat de consument en het bedrijfsleven er vertrouwen in kunnen hebben. Bovendien moet er alles aan worden gedaan om de gezondheid en veiligheid op het werk te garanderen.

Het is essentieel dat de aanpak van de risicoproblematiek van meet af wordt gezien als een onlosmakelijk onderdeel van de ontwikkeling van deze technologie, vanaf de conceptie en het O&O, tot en met de commerciële toepassing, teneinde ervoor te zorgen dat nanotechnologieproducten veilig kunnen worden ontwikkeld, geproduceerd, gebruikt en verwijderd. Ook op het vlak van risicoanalyse en -beheer moet de nanotechnologie als een nieuwe uitdaging worden gezien. Het is daarom van belang dat parallel aan de technologische ontwikkeling het nodige O&O plaatsvindt om de kwantitatieve toxicologische en ecotoxicologische gegevens te verschaffen (onder meer dosis-respons- en blootstellingsgegevens voor mens en milieu) om de risicoanalyses te onderbouwen en zonodig de procedures daarvoor bij te stellen. Later zal in dit document nader worden ingegaan op de bescherming van de volksgezondheid, het milieu, de veiligheid en de consument.

2. O&O OP NANOTECHNOLOGIEGEBIED EN FINANCIERING DAARVAN WERELDWIJD

Vanwege het grote potentieel van de nanotechnologie zijn diverse landen met O&O-programma's gestart waaraan de overheden hoge, steeds sneller groeiende financiële bijdragen leveren. In het laatste decennium is de belangstelling exponentieel gegroeid en is het niveau van de overheidsinvesteringen gestegen van ongeveer 400 miljoen euro in 1997 tot meer dan 3 miljard euro nu. In dit hoofdstuk wordt een overzicht gegeven van de door de overheid gefinancierde initiatieven op het gebied van nanotechnologie.

De bijdrage van de particuliere sector aan O&O op het gebied van nanotechnologie kan niet exact kan worden becijferd maar wordt op bijna 2 miljard euro geraamd, waarmee de totale investering in O&O op het gebied van nanotechnologie op ongeveer 5 miljard euro uitkomt. In dit verband zij erop gewezen dat de EU, met

⁵ Zie <http://www.un.org/esa/sustdev/documents/agenda21/index.htm>

⁶ Zie http://europa.eu.int/comm/research/environment/etap_en.html

⁷ De artikelen 152 en 153 van het Verdrag bepalen respectievelijk dat "bij de bepaling en uitvoering van elk beleid en elk optreden van de Gemeenschap een hoog niveau van bescherming van de menselijke gezondheid wordt verzekerd" en dat "met de eisen terzake van consumentenbescherming wordt rekening gehouden bij het bepalen en uitvoering van het beleid en het optreden van de Gemeenschap op andere gebieden".

⁸ In artikel 174 van het Verdrag worden onder meer de volgende doelstellingen genoemd: "behoud, bescherming en verbetering van de kwaliteit van het milieu", "behoedzaam en rationeel gebruik van de natuurlijke hulpbronnen" en "bevordering op internationaal vlak van maatregelen om het hoofd te bieden aan regionale of mondiale milieuproblemen".

56% van de totale O&O-investeringen uit particuliere bronnen, achterblijft bij de VS en Japan, waar deze percentages respectievelijk op 66% en 73% liggen⁹.

2.1. O&O op nanotechnologiegebied in derde landen

Met de start van het National Nanotechnology Initiative (NNI) in 2000 heeft de VS een begin gemaakt met een ambitieus O&O-programma op nanotechnologiegebied. De uitgaven van de federale overheid hiervoor zijn gestegen van 220 miljoen dollar in 2000 tot ongeveer 750 miljoen dollar in 2003. Voor 2005 is een budget gevraagd van 982 miljoen dollar. Via de begroting van de staten wordt nog eens 300 miljoen dollar extra beschikbaar gesteld.

Dat de federale overheid van de VS zich voor de lange termijn heeft vastgelegd wordt bevestigd door de "21st Century Nanotechnology Development Act", die betrekking heeft op de periode 2005-2008 en waarmee bijna 3,7 miljard dollar wordt uitgetrokken voor vijf agentschappen (NSF, DoE, NASA, NIST en EPA), zodat zij hun budget in 2008 meer dan verdubbeld zien. Let wel dat in dit bedrag geen rekening is gehouden met uitgaven voor defensie (DoD) en andere sectoren, die momenteel goed zijn voor ongeveer een derde van het federale budget voor nanotechnologie.

Japan heeft de nanotechnologie in 2001 tot een van de hoogste onderzoeksprioriteiten gemaakt. De financiering is scherp gestegen van 400 miljoen dollar in 2001 tot ongeveer 800 miljoen dollar in 2003, waarmee het federale budget van de VS nog wordt overtroffen. Voor 2004 is nog eens een stijging met 20% aangekondigd. Zuid-Korea heeft een begin gemaakt met een ambitieus tienjarenprogramma waarvoor ongeveer 2 miljard dollar overheidsgeld zal worden uitgetrokken, terwijl Taiwan ongeveer 600 miljoen dollar aan overheidsgeld heeft toegezegd voor een periode van zes jaar.

China steekt steeds meer middelen in nanotechnologie, hetgeen tekenend is gelet op de koopkracht van dit land. Het aantal wereldwijd gedistribueerde publicaties van China neemt in hoog tempo – 200% aan het einde van de jaren negentig – toe, waardoor de achterstand op de EU en de VS kleiner wordt. De Russische Federatie is een gevestigde waarde op nanotechnologiegebied, net als diverse andere nieuwe onafhankelijke staten.

Ook in diverse andere regio's en landen wordt meer en meer aandacht aan nanotechnologie besteed, zoals in Australië, Canada, de Filippijnen, India, Israël, Latijns-Amerikaanse, Maleisië, Nieuw-Zeeland, Singapore, Thailand en Zuid-Afrika.

2.2. O&O op nanotechnologiegebied in Europa

Europa heeft al in een vroeg stadium ingezien hoe groot het potentieel van nanotechnologie was en heeft dankzij een aantal van de beste geleerden terzake een stevige kennisbasis op dit gebied ontwikkeld. Diverse landen beschikken over onderzoekprogramma's die dateren van het midden of het einde van de jaren negentig. In sommige landen zijn weliswaar geen specifieke initiatieven ten aanzien

⁹ "Key Figures 2003-2004", Europese Commissie, 2003.

van nanotechnologie genomen, maar is het desbetreffende O&O dikwijls ingebed in andere programma's (zoals biotechnologie, microtechnologie, enz.).

Vergelijken we Europa, Japan en de VS met elkaar, dan zien we geen duidelijke "winnaars" of "verliezers" op het gebied van nanotechnologie, maar desondanks kunnen enkele trends worden waargenomen. Europa's sterke positie op het gebied van nanowetenschappen blijkt uit het feit dat in de periode 1997-1999 32% van het aantal publicaties wereldwijd uit de EU afkomstig was, tegen 24% uit de VS en 12% uit Japan¹⁰. Maar de industrie heeft niet altijd voldoende geprofiteerd van deze kennis. Uit een analyse van octrooien blijkt dat de EU wereldwijd een aandeel van 36% had, tegenover 42% voor de VS, hetgeen wijst op een zwak vermogen om O&O in toepassingen te vertalen.

Het niveau van de investeringen van de overheid varieert aanzienlijk van lidstaat tot lidstaat, zowel in absoluut als in relatief opzicht (zie bijlage). Ramingen laten zien dat het niveau van de overheidsfinanciering voor O&O op het gebied van nanotechnologie in Europa gestegen is van ongeveer 200 miljoen euro in 1997 tot circa 1 miljard euro nu, waarbij ongeveer twee derde uit nationale en regionale programma's wordt bekostigd.

In termen van absolute overheidsuitgaven ligt de financiële inspanning in de EU op een vergelijkbaar peil als in de VS en Japan. Per capita ligt het gemiddelde niveau van de overheidsuitgaven in de EU-25 op 2,4 euro per burger (euro 2,9 voor de EU-15), tegenover 3,7 euro in de VS en 6,2 euro in Japan. Uitgedrukt in euro per miljoen euro BBP investeert de EU-25 0,01%, terwijl dit niveau in de VS en Japan respectievelijk op 0,01% en 0,02% ligt.

In alle landen van de EU-25 behalve Ierland is het investeringsniveau per capita lager dan in de VS en Japan. Bovendien moet rekening worden gehouden met de geplande verhogingen in de VS en Japan. In de VS zal dit niveau worden opgetrokken tot 5 euro per inwoner in 2006 en in Japan tot 8 euro in 2004. Het lijkt daarom waarschijnlijk dat de kloof tussen de EU en haar voornaamste concurrenten wijder zal worden.

Een van de cruciale verschillen tussen de EU en haar belangrijkste concurrenten is dat het O&O-landschap in Europa voor nanotechnologie relatief versnipperd dreigt te raken als gevolg van de onevenwichtige verdeling van zich snel ontwikkelende programma's en financieringsbronnen. De in 2003 in het bestek van KP6 verleende EG-bijdrage van 350 miljoen euro vertegenwoordigt circa een derde van de totale uitgaven in Europa voor nanotechnologie.

De O&O-programma's voor nanotechnologie van onze voornaamste concurrenten zijn beter gecoördineerd en/of gecentraliseerd. Zo wordt in de VS meer dan twee derde van de financiering in het kader van het National Nanotechnology Initiative verleend onder de paraplu van het federale programma. Het is onwaarschijnlijk dat de EU wereldwijd concurrerend kan blijven zonder een betere afstemming en coördinatie op het niveau van de Gemeenschap.

¹⁰ "Third European Report on Science & Technology Indicators", Europese Commissie, 2003: http://www.cordis.lu/indicators/third_report.htm

De toetredingslanden hebben al een begin gemaakt met het nanotechnologie-onderzoek en zij worden via het EU-kaderprogramma voor onderzoek en technologische ontwikkeling (KP) bij allerlei projecten betrokken. Zwitserland heeft een lange traditie op het gebied van nanotechnologisch onderzoek en het aantal octrooien en publicaties per hoofd van de bevolking ligt daar op een van de hoogste niveaus. Ook in andere, bij KP6 geassocieerde landen zoals Noorwegen zijn onderzoekprogramma's voor nanotechnologie gelanceerd.

Talrijke gezamenlijke onderzoekprojecten en andere initiatieven zijn al via de EU-kaderprogramma's ondersteund. Deze hebben dankzij de vorming van transnationale samenwerkingsverbanden voor een belangrijke Europese dimensie gezorgd en hebben een aanzienlijk katalysatoreffect gehad op de nationale en particuliere financiering. Ofschoon al in het vierde (KP4) en vijfde (KP5) programma een behoorlijk aantal nanotechnologieprojecten¹¹ werd gesteund, werd dit pas in het zesde kaderprogramma (KP6)¹² tot een van de belangrijkste prioriteiten gemaakt.

3. DE WEG NAAR HET ONEINDIG KLEINE: VIJF FACTOREN VAN VOORUITGANG

Op de huidige geglobaliseerde markten is voor economische groei innovatie noodzakelijk, die op haar beurt weer afhankelijk is van onderzoek. O&O van wereldklasse is een essentieel onderdeel van het proces, maar er zijn nog andere aspecten waarmee rekening moet worden gehouden. Het gaat om vijf stuwfactoren: O&O, infrastructuur, onderwijs en opleiding, innovatie, en de maatschappelijke dimensie. Op communautair niveau dient ten aanzien van al deze onderling afhankelijke factoren een reeks van de synergetische activiteiten te worden ontplooid om het bestaande potentieel in de Europese Onderzoekruimte te benutten.

De noodzaak van een dergelijke geïntegreerde benadering van het O&O op het gebied van nanowetenschappen en nanotechnologie was een van de belangrijkste conclusies van het "EuroNanoForum 2003"¹³, een bijeenkomst die in december 2003 door DG Onderzoek werd georganiseerd en door meer dan 1000 deelnemers uit de gehele wereld werd bijgewoond. Een recent initiatief van de Commissie was onder meer een workshop van DG Gezondheid en consumentenbescherming (SANCO) in maart 2004 over de potentiële gevaren van nanotechnologie¹⁴. DG RTD en het Gemeenschappelijk Centrum voor Onderzoek (GCO) ontplooiën momenteel andere initiatieven, bijvoorbeeld met betrekking tot routekaarten en prognoses.

3.1. Onderzoek en ontwikkeling: het creëren van stootkracht

Gelet op de intellectuele, wetenschappelijke en technische uitdagingen die we op het gebied van nanowetenschappen en nanotechnologieën nog voor de boeg hebben, is expertise op O&O-gebied essentieel om de concurrentiepositie van Europa op lange termijn te behouden. In dit opzicht is ondersteuning van het O&O met overheidsmiddelen essentieel, evenals de beschikbaarheid van onderzoekers van wereldklasse en concurrentie tussen onderzoeksteams op Europees niveau.

¹¹ Voor nadere informatie hierover zie de database van projecten: <http://www.cordis.lu/fp6/projects.htm>

¹² Zie <http://fp6.cordis.lu/fp6/home.cfm>

¹³ Zie <http://www.euronanoforum2003.org/> voor nadere informatie.

¹⁴ Zie http://europa.eu.int/comm/health/ph_risk/events_risk_en.htm voor nadere informatie.

Tegelijkertijd moet de bij het O&O verworven kennis met behulp van nanotechnologieën worden vertaald in innovatieve producten en processen die het concurrentievermogen van de Europese industrie kunnen verbeteren. Daarom is het niet alleen noodzakelijk de toonaangevende positie op O&O-gebied in stand te houden, maar dienen ook de industrieel relevante investeringen in O&O te worden verhoogd, waarbij het O&O in communautair verband wordt versterkt en de coördinatie van het nationale beleid van de diverse lidstaten wordt verbeterd teneinde voor een kritische massa te zorgen.

3.1.1. Meer investeren in kennis om de concurrentiepositie van Europa te verbeteren

Om binnen een geglobaliseerde markt en een kenniseconomie welvaart en werkgelegenheid te creëren, is concurrentie bij de verwerving van nieuwe kennis essentieel. Het O&O in Europa moet niet alleen van uitstekende kwaliteit zijn, het moet ook snel genoeg en tegen concurrerende totale kosten worden uitgevoerd om te voorkomen dat industriële activiteiten worden verplaatst naar gebieden waar de productie van kennis een hoger rendement oplevert. Als we erin slagen de leiding te nemen bij de verwerving van nieuwe kennis, kan het huidige tij worden gekeerd en kennisindustrie naar Europa worden gelokt.

Het niveau van de overheidsinvesteringen in nanotechnologisch onderzoek in Europa dreigt in de komende vijf jaar aanzienlijk achter te blijven bij dat van onze grootste concurrenten. We lopen het risico aan stootkracht in te boeten, tenzij de investeringen in Europa aanzienlijk worden opgetrokken, ten minste met een factor 3 in 2010, rekening houdend met de doelstellingen van Lissabon. Dergelijke investeringen mogen niet ten koste gaan van andere O&O-programma's en dienen in overeenstemming te zijn met de "3%-norm"¹⁵. De nadruk moet worden gelegd op aspecten die de grootste uitdaging vormen, vooral op kennis gebaseerde industriële innovatie ("nanofabricage"), integratie op het raakvlak van macro-, micro- en nanoschaal, en interdisciplinair ("convergerend") O&O. Een zekere mate van synergie met de Europese Strategie voor biowetenschappen en biotechnologie¹⁶ kan ook nuttig zijn.

De investeringen in O&O moeten zowel op het niveau van de Gemeenschap als op dat van de lidstaten op complementaire en synergetische wijze worden opgevoerd. Europese samenwerking bij onderzoeksprojecten is essentieel voor het verwerven van de deskundigheid en de kritische massa die nodig is om de leidersrol uit te bouwen. Dit is vooral van belang om door middel van interdisciplinair O&O snel vooruitgang te boeken op nanotechnologiegebied. Dankzij een dergelijke "systeembenadering" kan enerzijds de kennisproductie worden verbeterd en anderzijds de aantrekkelijkheid van Europa voor toonaangevende deskundigen om zich hier te vestigen of hier te blijven worden verhoogd.

3.1.2. Onderzoek op communautair niveau

Onderzoek dat op concurrerende en transparante wijze op communautair niveau plaatsvindt, is essentieel voor het stimuleren en ondersteunen van O&O van wereldklasse binnen de Europese Onderzoekruimte. Niet alleen leidt dit tot

¹⁵ "Meer onderzoek voor Europa: Op weg naar 3% van het BBP", COM(2002) 499 def.

¹⁶ Biowetenschappen en biotechnologie - een strategie voor Europa, COM(2002) 27.

kennisdeling, het brengt ook de beste teams uit verschillende disciplines bij elkaar en resulteert in een interface tussen bedrijven en universiteiten om te zorgen voor een dynamische input voor het interdisciplinair O&O-proces waarvan de nanotechnologie kan profiteren.

Binnen de EU-kaderprogramma's is al een aanzienlijk aantal onderzoeksprojecten op het gebied van nanotechnologie gesubsidieerd. Ofschoon hiermee veel vooruitgang is geboekt wat betreft de O&O-expertise, diende voor de erkenning van de sleutelrol van de nanotechnologie te worden gewacht tot KP6. De O&O-activiteiten werden toen in thematische prioriteitsgebieden gebundeld waardoor de Commissie de problematiek van spreiding, overlapping en versnippering kon aanpakken. Er werden ook twee nieuwe instrumenten geïntroduceerd, namelijk "geïntegreerde projecten" (IP's) en "topnetwerken" (NE's). Zij werden aangevuld met een reeks andere instrumenten en activiteiten¹⁷, zoals speciale IP's voor het MKB.

Sinds de eerste uitnodiging tot het indienen van voorstellen zijn er meer dan 20 IP's en NE's voor O&O op het gebied van nanowetenschappen en nanotechnologieën geselecteerd en in contracten vastgelegd. Bij IP's gaat het om een kritische massa van deelnemers en middelen waarmee een specifieke doelstelling wordt nagestreefd. Daarbij worden alle aspecten van het O&O-proces, zowel de technische als de niet technische, geïntegreerd en wordt de overgang van nanowetenschappen naar nanotechnologieën gegarandeerd door de onderzoeksgemeenschap en de industrie met elkaar in contact te brengen.

Het Europese Technologieplatform is een nieuw concept dat alle betrokkenen bijeen moet brengen om een gezamenlijke langetermijnvisie te ontwikkelen, routekaarten op te stellen, de langetermijnfinanciering te garanderen en tot een samenhangende opvatting van het begrip "governance" te komen. Dit concept kan zijn diensten bewijzen wanneer meer synergie en coördinatie nodig is tussen de diverse spelers op een specifiek technologisch gebied.

3.1.3. *Coördinatie van het nationale beleid*

Nationaal en regionaal beleid en nationale regionale programma's spelen een belangrijke rol bij de financiering van het O&O op nanotechnologiegebied in Europa. Men beseft evenwel dat de nationale draagkracht dikwijls onvoldoende is om wereldwijd meetellende expertisecentra te creëren. Daarom is het van groot belang dat deze programma's zo worden gecoördineerd dat de inspanning geconsolideerd en gebundeld wordt waardoor een kritische massa ontstaat en het effect binnen de Europese Onderzoekruimte op de drie belangrijkste synergie-assen - onderzoek, infrastructuur en opleiding - toeneemt.

Om de verwerking van nanotechnologie in applicaties te stimuleren en het interdisciplinair karakter van O&O op nanotechnologiegebied te versterken en te benutten, is het van belang dat nationale programma's die (dikwijls) op verschillende disciplines steunen en uiteenlopende zwaartepunten kennen, zo worden gecoördineerd dat de inspanningen gebundeld worden om te zorgen voor een kritische massa bij het toegepast O&O en om verschillende wetenschappelijke

¹⁷

Zie <http://fp6.cordis.lu/fp6/home.cfm> voor informatie over de verschillende instrumenten van KP6.

vaardigheden te combineren. Dit moet ertoe bijdragen dat in alle Europese regio's kennis snel in innovatie kan worden omgezet.

Met initiatieven zoals de open coördinatiemethode¹⁸ en ERA-NET¹⁹ kan de coördinatie van programma's en gezamenlijke activiteiten op nationaal of regionaal niveau of onder Europese organisaties worden gestimuleerd en ondersteund. Dergelijke initiatieven kunnen vergezeld gaan van passende benchmarking-activiteiten om de vooruitgang te meten.

3.1.4. *Routekaarten en prognoses*

Routekaarten voor technologische ontwikkeling zijn een middel om de vooruitgang op nanotechnologiegebied te definiëren en analyseren en na te gaan hoe zij doordringen tot in meer uitgekristalliseerde industriële ontwikkelingsfasen. Het opstellen van routekaarten is op zichzelf al nuttig omdat alle betrokkenen daarvoor om tafel moeten gaan zitten om na te denken over de mogelijke ontwikkelingen, uitdagingen, effecten en toekomstige behoeften. Een algemene routekaart voor nanotechnologie is evenwel niet realistisch omdat het gebied daarvoor te breed is. In plaats daarvan zouden er routekaarten moeten worden opgesteld voor marktsectoren die voldoende rijp zijn gebleken. Er zijn verschillende routekaarten in voorbereiding en instellingen zoals het Instituut voor Technologische Prognose (IPTS) van het GCO kunnen daaraan een waardevolle bijdrage leveren.

Om de ontwikkeling van routekaarten als strategisch beleidsinstrument te onderbouwen, spelen prognoses een belangrijke rol bij het anticiperen op toekomstige ontwikkelingen en de planning daarvoor. Dit is met name van belang voor het potentieel ontwrichtende karakter van nanotechnologie, op grond waarvan onderzoek naar de mogelijke maatschappelijke gevolgen noodzakelijk is. Daarom is er behoefte aan een specifieke methodologie en wordt er een onafhankelijke EU-groep van hoge deskundigen opgericht voor "Prognose van de nieuwe technologische golf: de convergentie van nano-, bio- en 'infotechnologieën' en de gevolgen daarvan voor de samenleving en de concurrentie in Europa".

Acties: Een Europese Onderzoekruimte voor nanotechnologie

1. Om op het gebied van nanowetenschappen en nanotechnologieën tot de voorhoede te blijven behoren, dient de EU zich krachtiger te engageren voor O&O op dit gebied. De Commissie doet daarom een beroep op de lidstaten om met behoud van de synergie met nationale programma's:

a) de overheidsinvesteringen in nanowetenschappen en nanotechnologieën gelet op de doelstellingen van Lissabon en de "3%-norm" fors te verhogen op samenhangende en gecoördineerde wijze zodat deze tegen 2010 met een factor drie zijn gestegen;

b) de expertise op het gebied van nanowetenschappen te verhogen door middel van concurrentie op Europees niveau;

¹⁸ Zoals gedefinieerd in de Conclusies van het Voorzitterschap van de Europese Raad van Lissabon van 2000, zie <http://ue.eu.int/>

¹⁹ Zie <http://www.cordis.lu/coordination/home.html>

c) het O&O op nanotechnologiegebied een impuls te geven teneinde toepassingen te ontwikkelen die welvaart creëren, waarbij de nadruk wordt gelegd op de rol van het MKB;

d) de bundeling van O&O-activiteiten in het volgende KP te handhaven om de kritische massa en de synergie tussen de ontwikkeling van nanowetenschappen, nanotechnologieën, aanverwante technologie en veiligheidsaspecten te behouden;

e) voor een doeltreffende coördinatie van de nationale programma's te zorgen;

f) de activiteiten op het gebied van routekaarten en prognoses in Europees verband op te voeren met medewerking van expertisecentra en instituten.

3.2. Infrastructuur: Europese expertisecentra

Met infrastructuur wordt bedoeld op de faciliteiten en hulpbronnen waarmee essentiële diensten worden verleend aan de onderzoeksgemeenschap. Zij kunnen zich op één enkele locatie bevinden, een verspreid karakter hebben (een netwerk van gedistribueerde hulpbronnen), of virtueel zijn (waarbij de dienst langs elektronische weg wordt verleend). Moderne apparatuur en instrumentatie wordt steeds essentiëler, niet alleen voor de ontwikkeling van nanotechnologie maar ook om aan te tonen of O&O kan worden omgezet in producten en processen waarmee welvaart kan worden gecreëerd.

Om de ontwikkeling van zowel nanowetenschappen als nanotechnologieën te bevorderen, zijn investeringen in een brede waaier van geavanceerde faciliteiten, instrumenten en uitrusting van cruciaal belang. Vanwege het interdisciplinaire en complexe karakter van de infrastructuur moeten zulke investeringen dikwijls worden gedeeld door organisaties op lokaal, regionaal, nationaal en particulier niveau. Het is daarom nuttig bij investeringen in infrastructuur onderscheid te maken tussen drie niveaus:

- investeringen tot enkele tientallen miljoenen euro's, die typisch op lokaal of regionaal niveau plaatsvinden, zoals de interdisciplinaire onderzoekcentra voor nanotechnologie in het VK en de expertisecentra voor nanotechnologie in Duitsland;
- investeringen tot 200 miljoen euro, doorgaans met een nationaal karakter, waarvan MINATEC in Frankrijk, IMEC in België en MC2 in Zweden goede voorbeelden zijn die zowel in Europa als in de rest van de wereld de aandacht hebben weten te trekken;
- investeringen van meer dan 200 miljoen euro, op een schaal waarvoor er binnen de EU tot dusver geen specifieke faciliteiten voor nanotechnologie bestonden, maar die in derde landen wel al in ontwikkeling zijn²⁰.

²⁰

Een voorbeeld is het "California Nanosystems Institute", met de oprichting waarvan een investering van rond 300 miljoen dollar is gemoeid, die wordt gedragen door de federale overheid, de staten en particuliere investeerders (zie <http://www.cnsi.ucla.edu/mainpage.html>).

De huidige infrastructuur voldoet niet altijd aan de eisen van de industrie. Deze discrepantie kan te maken hebben met het beheer, de geografische ligging of de toegankelijkheid ervan of met moeilijkheden bij het bereiken van overeenstemming over intellectuele eigendomsrechten (IPR). Oplossingen zoals "open laboratoria" die gemakkelijk toegankelijk zijn voor de industrie, zijn schaars maar dringend noodzakelijk. In het bijzonder wordt er onvoldoende gebruikgemaakt van het MKB, dat enorm zou kunnen profiteren van een dergelijke toegang om het O&O-proces in een stroomversnelling te brengen en de doorlooptijd te beperken.

3.2.1. *Nieuwe "expertisecentra" voor Europa*

Er bestaat dringend behoefte aan een infrastructuur van topkwaliteit voor nanowetenschappen en nanotechnologieën met een Europese dimensie en betekenis ("expertisecentra"). Een dergelijke infrastructuur zou niet alleen toegang kunnen bieden tot geavanceerde apparatuur die lokaal niet altijd beschikbaar is, maar zou ook alle aspecten van interdisciplinair O&O, opleiding en prototype-ontwikkeling kunnen beslaan. Zij zou ook plaats kunnen bieden aan publiek-private partnerschappen en als broedplaats kunnen dienen voor startende bedrijven en "spin-off"-ontwikkelingen.

Om de benodigde kritische massa te bereiken moeten de middelen worden geconcentreerd op een beperkt aantal infrastructuren in Europa. Voorbeelden van sectoren die baat kunnen hebben bij wederzijdse synergie zijn nano-elektronica, nanobiotechnologie en nanomaterialen. De behoefte om versnippering en overlapping te voorkomen moet worden afgewogen tegen het belang van concurrentie en dus van kwaliteit van het O&O.

Er moet worden gestreefd naar een goed evenwicht tussen de Europese, nationale en regionale infrastructuren. Op lange termijn kan de ontwikkeling van meervoudige en/of gedistribueerde centra een belangrijk instrument blijken voor de instandhouding van de gewenste mate van concurrentie. De Europese Technologieplatforms kunnen samen met instanties zoals het Europees strategisch forum voor onderzoekinfrastructuur (ESFRI) een waardevolle input leveren die een optimale aanpak mogelijk maakt.

3.2.2. *Het "Groe-initiatief"*

In de mededeling "Een Europees groei-initiatief - Investeren in netwerken en kennis ten behoeve van groei en werkgelegenheid"²¹ is een breed initiatief ontvouwd dat in samenwerking met de Europese Investeringsbank (EIB) zal plaatsvinden. De aanzet hiertoe zal worden gegeven door een "snelstartprogramma", waarvoor al een voorstel is ingediend en waarvan de financiering vermoedelijk door een combinatie van bankleningen (via het EIB-initiatief "Innovatie 2010") en de particuliere sector (industrie) zal worden verzorgd.

De infrastructuur voor nano-elektronica wordt beschouwd als een van de gebieden waarin bij de eerste reeks van voorstellen voor snelstartprojecten zal worden geïnvesteerd. Een ander gebied is de volgende generatie lasers (bijvoorbeeld vrije-

²¹ "Een Europees groei-initiatief - Investeren in netwerken en kennis ten behoeve van groei en werkgelegenheid", COM(2003) 690.

elektronenlasers), die de mogelijkheid bieden om bijvoorbeeld momentopnamen te maken van de atoomstructuur van afzonderlijke moleculen. Dergelijke faciliteiten zijn van onschatbare waarde voor de ontwikkeling van nanowetenschappen en nanotechnologie en er moet naar synergie worden gestreefd met andere acties op Europees en nationaal niveau.

Acties: Infrastructuur

2. Een infrastructuur van wereldklasse ("expertisecentra") met een Europese dimensie en betekenis is van cruciaal belang om ervoor te zorgen dat de EU haar concurrentievermogen bij het O&O op het gebied van nanowetenschappen en nanotechnologie verhoogt. De Commissie doet een beroep op de lidstaten om:

- a) een coherent systeem te ontwikkelen voor de O&O-infrastructuur, waarbij rekening wordt gehouden met de behoeften van de betrokkenen en in het bijzonder met de ontwikkeling van de synergie met het onderwijs;
- b) maatregelen te treffen om de toegevoegde waarde van de bestaande infrastructuur zo groot mogelijk te maken, rekening houdende met de behoeften van de industrie, in het bijzonder het MKB.

De Commissie wijst op de noodzaak om:

- c) de bestaande infrastructuur door te lichten en in kaart te brengen om na te gaan waar iets moet worden gedaan om de vooruitgang op het gebied van nanotechnologie sneller te doen verlopen, in het bijzonder voor het interdisciplinair O&O;
- d) zonodig een nieuwe, speciaal op nanotechnologie afgestemde Europese infrastructuur op te bouwen waarmee voor voldoende kritische massa kan worden verzorgd en waarbij tevens rekening wordt gehouden met de wensen van de industrie;
- e) de mogelijkheid te onderzoeken van financiële synergie met de Europese Investeringsbank, het Europese Investeringsfonds en de Structuurfondsen.

3.3. Investeren in mensen

Om het potentieel van de nanotechnologie te realiseren dient de EU te kunnen beschikken over een populatie van interdisciplinaire wetenschappers en ingenieurs die kennis kunnen genereren en ervoor kunnen zorgen dat deze weer wordt doorgegeven aan de industrie. Maar om de risico's van de nanotechnologie voor de volksgezondheid goed te kunnen inschatten en beheersen, heeft de EU ook behoefte aan goed opgeleide toxicologen en risicoanalisten. De nanotechnologie biedt, als een jong en dynamisch vakgebied, een gouden kans om een hoger aantal jongere wetenschappers en ander gekwalificeerd personeel warm te maken voor een carrière in het onderzoek.

Volgens een recent rapport²² zijn er in Europa 5,68 actieve onderzoekers op elke 1000 leden van de beroepsbevolking, vergeleken met 8,08 in de VS en 9,14 in Japan. Gelet op het niveau van de menselijke hulpbronnen dat nodig is om in 2010 de 3%-norm van Lissabon te halen, kan worden geschat dat voor het onderzoek in Europa ongeveer 1,2 miljoen mensen (waarvan 700.000 onderzoekers) extra nodig zijn²³. Het is essentieel maatregelen te treffen om in Europa onderzoekers aan te trekken en te behouden, onder meer door gebruik te maken van het onderbenutte potentieel van vrouwen.

3.3.1. *De jeugd enthousiast maken voor "nano"*

Een essentieel onderdeel van de hier gepresenteerde benadering is de jongere generatie te stimuleren al vanaf jonge leeftijd deel te nemen aan de discussies over wetenschap. Gebleken is dat de kans dat een kind later voor een wetenschappelijke loopbaan kiest, in hoge mate afhankelijk is van het vermogen van onderwijzers, ouders en media om hun duidelijk te maken dat, om het in de woorden van Nobelprijswinnaar Richard Feynman te zeggen, "dingen uitzoeken gewoon leuk is". Eenvoudige concepten van de nanotechnologie kunnen worden gepresenteerd aan de hand van concrete wetenschappelijke experimenten en demonstraties.

Nanotechnologie is uitermate geschikt voor onderwijs op pre-universitair niveau, aangezien het dikwijls op geïntegreerde wijze in plaats van per vakgebied wordt onderwezen. Het is echter essentieel dat de jongere generatie niet alleen een indruk krijgt van het onderzoek, maar ook van wat de onderzoekers eigenlijk "doen". Dit kan ertoe bijdragen dat de studenten een weloverwogen keuze kunnen maken door "onderzoek" te presenteren als een opwindende en verantwoorde invulling van de toekomst die talrijke mogelijkheden biedt. Initiatieven zoals het "Europese Jaar van de onderzoeker" zijn uiterst waardevol²⁴.

3.3.2. *De grenzen tussen vakgebieden doorbreken*

Universiteiten spelen een centrale rol bij de ontwikkeling van het Europa van de kennis²⁵. Bij nanotechnologie wordt veel nadruk gelegd op een interdisciplinaire benadering. Het is denkbaar een voorkandidaatsopleiding te geven waarbij de studenten een basisopleiding krijgen op een aantal verschillende vakgebieden, ongeacht de specifieke richting die zij hebben gekozen. Dit moet ertoe leiden dat de toekomstige generatie van nanotechnici zich ontwikkelen tot "ruimdenkende specialisten" die in staat zijn een dialoog aan te gaan met hun tegenhangers uit andere disciplines. "Praktijkopleiding door onderzoek" zou voor de nanotechnologie een essentieel onderdeel kunnen worden.

Er moeten nieuwe opleidingsmethoden voor nanotechnologie komen waarbij de traditionele grenzen tussen vakgebieden worden doorbroken met als doel gericht interdisciplinair onderwijs op universitair en postuniversitair niveau te geven dat zich kan meten met de rest van de wereld. Ook moet worden gedacht aan nieuwe

²² "Key Figures 2003-2004", Europese Commissie, 2003, blz. 44. Het cijfer voor de EU heeft betrekking op 2001, dat voor de VS op 1997 en dat voor Japan op 2002.

²³ "Investeren in onderzoek: een actieplan voor Europa", COM(2003) 226.

²⁴ "Onderzoekers in de Europese onderzoekruimte: een beroep, meerdere loopbanen", COM(2003) 436.

²⁵ "De rol van de universiteiten in het Europa van de kennis", COM(2003) 58.

benaderingen om de publieke en particuliere financiering te stimuleren, evenals aan andere vormen van samenwerking tussen universiteiten en bedrijven (zoals universitaire "start-ups" en universiteiten met inbreng van "risicokapitaal"). Dit zou kunnen gebeuren in de context van de Europese "expertisecentra" (zie actie 2) teneinde studenten een ideale kans te geven om praktijkervaring op te doen op het gebied van baanbrekend onderzoek.

3.3.3. *Onderzoekers en technici met ondernemingsgeest*

Wetenschappelijke carrières zijn onlangs in Europees verband in de belangstelling komen te staan. Er werd toen gewezen op een aantal minder positieve aspecten: aanwervingsmethoden, arbeidsvoorwaarden en de verschillen in carrièremogelijkheden voor mannen en vrouwen²⁶. Vooral de obstakels voor de mobiliteit van onderzoekers en technici tussen de verschillende sectoren van onderzoek en industrie (d.w.z loopbaanevaluatiesystemen op basis van publicaties en octrooien) zijn een bron van zorg en kunnen nadelig zijn voor de overdracht van technologie en innovatie in de nanotechnologie.

Wanneer gestreefd wordt naar een dynamische kenniseconomie is het contraproductief te denken dat de scholing is afgelopen zodra men begint te werken. Het actieplan voor vaardigheid en mobiliteit²⁷ zoekt een oplossing hiervoor. Nanotechnologie is een dynamisch gebied waarop voortdurend opleiding nodig is om de laatste ontwikkelingen te kunnen volgen. Hoe dichter de nanotechnologie bij de markt komt te staan, des te belangrijker is opleiding om hulp te bieden bij het van de grond tillen van bedrijven en spin-off-ontwikkelingen, het beheer van intellectuele eigendomsrechten, het garanderen van de veiligheid en arbeidsomstandigheden (waaronder gezondheid en veiligheid op het werk) en het verwerven van andere, aanvullende vaardigheden die van belang zijn om ervoor te zorgen dat vernieuwers zich een betere uitgangspositie verwerven voor het financieren en ontplooiën van hun initiatieven.

Acties: Investeren in mensen

3. De Commissie doet een beroep op de lidstaten om een bijdrage te leveren aan:

- a) het inventariseren van de opleidingsbehoeften op het gebied van nanotechnologie en het geven van voorbeelden van beste praktijken en/of resultaten van experimentele studies;
- b) het stimuleren van de afbakening en implementatie van nieuwe cursussen en studieprogramma's, de opleiding van docenten en de ontwikkeling van lesmateriaal ter bevordering van een interdisciplinaire benadering van de nanotechnologie, zowel op school als op universitair niveau;
- c) het integreren van aanvullende vaardigheden in programma's voor postdoctoraal onderwijs en een leven lang leren, zoals ondernemerschap, zorg voor gezondheid en veiligheid op het werk, octrooiering, "spin-off"-mechanismen, communicatie, enz.

²⁶ "Onderzoekers in de Europese onderzoekruimte: een beroep, meerdere loopbanen", COM(2003) 436.

²⁷ "Een Europese ruimte voor levenslang leren realiseren", COM(2001) 678, en "Actieplan van de Commissie voor vaardigheden en mobiliteit", COM(2002) 72.

De Commissie ziet mogelijkheden om:

d) de haalbaarheid te onderzoeken van een gezamenlijke Marie Curie²⁸-uitnodiging tot het indienen van voorstellen op het gebied van nanowetenschappen en nanotechnologie;

e) een "Europese prijs voor nanotechnologie" te creëren ter bevordering van de interdisciplinaire gerichtheid en de ondernemingsgeest van onderzoekers.

3.4. Industriële innovatie: van kennis naar technologie

Op de huidige geglobaliseerde markt is economisch succes op lange termijn steeds meer afhankelijk van de productie, het beheer en de exploitatie van kennis. Investerings in O&O zijn noodzakelijk om kennis te produceren en voor industriële innovatie is weer kennis nodig om welvaart te kunnen scheppen. Daarmee is de lus gesloten en kan er vers, particulier kapitaal in O&O worden gestoken.

Hoe kan de Europese industrie nu profiteren van onze kracht op het gebied van nanowetenschappen om producten en diensten te realiseren die welvaart brengen? Daarvoor is het essentieel om het potentieel van deze kennis via nanotechnologie te ontsluiten teneinde een nieuwe impuls te geven aan bedrijven die als gevolg van de hevige internationale concurrentie niet langer concurrerend zijn en om nieuwe kennisbedrijven in Europa te cultiveren.

Een geïntegreerde benadering van het innovatiebeleid²⁹ is noodzakelijk en zal in het binnenkort te verwachten Innovatieactieplan³⁰ worden ontvouwd. Behalve aan gemeenschappelijke, voor al het O&O cruciale factoren³¹ zoals functionerende en concurrerende markten, een fiscaal beleid dat de innovatie bevordert, financiële instrumenten³², ervaren personeel, publiek-private partnerschappen en infrastructuur, dient bij nanotechnologie ook aandacht te worden geschonken aan drie aanvullende factoren: het octrooieren van fundamentele kennis, regelgeving en metrologie.

3.4.1. Kansen en uitdagingen voor de huidige industrie

De nanotechnologie opent voor bedrijven nieuwe mogelijkheden voor zowel incrementele als substantiële innovatie. Tegelijkertijd maakt zij vele bedrijven kwetsbaar voor het risico dat zij deze mogelijkheden niet op tijd herkennen waardoor zij hun concurrentiekracht verliezen. Het ontbreken van een krachtige cultuur in Europa die risicovol ondernemen op gebieden zoals nanotechnologie stimuleert kan, samen met gunstige randvoorwaarden voor innovatie, in dit verband een beslissende factor blijken.

De concurrentie op de markten waarop Europese bedrijven actief zijn, is groot. Om diverse redenen zijn zij vaak ondergecapitaliseerd en beschikken zij slechts over

²⁸ Zie <http://europa.eu.int/mariecurie-actions>

²⁹ Zie <http://europa.eu.int/comm/enterprise/innovation/index.htm>

³⁰ "Innovatiebeleid: actualisering van de aanpak van de Europese Unie in de context van de strategie van Lissabon", COM(2003) 112.

³¹ Zie bijv. "Investeren in onderzoek: een actieplan voor Europa", COM(2003) 226.

³² Zie bijv. "Toegang van het midden- en kleinbedrijf tot financiering", COM(2003) 713.

beperkte middelen voor O&O en innovatie. Uit recente gegevens blijkt dat de particuliere investeringen in O&O in de EU 1,09% van het BBP bedragen tegenover 1,85% in de VS en 2,2% in Japan³³. Ofschoon dergelijke cijfers voor nanotechnologie ontbreken, mag worden aangenomen dat het aandeel van de investeringen door de industrie in Europa hiervoor even ver onder het niveau van de VS of Japan ligt.

3.4.2. *Oprichting van bedrijven en risicokapitaal op het gebied van nanotechnologie*

De meeste sectoren van de nanotechnologie verkeren nog in een pril stadium van ontwikkeling en succesvolle onderzoekers veranderen vaak in ondernemers wanneer zij een bedrijf opstarten. Van de honderden van dergelijke bedrijven die de afgelopen jaren zijn opgericht ligt de helft in de VS en slechts een kwart in de EU³⁴. Gelet op het feit dat het MKB goed is voor ongeveer twee derde van de werkgelegenheid in Europa, zal duidelijk zijn dat er meer moet worden gedaan om de oprichting van nieuwe en innoverende bedrijven te stimuleren³⁵.

Banken en risico-investeerders zijn erg selectief bij het verstrekken van risicokapitaal, in het bijzonder op gebieden met, in hun ogen, hoge technische risico's, een onduidelijke doorlooptijd of mogelijke negatieve gevolgen op ethisch vlak of voor de volksgezondheid of het milieu. Gewoonlijk zijn octrooien noodzakelijk om de eigendom van de kennis te beschermen en nieuwe ondernemers moeten niet alleen uiterst bedreven zijn in de nanotechnologie, maar ook inzicht hebben in management- en bedrijfsstrategieën.

Nieuwe ondernemers klagen er vaak over dat zij wel krediet krijgen (in plaats van risicokapitaal), maar geen ondersteuning bij het management, waardoor zij kwetsbaarder zijn en meer risico's zien. Ondanks technologische successen halen de startende bedrijven het dikwijls toch niet, omdat zij er niet in slagen het financiële omslagpunt te bereiken en daardoor in de "vallei der doden" terechtkomen. Dit kan een acuut probleem zijn in de nanotechnologie, waar het O&O-proces een zaak van lange adem is. De Europese Investeringsbank (EIB) kan hierin een belangrijke rol spelen bij het verstrekken van leningen en de kapitalisatie van nanotechnologiebedrijven.

3.4.3. *Octrooiering*

Het beschermen van kennis door middel van intellectuele-eigendomsrechten is essentieel voor het concurrentievermogen van de industrie, zowel in termen van het aantrekken van de investeringen bij aanvang, als voor het garanderen van de inkomsten daarna. Het aantal octrooien op het gebied van nanotechnologie is sinds het begin van de jaren tachtig gestaag toegenomen. Het gezamenlijk beheer van intellectuele-eigendomsrechten kan een uitdaging vormen op een gebied zoals dat van de nanotechnologie, waarvan het interdisciplinaire karakter onderzoekers en ondernemers met een verschillende culturele achtergrond en mentaliteit bijeenbrengt.

Als gevolg van de sterke nadruk die bij de nanotechnologie op kennis ligt, rijzen er fundamentele vragen over wat wel en wat niet octrooieerbaar dient te zijn

³³ "Key Figures 2003-2004", Europese Commissie, 2003.

³⁴ "Little science, big bucks" Nature Biotechnology, jaargang 21, nummer 10, oktober 2003, blz. 1127.

³⁵ "Actieplan: De Europese Agenda voor ondernemerschap", COM(2004) 70.

(bijvoorbeeld op het niveau van individuele moleculen). Een akkoord over concepten en definities op Europees, en idealiter ook op internationaal niveau, is essentieel om het vertrouwen van investeerders niet te verliezen en om concurrentievervalsing te voorkomen als gevolg van een eventueel afwijkende lokale toepassing of interpretatie van intellectuele-eigendomsrechten.

3.4.4. *Regelgeving*

Een adequate en tijdige regelgeving op het gebied van volksgezondheid, consumentenbescherming en milieu is essentieel, ook om het vertrouwen van de consumenten, de werknemers en de investeerders niet te verliezen. Er dient zoveel mogelijk te worden teruggevallen op bestaande regelgeving. Het specifieke karakter van nanotechnologie maakt evenwel een nieuwe beoordeling en eventueel een aanpassing noodzakelijk. Er moet worden gekozen voor een proactieve benadering. De verbreding van de kennis op het gebied van nanowetenschappen met behulp van O&O op Europees en op nationaal niveau moet als uitgangspunt dienen voor verdere activiteiten in deze richting.

Geharmoniseerde regelgeving garandeert niet alleen een goede samenhang en een eerlijk speelveld, maar speelt ook een sleutelrol bij het zo klein mogelijk houden van de risico's en de bescherming van de gezondheid en het milieu. De huidige regelgeving is dikwijls gebaseerd op parameters die voor bepaalde toepassingen van de nanotechnologie ongeschikt kunnen blijken, zoals vrijkomende nanodeeltjes. Zo worden drempelwaarden dikwijls gedefinieerd in termen van een productievolume of -massa waaronder een stof vrijgesteld is van de bepalingen van de regelgeving. Naar de relevantie van dergelijke drempelwaarden zou opnieuw moeten worden gekeken, zodat zij eventueel kunnen worden aangepast.

3.4.5. *Metrologie en normen*

Om ervoor te zorgen dat de EU het commerciële potentieel van de nanotechnologie kan benutten, moeten de industrie en de samenleving kunnen beschikken over betrouwbare en kwantitatieve karakteriseringsmethoden en meettechnieken ter staving van de concurrentiekracht en de betrouwbaarheid van toekomstige producten en diensten. Er dienen meettechnieken en normen te worden ontwikkeld om een snelle ontwikkeling van de technologie te bevorderen en gebruikers het nodige vertrouwen te geven in de prestaties van het proces en het product.

Innovatieve ontwikkelingen op het gebied van meettechnieken zijn nodig om op de noden van de nanotechnologie in te spelen. Dit terrein vormt een uitdaging. Op nanoschaal wordt het moeilijk om de storende effecten van de meetinstrumenten te scheiden van het verschijnsel zelf. Op bepaalde gebieden zijn er simpelweg geen meetinstrumenten voorhanden. Er zijn nog veel normvoorbereidende onderzoek- en ontwikkelingsactiviteiten nodig om aan de behoeften van de industrie ten aanzien van snelle meet- en controle-instrumenten te voldoen. Het Europees Comité voor Normalisatie (CEN)³⁶ heeft onlangs een speciale werkgroep voor nanotechnologie opgericht.

³⁶ Zie <http://www.cenorm.be/> voor nadere informatie (CEN-resolutie BT C005/2004).

4. De Commissie wijst op de voordelen van een gecoördineerde benadering om innovatie en ondernemerschap op het gebied van nanotechnologie in Europa te stimuleren en:

a) roept de lidstaten op om maatregelen te treffen om de investeringen in O&O door de industrie en in nieuwe innoverende bedrijven te stimuleren conform de doelstellingen van Lissabon;

b) wijst op de noodzaak om het onderzoek naar de vooruitzichten en voorwaarden voor een succesvolle industriële toepassing van de nanotechnologie te verdiepen;

c) spoort de Europese Investeringsbank en het Europese Investeringsfonds aan om de kapitaalsbasis voor innovatie op het gebied van nanotechnologie te verstevigen en roept de lidstaten op na te gaan in hoeverre het mogelijk is de Structuurfondsen te gebruiken voor O&O-initiatieven op regionaal niveau;

d) beschouwt een solide, geharmoniseerd en betaalbaar kader voor intellectuele-eigendomsrechten als essentieel voor de bevordering van technologieoverdracht en innovatie;

e) roept de lidstaten op te zorgen voor een nauwere onderlinge samenwerking tussen de octrooibureaus met het oog op een efficiënter wereldwijd octrooistelsel³⁷;

f) verzoekt de lidstaten de huidige regelgeving te herzien teneinde rekening te houden met de specifieke eigenschappen van nanotechnologie en een gemeenschappelijke Europese benadering vast te stellen;

g) verzoekt de lidstaten de activiteiten op het gebied van metrologie, standaardisatie en normalisatie op te voeren en te coördineren teneinde de concurrentiekracht van de Europese industrie te verhogen.

3.5. Rekening houden met de maatschappelijke dimensie

Sommigen bekritiseren de wetenschappelijke gemeenschap omdat zij te ver verwijderd staat van de democratische processen waardoor het publiek onvoldoende begrip, inzicht in de afweging van kosten en baten, betrokkenheid en zeggenschap heeft. Ofschoon de potentiële toepassingen van de nanotechnologie de kwaliteit van ons bestaan kunnen verbeteren, kleven er, net als aan elke andere nieuwe technologie, mogelijk ook risico's aan. Dit dient openlijk te worden erkend en te worden onderzocht. Tevens dient goed te worden onderzocht hoe het publiek tegen de nanotechnologie en de risico's daarvan aankijkt en dient daarop te worden ingespeeld.

Het is in ieders belang dat een proactieve houding wordt aangenomen en dat in het O&O-proces terdege rekening wordt gehouden met maatschappelijke overwegingen, waarbij gekeken wordt naar de voordelen, de risico's en de diepere implicaties voor

³⁷ Zie het slotcommuniqué van de ministersbijeenkomst van het Comité voor wetenschaps- en technologiebeleid van de OESO van 29 en 30 januari 2004 (zie <http://www.oecd.org/>)

de samenleving. Zoals al eerder is gezegd³⁸, dient dit in een zo vroeg mogelijk stadium te gebeuren en mag niet simpelweg worden gerekend op een acceptatie a posteriori. In dit opzicht vertegenwoordigt het complexe en onzichtbare karakter van de nanotechnologie een uitdaging voor wetenschaps- en risicovoorlichters.

3.5.1. *Verantwoorde ontwikkeling van de nanotechnologie*

Ethische principes moeten in acht worden genomen en, voor zover nodig, door middel van regelgeving worden afgedwongen. Deze uitgangspunten zijn vastgelegd in het Handvest van de grondrechten van de Europese Unie³⁹ en andere Europese en internationale documenten⁴⁰. Ook moet rekening worden gehouden met de mening van de Europese Adviesgroep inzake de ethiek van wetenschappen en nieuwe technologieën (EGE)⁴¹, die de ethische aspecten van medische toepassingen van de nanotechnologie bestudeert.

Een aantal ethische waarden zijn onder meer: respect voor de waardigheid, zelfbeschikking van het individu, rechtvaardigheid en heilzaamheid, vrijheid van onderzoek en evenredigheid. Er dient inzicht te worden verkregen in de relevantie van dergelijke principes voor toepassingen van nanotechnologie bij de mens en elders. Bovendien kunnen bepaalde toepassingen, zoals geminiaturiseerde sensoren, specifieke consequenties hebben voor de bescherming van de privacy en persoonsgegevens.

Een open, traceerbare en controleerbare ontwikkeling van nanotechnologie op basis van democratische beginselen is onmisbaar. Ofschoon sommigen oproepen tot een moratorium op nanotechnologisch onderzoek, is de Commissie ervan overtuigd dat dit uiterst contraproductief zou zijn. Behalve dat de maatschappij de mogelijke voordelen ervan worden ontzegd, kan dit ook leiden tot het ontstaan van "technologieparadijzen", d.w.z. gebieden waar dit soort onderzoek kan plaatsvinden zonder dat er daarvoor een wettelijk kader bestaat zodat misbruik mogelijk is. Omdat wij dan in het geheel niet in staat zouden zijn de ontwikkelingen te volgen en te sturen, zouden de gevolgen nog ernstiger kunnen zijn. Mochten reële en ernstige risico's worden ontdekt, dan zou het voorzorgsbeginsel⁴² kunnen worden toegepast, zoals dat tot nu toe steeds is gebeurd.

3.5.2. *Informatie, communicatie en dialoog: het onzichtbare begrijpen*

Wat is nanotechnologie? Een opinieonderzoek onder 16.000 personen in 2001⁴³ wees uit dat de nanotechnologie maar slecht wordt begrepen. Omdat het zo'n complexe materie is die zich afspeelt op een onzichtbare schaal is nanotechnologie een concept dat moeilijk door het publiek kan worden begrepen. Uit krantenkoppen over bijvoorbeeld zelfreplicerende nanorobots, ontwikkelingen die ver uitstijgen boven

³⁸ Zie bijv. "Nanotechnology: Revolutionary opportunities & societal implications", Derde gezamenlijke workshop inzake nanotechnologie van de Europese Commissie en de NSF, Lecce, Italië (2002) en "The social and economic challenges of nanotechnology", ESRC, VK (2003).

³⁹ Zie http://www.europarl.eu.int/charter/default_en.htm

⁴⁰ Zie http://europa.eu.int/comm/research/science-society/ethics/legislation_en.html.

⁴¹ Zie http://europa.eu.int/comm/european_group_ethics/index_en.htm

⁴² "Mededeling van de Commissie over het voorzorgsbeginsel", COM(2001) 1.

⁴³ "Europeanen, wetenschap en technologie", Eurobarometer 55.2, Europese Commissie, december 2001.

onze huidige mogelijkheden maar dikwijls als een onmiddellijke bedreiging worden voorgesteld, blijkt dat er een dringende behoefte is aan informatie over het hedendaagse nanotechnologieonderzoek en de mogelijke toepassingen ervan. Zo is de "nanoTruck"⁴⁴ een uitstekend voorbeeld van hoe het publiek beter kan worden voorgelicht over nanotechnologie.

Zonder een serieuze poging tot communicatie kunnen nanotechnologische innovaties rekenen op een onterechte negatieve ontvangst door het publiek. Een doeltreffende dialoog in twee richtingen, waarbij rekening wordt gehouden met de opvattingen van het brede publiek en waarbij duidelijk is dat deze van invloed zijn op de beslissingen over het O&O-beleid, is onmisbaar⁴⁵. Het vertrouwen in en de aanvaarding van de nanotechnologie door het publiek is van cruciaal belang voor de langetermijnontwikkeling ervan en stelt ons in staat te profiteren van de potentiële voordelen ervan. Het is duidelijk dat de wetenschappelijke gemeenschap haar communicatieve vaardigheden dient te verbeteren.

Acties: Rekening houden met de maatschappelijke dimensie

5. De Commissie wijst op de noodzaak om de nodige aandacht te schenken aan de maatschappelijke aspecten van nanotechnologie en:

a) roept de lidstaten op te kiezen voor een open en proactieve benadering van governance op het gebied van nanotechnologie-O&O teneinde het publiek het nodige inzicht en vertrouwen te geven;

b) stimuleert een dialoog met burgers/consumenten in de EU om hen in staat te stellen een weloverwogen oordeel te vellen over nanotechnologie-O&O op basis van objectieve informatie en een uitwisseling van ideeën;

c) bevestigt te zullen vasthouden aan ethische beginselen teneinde ervoor te zorgen dat nanotechnologie-O&O op verantwoorde en transparante wijze plaatsvindt.

4. VOLKSGEZONDHEID, VEILIGHEID, MILIEU- EN CONSUMENTENBESCHERMING

Het O&O en de technologische vooruitgang dienen samen te gaan met wetenschappelijk onderzoek naar en een beoordeling van de eventuele gezondheids- of milieurisico's van nanotechnologie. En lopen momenteel enkele studies van de mogelijke risico's, die eveneens worden onderzocht bij IP's en NE's op nanotechnologiegebied in het raamwerk van KP 6. De aandacht gaat vooral uit naar nanodeeltjes, die zich op onvoorspelbare wijze kunnen gedragen als gevolg van hun geringe formaat⁴⁶. Zij kunnen bijzondere uitdaging vormen, bijvoorbeeld in termen van productie, verwijdering, manipulatie, opslag en transport. O&O is nodig om de

⁴⁴ Zie <http://www.nanotruck.net> voor nadere informatie.

⁴⁵ "Actieplan - Wetenschap en samenleving", COM(2001) 714.

⁴⁶ Zie bijvoorbeeld de door de EG gefinancierde projecten: Nanopathology "De rol van nanodeeltjes in door biomaterialen gereduceerde pathologieën" (QLK4-CT-2001-00147), Nanoderm "De kwaliteit van de huid als barrière voor ultrafijne deeltjes" (QLK4-CT-2002-02678) en Nanosafe "Risicoanalyse bij de productie en het gebruik van nanodeeltjes met ontwikkeling van preventieve maatregelen en praktijkcodes" (G1MA-CT-2002-00020).

relevante parameters te bepalen en, waar nodig, voorbereidingen te treffen voor regelgeving, rekening houdende met de volledige keten van actoren, van de onderzoekers via de werknemers tot de consumenten. Bij dit O&O dient ook rekening te worden gehouden met de effecten van nanotechnologie gedurende de volledige levenscyclus, bijvoorbeeld met behulp van Life-Cycle Assessment Tools. Aangezien dergelijke kwesties van belang zijn voor de gehele wereld, zou het nuttig zijn deze kennis op internationaal niveau systematisch met elkaar te delen.

Meer in het algemeen maken de volksgezondheid en de milieu- en consumentenbescherming het noodzakelijk dat degenen die betrokken zijn bij de ontwikkeling van nanotechnologieën, zoals onderzoekers, ontwikkelaars, producenten en distributeurs, eventuele risico's vanaf het prille begin in een zo vroeg mogelijk stadium aanpakken op basis van betrouwbare wetenschappelijke gegevens en analyses met behulp van geschikte methoden. Dit is een hele uitdaging, aangezien het voorspellen van de eigenschappen van op nanotechnologie gebaseerde producten zo moeilijk is omdat daarbij tegelijkertijd rekening moet worden gehouden met klassieke fysische en met kwantummechanische effecten. In diverse opzichten kan het vervaardigen van een stof met behulp van nanotechnologie worden vergeleken met het creëren van een nieuwe chemische stof. Daarom dient bij de beoordeling van de potentiële risico's van nanotechnologie voor de volksgezondheid, het milieu en de consument te worden nagegaan in hoeverre hergebruik van bestaande gegevens mogelijk is en nieuwe, voor de nanotechnologie specifieke toxicologische en ecotoxicologische gegevens (onder meer dosis-respons- en blootstellingsgegevens) dienen te worden verzameld. Dit maakt het tevens noodzakelijk de risicoanalysemethoden te onderzoeken en zonodig aan te passen. In de praktijk betekent dit dat het, om potentiële risico's van nanotechnologie te voorkomen, noodzakelijk is dat voor elke fase in de levenscyclus van op nanotechnologie gebaseerde producten een risicoanalyse moet worden uitgevoerd.

Acties: Volksgezondheid, veiligheid, milieu- en consumentenbescherming

6. Om een hoog niveau van volksgezondheid, veiligheid en milieu- en consumentenbescherming te bereiken, wijst de Commissie erop dat:

- a) (reële of subjectieve) veiligheidsrisico's in een zo vroeg mogelijk stadium moeten worden opgespoord en aangepakt;
- b) er meer steun moet komen voor het betrekken van de gezondheids-, milieu-, risico- en andere relevante aspecten in de O&O-activiteiten en dat dit vergezeld moet gaan van specifieke studies;
- c) steun moet worden verleend voor het verzamelen van toxicologische en ecotoxicologische gegevens (waaronder dosis-responsgegevens) voor het evalueren van de potentiële blootstelling van de mens en milieu.

De Commissie doet een beroep op de lidstaten om:

- d) de risicoanalyseprocedures zonodig aan te passen om rekening te houden met de bijzondere problematiek van nanotechnologietoepassingen;

e) ervoor te zorgen dat in alle fasen van de levenscyclus van de technologie (waaronder ontwerp, O&O, fabricage, distributie, gebruik en verwijdering) een analyse van de risico's voor de volksgezondheid, het milieu, de consument en de werknemer plaatsvindt.

5. EEN VERDERE STAP: INTERNATIONALE SAMENWERKING

Internationale samenwerking is van essentieel belang voor de vooruitgang van het O&O. Daarom staat KP6 bijvoorbeeld open voor de gehele wereld omdat onderzoeksteams uit bijna alle landen aan projecten mogen deelnemen. Dit geldt met name voor de nanotechnologie, waarvoor veel fundamentele kennis nodig is en er nog steeds veel wetenschappelijke en technische uitdagingen overblijven. Hiervoor kan een wereldwijde kritische massa noodzakelijk zijn. Door internationale samenwerking kan het O&O in een stroomversnelling worden gebracht omdat lacunes in de kennis snel kunnen worden opgevuld en bijvoorbeeld de weg wordt geplaveid voor nieuwe metrologische oplossingen en normen.

Diverse landen hebben met de EU overeenkomsten voor wetenschappelijke en technische samenwerking gesloten die ook betrekking hebben op nanotechnologie. Zo heeft de Europese Commissie (EC) uitvoeringsovereenkomsten gesloten met de Amerikaanse National Science Foundation (NSF) en met het Chinese ministerie van wetenschap en technologie (MOST). Dergelijke uitvoeringsovereenkomsten vormen een kader voor intensievere samenwerking op basis waarvan gezamenlijk initiatieven mogelijk zijn. Sinds 1999 worden er gecoördineerde EC-NSF-uitnodigingen gepubliceerd op basis waarvan zo'n 20 projecten zijn gestart.

Voortbouwend op de ervaringen van KP6 dient de internationale samenwerking op het gebied van nanowetenschappen en nanotechnologie te worden geïntensiveerd, zowel met landen die een economische voorsprong hebben (om kennis te delen en te profiteren van de kritische massa) als met minder geavanceerde economieën (om deze toegang tot kennis te garanderen en "kennisapartheid" te voorkomen). Er is vooral dringend behoefte aan het delen van kennis over de gezondheid-, veiligheids- en milieuaspecten van nanotechnologie, waar iedereen van profiteert.

De gemeenschappelijke principes voor het O&O op nanotechnologiegebied zouden kunnen worden vastgelegd in een vrijwillig raamwerk (zoals een gedragscode) om de EU en landen die actief zijn op het gebied van nanotechnologisch onderzoek en die onze opvattingen over verantwoorde ontwikkeling delen, dichter bij elkaar te brengen. Voorlopige gedachtewisselingen met vertegenwoordigers van landen zoals de VS, Japan, Zwitserland en Rusland zijn in dit opzicht erg bemoedigend en zouden de weg kunnen plaveien voor verdere initiatieven.

Acties: Internationale samenwerking

7. De Commissie zal overeenkomstig haar internationale verplichtingen, met name die in het kader van de Wereldhandelsorganisatie bevorderen dat:

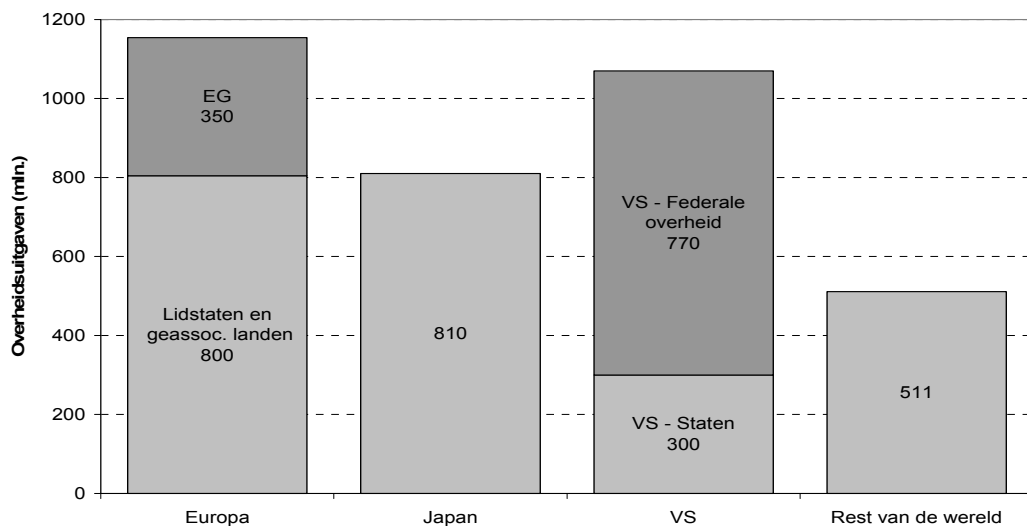
a) op internationaal niveau een discussie wordt gevoerd en een consensus wordt bereikt over zaken die de gehele wereld aangaan, zoals volksgezondheid, veiligheid, milieu, consumentenbescherming, risicoanalyse, regelgevingsaanpak, metrologie, nomenclatuur en normen;

- b) de toegang tot fundamentele kennis in minder geïndustrialiseerde landen wordt verbeterd teneinde "kennisapartheid" te voorkomen;
- c) de wetenschappelijke, technologische, economische en sociale ontwikkeling van nanotechnologieën op de voet worden gevolgd en de informatie daarover wordt gedeeld;
- d) een internationale gedragscode wordt opgesteld om ervoor te zorgen dat er wereldwijd overeenstemming wordt bereikt over basisprincipes voor een verantwoorde ontwikkeling van nanotechnologie.

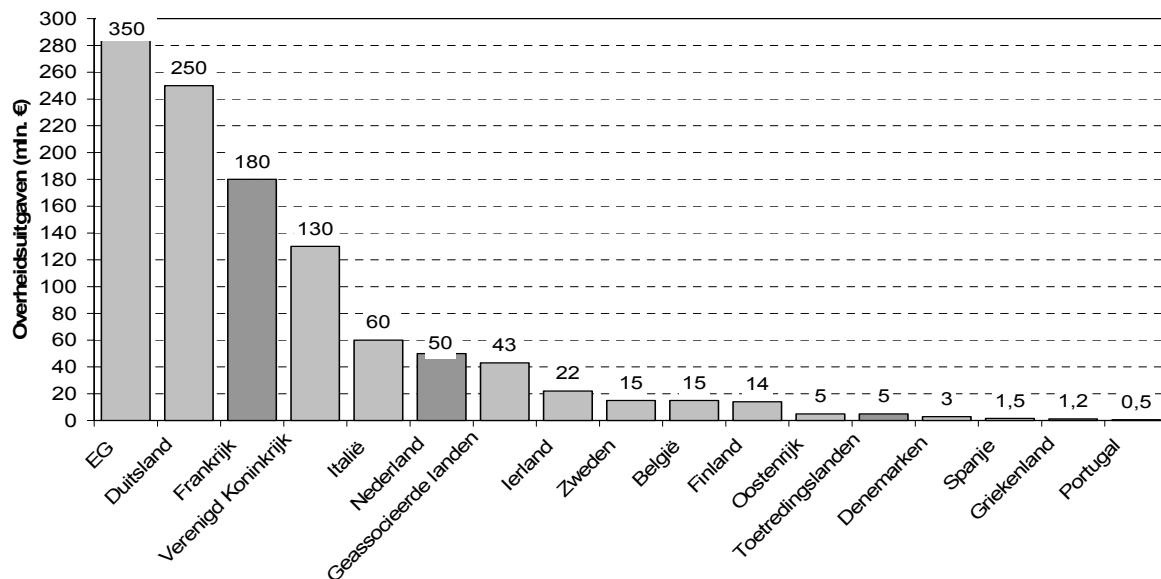
BIJLAGE: GESCHATTE BIJDRAGE VAN DE PUBLIEKE SECTOR AAN NANOTECHNOLOGIE

(N.B.: De hieronder gepresenteerde gegevens zijn afkomstig van verschillende bronnen⁴⁷)

Figuur 1: Totale overheidsuitgaven voor nanotechnologie in 2003 voor Europa (inclusief CH, IL en NO als bij KP6 geassocieerde landen), Japan, de VS en de rest van de wereld (1€ = 1\$).



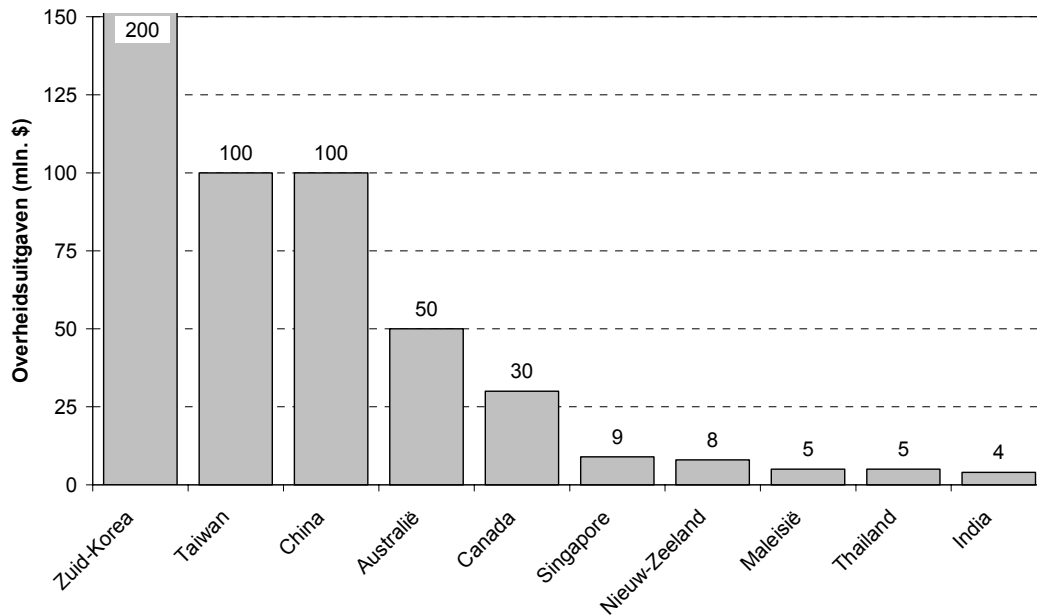
Figuur 2: Uitgaven van de lidstaten, enkele toetredingslanden (CZ, LV, LT, SI), de voornaamste geassocieerde landen (CH, IL en NO) en de EG in absolute termen (in €) in 2003.



⁴⁷

Azië (APNF, ATIP, nABACUS); Europa (Bundesministerium für Bildung und Forschung (Duitsland), Enterprise Ireland, General Secretariat for Research & Technology (Griekenland), Inspection générale de l'administration de l'éducation nationale et de la recherche (Frankrijk), Nanoforum, nationale contactpunten, CORDIS-database voor nanotechnologieën, diverse andere bronnen); VS (NFS); rest van de wereld (diverse bronnen).

Figuur 3: Bijdrage aan nanotechnologieprogramma's voor de belangrijkste derde landen (met uitzondering van de VS en Japan) in absolute termen (in €) in 2003. Bij de interpretatie van deze cijfers dient rekening te worden gehouden met de eventueel grote verschillen in koopkracht.



Figuur 4: Vergelijking van de uitgaven van de EU-15, EU-25, enkele toetredingslanden (CZ, LV, LT, SI), de voornaamste bij KP6 geassocieerde landen (CH, IL en NO), de VS en Japan op per capita-basis in 2003 (1€ = 1\$).

