



KOMMISSIONEN FOR DE EUROPÆISKE FÆLLESSKABER

Bruxelles, den 12.5.2004
KOM(2004) 338 endelig

MEDDELELSE FRA KOMMISSIONEN

Mod en europæisk strategi for nanoteknologi

INDHOLD

Resumé	3
1. Indledning	4
1.1. Hvad er nanoteknologi?	4
1.2. Hvorfor er nanoteknologi vigtig?.....	4
1.3. Hvordan sørger vi for, at nanoteknologi er sikker?.....	6
2. Finansiering og aktiviteter inden for F&U i nanoteknologi på verdensplan.....	7
2.1. F&U inden for nanoteknologi i tredjelande	7
2.2. F&U inden for nanoteknologi i Europa	8
3. Vejen til de uendeligt små dele: Fem dynamiske faktorer.....	9
3.1. Forskning og udvikling: opbygning af dynamik.....	10
3.2. Infrastruktur: Europæiske “ekspertisepoler”	13
3.3. Investering i menneskelige ressourcer	15
3.4. Industriel innovation, fra viden til teknologi.....	17
3.5. Integrering af den samfundsmæssige dimension	20
4. Beskyttelse af folkesundhed, sikkerhed, miljø og forbrugere.....	22
5. Et skridt videre: internationalt samarbejde	23
Bilag: Anslåede offentlige udgifter til nanoteknologi.....	25

RESUMÉ

Nanovidenskab og nanoteknologi er en ny tilgang til forskning og udvikling (F&U), der sigter mod beherskelse af stoffers grundlæggende struktur og adfærd på atom- og molekylniveau. Dette felt åbner mulighed for at forstå nye fænomener og frembringe nye egenskaber, der kan udnyttes på mikro- og makroskala. Der er konkrete anvendelser af nanoteknologi på vej frem, som vil påvirke hverdagen for os alle.

I løbet af de sidste ti år har EU opbygget et solid videngrundlag inden for nanoteknologi. Men det er et spørgsmål, om vi kan bevare denne position, for EU investerer forholdsmæssigt mindre i nanoteknologi end dets vigtigste konkurrenter og mangler infrastruktur i verdensklasse ("ekspertisepoler"), der kan samle den nødvendige kritiske masse. Dette til trods for, at investeringerne i nationale programmer i EU i dag stiger i hurtigt tempo, om end på en ukoordineret måde.

Den europæiske ekspertise inden for nanovidenskab skal i sidste ende omsættes til kommercielt rentable produkter og processer. Nanoteknologi tegner sig efterhånden som et af de mest lovende og hurtigt voksende områder af F&U, der kan sætte nyt skub i Lissabon-processen og udviklingen mod en dynamisk videnbaseret økonomi. Det er imidlertid altafgørende, at der skabes fordelagtige vilkår for innovation, særlig for små og mellemstore virksomheder (SMV).

Nanoteknologi skal udvikles på en sikker og ansvarlig måde. Det er vigtigt at overholde etiske principper, og potentielle sundheds-, sikkerheds- og miljørisici skal undersøges videnskabeligt, også med henblik på en eventuel regulering. De samfundsmæssige virkninger må undersøges og tages i betragtning. Det er afgørende, at der skabes en dialog med offentligheden, så opmærksomheden koncentrerer om spørgsmål af reel betydning, i stedet for om "science fiction"-scenarier.

I denne meddelelse foreslås en række tiltag som led i en integreret strategi for at opretholde og styrke europæisk F&U inden for nanovidenskab og nanoteknologi. Meddelelsen drøfter spørgsmål, der er vigtige for at sikre, at den viden, der frembringes gennem F&U, udnyttes til fordel for samfundet. I den forbindelse er tiden inde til at indlede en debat på interinstitutionelt plan med henblik på en sammenhængende indsats for at:

- øge investeringen i og koordineringen af F&U for at styrke industriel udnyttelse af nanoteknologi, og samtidig opretholde videnskabelig topkvalitet og konkurrence
- udvikle konkurrencedygtig F&U-infrastruktur i verdensklasse ("ekspertisepoler"), der tilgodeser både industriens og forskningsorganisationernes behov
- fremme tværfaglig (videre)uddannelse af forskningspersonale samt en stærkere iværksætterånd

- skabe gunstige vilkår for teknologioverførsel og innovation for at sikre, at europæisk F&U-eksperitise omsættes i produkter og processer, der skaber velstand
- integrere samfundsmæssige hensyn i F&U-processen i en tidlig fase
- gribe potentielle risici for folkesundheden, sikkerheden, miljøet og forbrugerne an på forhånd ved at indsamle de data, der er nødvendige for at foretage en risikovurdering, og ved at integrere risikovurdering i hvert enkelt trin i nanoteknologibaserede produkters livscyklus samt tilpasse eksisterende metoder og om nødvendigt udvikle nye
- supplere de ovennævnte tiltag med passende samarbejde og initiativer på internationalt plan.

De tiltag, der beskrives i denne meddelelse, er i overensstemmelse med konklusionerne af topmødet i Lissabon i 2000, hvor Det Europæiske Råd forpligtede sig til at udvikle en dynamisk, videnbaseret økonomi, med strategien for bæredygtig udvikling, der blev fastlagt på topmødet i Göteborg i 2001 og med målsætningen om at anvende 3 % af BNP på forskning, der blev vedtaget på Barcelona-topmødet i 2002¹. Tiltagene vil også bidrage til udviklingen af det europæiske forskningsrum (ERA)², samtidig med at de drager fordel heraf.

1. INDLEDNING

1.1. Hvad er nanoteknologi?

Forstavelsen “nano” stammer fra det græske ord for “dværg” og anvendes inden for videnskab og teknologi til at betegne 10^{-9} , dvs. en milliarddel (= 0.000000001). En nanometer (nm) er en milliarddel af en meter, titusinde gange mindre end bredden af et menneskehår. Betegnelsen “nanoteknologi” anvendes i denne meddelelse som en fællesbetegnelse, der omfatter de forskellige grene af nanovidenskab og nanoteknologi.

Nanoteknologi som begreb omfatter videnskab og teknologi på nanoskala, dvs. på atom- og molekylniveau, samt de videnskabelige principper og nye egenskaber, der kan forstås og beherskes, når man arbejder på dette plan. Disse egenskaber kan så iagttages og udnyttes på mikro- eller makroniveau, for eksempel til at udvikle materialer og apparater med nye egenskaber og funktioner.

1.2. Hvorfor er nanoteknologi vigtig?

Nanovidenskab beskrives ofte som en “horisontal”, “central” eller “grundlæggende” videnskab, da den kan få gennemgribende indflydelse i stort set alle teknologisektorer. Nanovidenskab bringer ofte forskellige videnskabsområder sammen og anvender en tværfaglig eller “konvergerende” metode. Som resultat

¹ Formandskabets konklusioner findes på: <http://ue.eu.int/en/Info/eurocouncil/index.htm>

² “Meddelelse fra Kommissionen - Det europæiske forskningsrum: et nyt afsæt - Styrke, omlægge, åbne nye perspektiver”, KOM(2002) 565 endelig.

forventes nyskabelser, der kan medvirke til at løse mange af de problemer, vi står over for i dag:

- **Medicinske anvendelser**, for eksempel miniaturiseret diagnostisk udstyr, der kan implanteres med henblik på tidlig diagnose af sygdomme. Nanoteknologibaserede indkapslingsmaterialer kan forbedre sådanne implantaters bioaktivitet og biokompatibilitet. Selvorganiserende strukturer baner vej for nye generationer af vævsteknologi og biomimetiske materialer, hvilket på lang sigt åbner mulighed for at syntetisere erstatningsorganer. Nye systemer til målrettet medicinafgivelse er under udvikling, og for nylig er det lykkedes at lede nanopartikler ind i kræftceller for at behandle disse, f.eks. med varme.
- **Informationsteknologi**, herunder datalagermedier med meget høj skrivetæthed (f.eks. 1 terabit/inch²) og nye fleksible plastskærme. På lang sigt kan molekylær og biomolekylær nanoelektronik, spintronik og kvantecomputere skabe muligheder, der rækker ud over den nuværende computerteknologis.
- Inden for **energiproduktion og -oplagring** kan man bl.a. drage fordel af nye brændselsceller og lette nanostrukturerede faste stoffer, der egner sig til effektiv oplagring af brint. Effektive billige fotovoltaiske solceller (f.eks. "solmaling") er også under udvikling. Det forventes, at der kan opnås energibesparelser ved hjælp af produkter af nanoteknologien, der fører til forbedret isolering og en mere energieffektiv transport og belysning.
- Fremskridtene inden for **materialevidenskab** som følge af nanoteknologi er vidtrækkende og forventes at påvirke stort set alle sektorer. Nanopartikler anvendes allerede til at styrke materialer og give kosmetikprodukter særlige funktioner. Overflader kan ved hjælp af nanostrukturer gøres modstandsdygtige over for ridser, vandafvisende, selvrensende eller sterile. Selektiv podning af organiske molekyler ved hjælp af nanostrukturering af overflader forventes at få betydning for fremstillingen af biosensorer og molekylærelektroniske apparater. Materialers egenskaber under ekstreme forhold kan forbedres betydeligt, med deraf følgende fremskridt for f.eks. luftfarts- og rumindustrien.
- **Fabrikation** på nanoplan kræver en ny tværfaglig tilgang til både forsknings- og fabrikationsprocesser. Konceptuelt er der to fremgangsmåder: den første tager udgangspunkt i mikrosystemer og miniaturiserer dem ("top-down"), og den anden efterligner naturen ved at opbygge strukturer med udgangspunkt i atom- og molekylenniveau ("bottom-up"). Den første metode kan forbindes med en samlingsproces, den anden med en syntese. Bottom-up-metoden befinder sig på et tidligt udviklingsstadium, men den kan få vidtrækkende konsekvenser og betyde, at der bliver vendt op og ned på de nuværende produktionsmåder.
- **Instrumenterne** til at undersøge materialers egenskaber på nanoskala har allerede en væsentlig stimulerende virkning, både direkte og indirekte, på udviklingen i en bred vifte af sektorer. Opfindelsen af tunnelmikroskopet var en milepæl i nanoteknologiens udvikling. Instrumenterne spiller også en afgørende rolle i udviklingen af "top down"- og "bottom up"-fabrikationsprocesser.

- **Fødevarer-, vand- og miljøforskning** kan nyde godt af nanoteknologibaserede fremskridt, som f.eks. redskaber til at spore og neutralisere mikroorganismer og pesticider. Ved hjælp af ny nanomærkningsteknik vil man kunne finde ud af, hvor importerede fødevarer kommer fra. Afbødningsmetoder baseret på nanoteknologi (f.eks. fotokatalytiske teknikker) vil gøre det nemmere at rette op på miljøskader og miljøforurening (f.eks. olieforurening af vand eller jord).
- Det forventes, at **sikkerheden** vil blive forbedret, f.eks. ved hjælp af nye sporingssystemer med høj præcision, der advarer tidligt om tilstedeværelse af biologiske eller kemiske stoffer, helt ned på molekylenniveau. Forbedret beskyttelse af ejendom, f.eks. pengesedler, kan opnås ved hjælp af nanomærkning. Nye kryptografiteknikker til datakommunikation er også under udvikling.

En række nanoteknologibaserede produkter er allerede på markedet: medicinske produkter (f.eks. bandager, hjerteklapper mv.), elektroniske komponenter, ridsebestandig maling, sportsudstyr, krølle- og pletbestandigt stof, solcreme. Det skønnes, at markedet for sådanne produkter i dag er på ca. 2,5 mia. euro, og at det kan vokse til hundreder af milliarder euro i 2010 og på endnu længere sigt til en trillion³.

Med udsigten til at opnå større resultater med færre råmaterialer, navnlig ved at gøre "bottom-up"-fabrikation til virkelighed, indebærer nanoteknologi mulighed for at reducere affaldsmængden i hele produkternes livscyklus. Nanoteknologi kan således medvirke til at skabe en bæredygtig udvikling⁴ og til at nå målene i "agenda 21"⁵ og handlingsplanen for miljøteknologi⁶.

1.3. Hvordan sørger vi for, at nanoteknologi er sikker?

I overensstemmelse med traktaten skal anvendelser af nanoteknologi opfylde kravene om et højt beskyttelsesniveau for så vidt angår folkesundhed, sikkerhed, forbrugere⁷ og miljø⁸. Det er vigtigt for denne hurtigt fremadskridende teknologi, at sikkerhedsproblemer (reelle problemer og forhold, der giver anledning til bekymring) løses i den tidligst mulige fase. Et solidt videnskabeligt grundlag, der skaber tillid både blandt forbrugere og i erhvervslivet, er en forudsætning for, at nanoteknologien kan udnyttes med succes. Desuden bør der træffes alle nødvendige forholdsregler for at garantere sundhed og sikkerhed på arbejdspladsen.

³ Se f.eks. tallene i "New Dimensions for Manufacturing: A UK Strategy for Nanotechnology", DTI (2002), s. 24.

⁴ "En bæredygtig udvikling i Europa for en bedre verden: En EU-strategi for bæredygtig udvikling", KOM(2001) 264. Se også De Forenede Nationers milleniumerklæring (<http://www.un.org/millennium/>)

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

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

⁷ Traktatens artikel 152 og 153 kræver henholdsvis, at "der skal sikres et højt sundhedsbeskyttelsesniveau ved fastlæggelsen og gennemførelsen af alle Fællesskabets politikker og aktiviteter" og at "forbrugerbeskyttelseshensyn inddrages ved udformningen og gennemførelsen af andre af Fællesskabets politikker og aktiviteter."

⁸ I traktatens artikel 174 fastsættes bl.a. følgende mål: "bevarelse, beskyttelse og forbedring af miljøkvaliteten", "en forsigtig og rationel udnyttelse af naturressourcer" og "fremme på internationalt plan af foranstaltninger til løsning af de regionale og globale miljøproblemer."

Det er afgørende, at risikoaspekterne gribes an fra starten som et integreret led i udviklingen af disse teknologier, fra ide- og F&U-fasen til den kommercielle udnyttelse, for at sikre, at nanoteknologi produkter udvikles, fremstilles, anvendes og bortskaffes på en sikker måde. Nanoteknologi skaber nye udfordringer, også for vurdering og styring af risici. Det er derfor vigtigt, at der parallelt med den teknologiske udvikling gennemføres passende F&U for at tilvejebringe kvantitative data om toksikologi og økotoksikologi (herunder dosisrespons- og eksponeringsdata for mennesker og miljø), foretage risikovurderinger og, hvor det er nødvendigt, gøre det muligt at justere risikovurderingsprocedurer. Tiltag vedrørende beskyttelse af folkesundhed, miljø, sikkerhed og forbrugere behandles senere i dette dokument.

2. FINANSIERING OG AKTIVITETER INDEN FOR F&U I NANOTEKNOLOGI PÅ VERDENSPLAN

I lyset af nanoteknologiens potentiale har mange lande iværksat F&U-programmer med store og hurtigt stigende offentlige investeringer. I løbet af de sidste ti år er interessen vokset eksplosivt, og de offentlige investeringer er steget hastigt fra ca. 400 mio. EUR i 1997 til over 3 mia. EUR i dag. I dette kapitel gives en oversigt over offentligt finansierede initiativer inden for nanoteknologi.

Det kan ikke fastslås nøjagtigt, hvor stort den private sektors bidrag til finansiering af F&U i nanoteknologi er, men det anslås til nær ved 2 mia. EUR. Det vil sige, at der er tale om en samlet global investering i F&U i nanoteknologi på omkring 5 mia. EUR. I den forbindelse bør det fremhæves, at EU, hvor 56% af de samlede F&U-investeringer kommer fra private kilder, halter bagefter USA og Japan, hvor tallet er henholdsvis 66% og 73%⁹.

2.1. F&U inden for nanoteknologi i tredjelande

Med lanceringen af det nationale nanoteknologiinitiativ (NNI) i 2000 indledte USA et ambitiøst F&U-program for nanoteknologi, og udgifterne på federalt plan er steget fra 220 mio. USD i 2000 til ca. 750 mio. USD i 2003. For 2005 er der anmodet om et budget på 982 mio. USD. Desuden bidrager delstaterne med en finansiering på ca. 300 mio. USD.

USA's langsigtede engagement i nanoteknologi er for nylig blevet bekræftet gennem "21st Century Nanotechnology Development Act", der dækker perioden 2005-2008, og som afsætter næsten 3,7 mia. USD til fem instanser (NSF, DoE, NASA, NIST og EPA). Dermed vil finansieringsniveauet i 2008 være mere end fordoblet i forhold til i dag. Bemærk, at dette tal ikke omfatter forsvarsrelaterede udgifter (DoD) og andre områder, der tegner sig for omkring en tredjedel af det federale budget for nanoteknologi.

Japan udpegede nanoteknologi som et af sine højst prioriterede forskningsområder i 2001. Den offentlige finansiering steg kraftigt fra 400 mio. USD i 2001 til ca. 800 mio. USD i 2003. Dermed har Japans investering i nanoteknologi overhalet USA's finansiering på federalt plan, og investeringerne forventes at stige yderligere med

⁹ Europa-Kommissionens "Key Figures 2003-2004" (2003).

20% i 2004. Sydkorea har iværksat et ambitiøst tiårsprogram til ca. 2 mia. USD, og Taiwan har afsat ca. 600 mio. USD over en seksårig periode.

Kina afsætter flere og flere ressourcer til nanoteknologi, hvilket har særlig betydning i betragtning af landets købekraft. Kinas andel af videnskabelige publikationer i verden er hastigt stigende, med en vækstrate på 200 % i slutningen af 1990'erne, og Kina er således ved at indhente EU og USA. Rusland har en solid position inden for nanoteknologi, og dette gælder også adskillige af de nye uafhængige stater.

Også mange andre regioner og lande lægger stigende vægt på nanoteknologi, bl.a. Australien, Canada, Indien, Israel, Latinamerika, Malaysia, New Zealand, Filippinerne, Singapore, Sydafrika og Thailand.

2.2. F&U inden for nanoteknologi i Europa

Europa indså nanoteknologiens potentiale på et tidligt tidspunkt og har opbygget et solidt videngrundlag inden for nanovidenskab, der omfatter nogle af de førende forskere på området. En række lande har haft særlige forskningsprogrammer for nanoteknologi siden midten eller slutningen af 1990'erne. I de lande, der ikke har specifikke nanoteknologiinitiativer, indgår nanoteknologi ofte i andre programmer (f.eks. bioteknologi, mikroteknologi, mv.).

Hvis man sammenligner Europa, Japan og USA, er der ingen klare "vindere" eller "tabere" inden for nanoteknologi, men der kan dog peges på visse tendenser. Europas styrke inden for nanovidenskab ses af den omstændighed, at EU i perioden 1997-1999 tegnede sig for 32 % af de videnskabelige publikationer i verden, sammenlignet med USA's 24 % og Japans 12 %¹⁰. Imidlertid ser det ud, som om denne viden ikke altid bliver udnyttet af industrien. En analyse af patenter viser, at EU på verdensplan har en andel på 36 %, sammenlignet med 42 % for USA, hvilket viser, at Europa har en svaghed, når det gælder om at omsætte F&U i konkrete anvendelser.

De offentlige investeringers omfang varierer betydeligt fra medlemsstat til medlemsstat, både i absolutte og relative tal (se bilaget). Det anslås, at de offentlige udgifter til F&U i nanoteknologi er steget fra ca. 200 mio. EUR i 1997 til det nuværende niveau på omkring 1 mia. EUR, hvoraf ca. to tredjedele stammer fra nationale og regionale programmer.

Hvis man ser på de offentlige udgifter i absolutte tal, investerer EU væsentlige økonomiske ressourcer, der er på niveau med investeringerne i USA og Japan. Hvis man derimod ser på den offentlige investering pr. indbygger, ligger gennemsnittet for EU-25 på 2,4 EUR pr. borger (2,9 EUR for EU-15), sammenlignet med 3,7 EUR i USA og 6,2 EUR i Japan. Tilsvarende, set i forhold til BNP, investerer EU-25 0,01%, sammenlignet med henholdsvis 0,01% i USA og 0,02% i Japan.

I samtlige EU-lande (EU-25) undtagen Irland er investeringen pr. indbygger lavere end i både USA og Japan. Det bør også tages i betragtning, at der er planlagt stigninger i USA og Japan, der betyder, at investeringerne i 2006 vil nå op på 5 EUR pr. indbygger i USA og i 2004 på 8 EUR pr. indbygger i Japan. Det er derfor

¹⁰ Den tredje europæiske rapport over videnskabelige og teknologiske indikatorer, Europa-Kommissionen (2003), http://www.cordis.lu/indicators/third_report.htm

sandsynligt, at kløften mellem EU og dets vigtigste konkurrenter vil blive endnu større.

En af de afgørende forskelle mellem EU og dets vigtigste konkurrenter er, at europæisk F&U i nanoteknologi risikerer at blive temmelig opsplittet, med en uensartet vifte af programmer i hurtig udvikling og mange forskellige finansieringskilder. EU's bidrag under det sjette rammeprogram på 350 mio. EUR i 2003 svarer til ca. en tredjedel af de samlede europæiske udgifter til nanoteknologi.

Europas vigtigste konkurrenter er kendetegnet ved koordinerede og/eller centraliserede F&U-programmer for nanoteknologi. I USA f.eks. fordeles over to tredjedele af midlerne via det nationale nanoteknologiinitiativ under det federale program. Det forekommer usandsynligt, at EU kan bevare konkurrenceevnen på verdensplan uden en større målretning og koordinering på fællesskabsplan.

Der drives forskning i nanoteknologi i tiltrædelseslandene, som også er involveret i projekter via EU's rammeprogrammer (RP) for forskning og teknologisk udvikling. Schweiz har en lang tradition for F&U i nanoteknologi, og antallet af patenter og videnskabelige publikationer pr. indbygger er blandt de højeste i verden. Der er også iværksat programmer for forskning i nanoteknologi i andre lande, der er associeret til RP6, f.eks. Norge.

Adskillige samarbejdsforskningsprojekter og andre initiativer er allerede blevet støttet via EU's rammeprogrammer, som har tilføjet en vigtig europæisk dimension ved at etablere tværnationalt samarbejde og har afstedkommet en væsentlig stigning i de nationale og private investeringer. Allerede under det fjerde og femte rammeprogram blev der ydet støtte til en række nanoteknologiprojekter¹¹, men det er først under det sjette rammeprogram (RP6)¹² at nanoteknologi er blevet udpeget som et af hovedindsatsområderne.

3. VEJEN TIL DE UENDELIGT SMÅ DELE: FEM DYNAMISKE FAKTORER

På nutidens globale marked afhænger økonomisk vækst af innovation, der atter afhænger af forskning. F&U i verdensklasse er en uundværlig del af denne proces, men der er også andre faktorer, der må tages i betragtning. I denne meddelelse udpeges der fem dynamiske faktorer: F&U, infrastruktur, uddannelse, innovation og den samfundsmæssige dimension. Der må iværksættes et sæt synergiskabende tiltag på EU-plan inden for alle disse indbyrdes afhængige dynamiske faktorer, for at vi kan udnytte potentialet i det europæiske forskningsrum.

At der er behov for en sådan integreret strategi for F&U i nanovidenskab og nanoteknologi var en af hovedkonklusionerne af "EuroNanoForum2003"¹³, der blev afholdt af Generaldirektoratet for Forskning i december 2003 med over 1000 deltagere fra hele verden. Blandt de øvrige initiativer, som Kommissionen har iværksat for nylig, er en workshop om de mulige risici i forbindelse med nanoteknologi, der blev afholdt af Generaldirektoratet for Sundhed og

¹¹ Yderligere oplysninger findes i databasen over projekter på <http://www.cordis.lu/fp6/projects.htm>

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

¹³ Yderligere oplysninger findes på <http://www.euronanoforum2003.org/>

Forbrugerbeskyttelse i marts 2004¹⁴. Desuden gennemføres der i øjeblikket aktiviteter under GD Forskning og Det Fælles Forskningscenter (FFC), bl.a. vedrørende teknologiplanlægning og fremtidsforskning.

3.1. **Forskning og udvikling: opbygning af dynamik**

I betragtning af, hvilke intellektuelle, videnskabelige og tekniske udfordringer vi står over for inden for nanovidenskab og nanoteknologi, er F&U af topkvalitet en afgørende betingelse for at sikre, at Europa kan forblive konkurrencedygtigt på lang sigt. Derfor er det nødvendigt at støtte F&U gennem offentlig finansiering. Desuden er det en forudsætning, at vi råder over forskere i verdensklasse, og at der er konkurrence mellem forskerhold på europæisk plan.

Samtidig skal den viden, der frembringes gennem F&U, omsættes via nanoteknologi til innovative produkter og processer, der kan øge den europæiske industris konkurrenceevne. Derfor er det ikke blot vigtigt at opretholde en høj standard inden for F&U, men også at øge investeringerne i F&U af betydning for industrien. F&U på fællesskabsplan skal styrkes og koordineringen af de nationale politikker øges for at skabe en kritisk masse.

3.1.1. *Øget investering i viden for at forbedre Europas konkurrenceevne*

For at skabe velstand og nye beskæftigelsesmuligheder på et globaliseret marked og i en videnbaseret økonomi er det afgørende, at der produceres ny viden på konkurrencevilkår. Europæiske F&U-resultater skal være af topkvalitet, men de skal også være klar i rette tid, og de skal opnås med konkurrencedygtige omkostninger, ellers opstår der risiko for, at industriaktiviteterne flyttes til områder, hvor produktion af viden er mere omkostningseffektiv. Hvis Europa kan indtage en førende stilling i produktion af viden, bliver det muligt at vende den nuværende tendens og tiltrække videnbaseret industri til Europa.

Der er risiko for, at den offentlige investering i F&U inden for nanoteknologi i Europa bliver væsentligt lavere end vores vigtigste konkurrenters i løbet af de kommende fem år. Vi er i fare for at tabe terræn, medmindre der sker en væsentlig forøgelse i investeringerne på europæisk plan - som minimum en tredobling inden 2010, hvis vi skal nå Lissabon-målene. En sådan forøgelse bør ikke gå ud over andre F&U-programmer, men bør være i overensstemmelse med "3%-målsætningen"¹⁵ og koncentrerer om de mest udfordrende aspekter, navnlig videnbaseret industriel innovation ("nanofabrikation"), integration af grænsefladerne mellem makro-, mikro- og nanoniveau samt tværfaglig ("konvergerende") F&U. Det kan også være fordelagtigt at skabe et passende samspil med den europæiske strategi for biovidenskab og bioteknologi¹⁶.

Både EU's og medlemsstaternes F&U-investeringer bør øges på en sådan måde, at de supplerer hinanden og skaber synergivirkninger. Samarbejdsforskningsprojekter på europæisk plan er et væsentligt middel til at samle kompetence og kritisk masse for yderligere at øge ekspertisen. Et sådant samspil er især vigtigt for at opnå hurtige

¹⁴ Yderligere oplysninger findes på http://europa.eu.int/comm/health/ph_risk/events_risk_en.htm

¹⁵ "Mere forskning i Europa - Mod 3% af BNP", KOM(2002) 499 endelig.

¹⁶ "Biovidenskab og bioteknologi - En strategi for Europa", KOM(2002) 27.

fremskridt inden for nanoteknologi via tværfaglig F&U. Der må lægges vægt på synergi mellem forskning, infrastruktur og uddannelse – tre uadskillelige elementer. En sådan “systemstrategi” vil sætte skub i videnproduktionen og samtidig tiltrække og holde på de dygtigste kræfter inden for nanoteknologi i Europa.

3.1.2. *Forskning på EU-plan*

Forskning, der gennemføres på EU-plan på konkurrencebaserede og gennemskuelige vilkår, er et vigtigt middel til at stimulere og støtte F&U i verdensklasse i det europæiske forskningsrum. Ud over at viden samles i en pulje, føres de bedste forskerhold fra forskellige discipliner sammen, og der skabes en kontaktflade mellem virksomheder og universiteter. Derved sikres det, at den tværfaglige F&U-proces får et dynamisk input, der fremmer udviklingen af nanoteknologi.

Under EU’s rammeprogrammer er der allerede ydet støtte til en række forskningsprojekter vedrørende nanoteknologi. Der er opnået væsentlige resultater på området, men det er først i det sjette rammeprogram, at nanoteknologiens nøglerolle er blevet anerkendt. Således er F&U-aktiviteterne blevet samlet under et temaområde, således at Kommissionen bedre kan takle problemer i form af spredning, overlapning og opsplitting. Der er indført to nye instrumenter: integrerede projekter og ekspertisenetværk. De suppleres af en række andre instrumenter og foranstaltninger¹⁷, herunder integrerede projekter specifikt for små og mellemstore virksomheder.

Siden de første forslagsindkaldelser blev offentliggjort, er der udvalgt og forhandlet kontrakter om mere end 20 integrerede projekter og ekspertisenetværk inden for nanovidenskab og nanoteknologi. Integrerede projekter samler en kritisk masse af interesseparter og midler med henblik på at forfølge et bestemt mål. De integrerer alle aspekter af F&U-processen, både tekniske og ikke-tekniske, og letter overgangen fra nanovidenskab til nanoteknologi ved at føre forskerne og erhvervslivet sammen.

Europæiske teknologifora er et nyt instrument, der sigter mod at samle alle interesseparter for at udforme en langsigtet fælles vision, lægge planer, sikre finansiering på lang sigt og en sammenhængende styring af udviklingen. Dette instrument kan være nyttigt for at opfylde behovet for større synergi og koordinering mellem de forskellige interesseparter på et specifikt teknologiområde.

3.1.3. *Koordinering af nationale politikker*

Nationale og regionale politikker og programmer spiller en vigtig rolle i finansieringen af F&U inden for nanoteknologi i Europa. Det må imidlertid anerkendes, at nationale ressourcer ofte er utilstrækkelige til at skabe ekspertise-poler i verdensklasse. Disse programmer må derfor hurtigst muligt koordineres, så indsatsen konsolideres og målrettes for at skabe en kritisk masse og opnå større virkning inden for det europæiske forskningsrum på de tre centrale synergiakser: forskning, infrastruktur og uddannelse.

¹⁷ Oplysninger om hele viften af instrumenter under RP6 findes på <http://fp6.cordis.lu/fp6/home.cfm>

For at stimulere brugen af nanoteknologi til konkrete formål og for at øge og drage fordel af nanoteknologiforskningens tværfaglige karakter er det vigtigt, at nationale programmer, der ofte spænder over forskellige discipliner og har forskellig vægtning, koordineres. Derved kan indsatsen målrettes, så der skabes en kritisk masse inden for anvendt F&U, og forskellige videnskabelige kvalifikationer kombineres. Dette kan medvirke til at sikre en hurtig omsætning af viden til innovation i alle Europas regioner.

Initiativer såsom den åbne koordineringsmetode¹⁸ og ERA-NET¹⁹ kan stimulere og støtte koordineringen af programmer og fælles aktiviteter, der gennemføres på nationalt eller regionalt plan, såvel som mellem europæiske organisationer. Sådanne initiativer kan ledsages af passende benchmarking som et middel til at måle fremskridtene.

3.1.4. *Teknologiplanlægning og fremtidsforskning*

Teknologiplanlægning er et middel til at fastlægge mål og vurdere resultaterne inden for nanoteknologi samt følge overgangen til de mere modne produktudviklingsfaser. Udarbejdelsen af planerne er nyttig i sig selv, da den kræver, at alle interesseparter samarbejder og tænker over udviklingsmuligheder, udfordringer, virkninger og fremtidige behov. Det vil dog være urealistisk at tro, at der kan opstilles en generel plan for nanoteknologi, da området er for stort. I stedet bør der fastlægges planer for de markedssektorer, der har nået en tilstrækkelig grad af modenhed. Der er adskillige planer under udarbejdelse, og bl.a. Instituttet for Teknologiske Fremtidsstudier under Det Fælles Forskningscenter yder et værdifuldt bidrag hertil.

Som grundlag for udarbejdelsen af teknologiplaner som et strategisk redskab er fremtidsforskning et vigtigt middel til at forudse udviklingen i fremtiden og planlægge herefter. Det er især vigtigt i forbindelse med nanoteknologi på grund af feltets potentiale for at skabe omvæltning, der gør det nødvendigt at undersøge de mulige samfundsmæssige konsekvenser. Til dette formål er der brug for en specifik metode, og der er ved at blive etableret en uafhængig EU-ekspertgruppe på højt plan vedrørende fremtidsstudier af den nye teknologibølge: sammensmeltningen af nano-, bio- og infoteknologi og følgerne for samfundet og konkurrencen i Europa.

Tiltag: Et europæisk forskningsrum for nanoteknologi

1. For at bevare en førende stilling inden for nanovidenskab og nanoteknologi bør EU styrke sit engagement i F&U. Kommissionen vil sørge for synergi med programmer på nationalt plan og opfordrer samtidig medlemsstaterne til at:

(a) øge de offentlige investeringer i nanovidenskab og nanoteknologi væsentligt og på en sammenhængende og koordineret måde, så udgifterne tredobles inden 2010, idet der tages hensyn til Lissabon-strategien og "3%-målet"

(b) øge ekspertisen inden for nanovidenskab gennem konkurrence på europæisk plan

¹⁸

Som fastlagt i formandskabets konklusioner fra Det Europæiske Råds møde i Lissabon: <http://ue.eu.int/>

¹⁹

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

(c) stimulere F&U i nanoteknologi med det formål at udvikle produkter og processer, der skaber velstand, idet der lægges vægt på at inddrage små og mellemstore virksomheder

(d) bevare koncentrationen af F&U-aktiviteter i det næste rammeprogram for at sikre en kritisk masse og synergi mellem nanovidenskab, nanoteknologi, anden teknik i tilknytning hertil og sikkerhedsaspekter

(e) sikre en effektiv koordinering af de nationale programmer

(f) styrke teknologiplanlægning og fremtidsforskning på europæisk plan, med bistand fra ekspertisecentre og institutter såsom Institutet for Teknologiske Fremtidsstudier.

3.2. **Infrastruktur: Europæiske “ekspertisepoler”**

Infrastruktur omfatter anlæg og ressourcer, der yder forskerne de nødvendige tjenester. Infrastrukturen kan være samlet på ét sted, “distribueret” (et netværk med distribuerede ressourcer) eller “virtuel” (tjenesten ydes ad elektronisk vej). Højt avanceret udstyr og apparatur bliver stadig mere afgørende for udviklingen af nanoteknologi, og for at vise, om F&U kan omsættes til produkter og processer, der skaber velstand.

For at sætte skub i udviklingen af både nanovidenskab og nanoteknologi er det afgørende, at der investeres i et bredt udvalg af avancerede anlæg, redskaber og udstyr. På grund af infrastrukturens tværfaglige og komplekse karakter må investeringerne ofte deles mellem organisationer på lokalt, regionalt, nationalt og privat plan. Infrastrukturinvesteringer kan opdeles i tre kategorier:

- investeringer på op til nogle få dusin mio. EUR, typisk på lokalt og regionalt plan, f.eks. centrene for tværfaglig forskning i nanoteknologi i Det Forenede Kongerige og kompetencecentre for nanoteknologi i Tyskland
- investeringer på op til 200 mio. EUR, typisk på nationalt plan. Eksempler herpå er centrene MINATEC i Frankrig, IMEC i Belgien og MC2 i Sverige, der er blevet kendt både på europæisk og globalt plan
- investeringer på over 200 mio. EUR. Anlæg på dette plan, der er helliget nanoteknologi, findes endnu ikke EU, men er under udvikling i tredjelande²⁰.

Den infrastruktur, der er til rådighed i dag, opfylder ikke altid industriens krav, f.eks. hvad angår ledelse, beliggenhed, adgangsvilkår eller vilkårene for intellektuel ejendomsret (IPR). Der er et stort behov for løsninger såsom “åbne laboratorier” med nem adgang for industrien, men desværre er de sjældne. Navnlig små og mellemstore virksomheder mangler kapital og kunne have stor fordel af en sådan adgang, der kunne sætte fart i F&U-processen og betyde, at produkterne hurtigere kommer på markedet.

²⁰ Som eksempel kan nævnes “California Nanosystems Institute”, der er under opbygning, med et budget på ca. 300 mio. USD fra federale, statslige og private kilder (se <http://www.cnsi.ucla.edu/mainpage.html>)

3.2.1. Nye "ekspertisepoler" i Europa

Der er et akut behov for at give nanovidenkab og nanoteknologi en infrastruktur i verdensklasse, med en europæisk dimension og af europæisk interesse ("ekspertisepoler"). Ud over at give adgang til det mest avancerede udstyr, der måske ikke er til rådighed på lokalt plan, kunne en sådan infrastruktur omfatte alle aspekter af tværfaglig F&U, uddannelse og prototypeudvikling. Den kunne også rumme offentlig-private partnerskaber og tjene som udklækningsanstalt for nye virksomheder og afledte aktiviteter.

For at nå den nødvendige kritiske masse må vi samle vores ressourcer i et begrænset antal infrastrukturer i Europa. Sektorer som nanoelektronik, nanobioteknologi og nanomaterialer kan høste udbytte af et indbyrdes samspil. Imidlertid må ønsket om at undgå opsplitning og overlappning afvejes mod behovet for at sikre konkurrence og dermed F&U af topkvalitet.

Der må skabes en passende balance mellem infrastruktur på europæisk, nationalt og regionalt plan. På lang sigt kan udvikling af flere og/eller distribuerede centre være et vigtigt middel til at opretholde en passende grad af konkurrence. De europæiske teknologifora samt organer som det europæiske strategiske forum for forskningsinfrastruktur (ESFRI) kan yde et væsentligt bidrag til at sikre den bedst mulige fremgangsmåde.

3.2.2. Vækstinitiativet

I meddelelsen "Et Europæisk vækstinitiativ - Investering i net og viden med henblik på vækst og beskæftigelse"²¹ beskrives et vidtrækkende initiativ i samarbejde med Den Europæiske Investeringsbank (EIB). For at sætte initiativet i gang er der foreslået et "kvikstartprogram", som forventes finansieret gennem en kombination af hovedsagelig banklån (via EIB-initiativet "Innovation 2010") og kilder i den private sektor (industrien).

Infrastruktur til nanoelektronik er udpeget som et af investeringsområderne i den første serie af foreslåede "kvikstartprojekter". Et af de andre områder er den næste generation af lasere (f.eks. frielektronlasere), der bl.a. kan give mulighed for at tage "øjebliksbilleder" af enkelte molekylers atomiske struktur. Sådanne redskaber er uvurderlige for udviklingen af nanovidenkab og nanoteknologi, og derfor bør man tilstræbe synergi med andre tiltag på europæisk og nationalt plan på dette område.

Tiltag: Infrastruktur

2. Infrastruktur i verdensklasse ("ekspertisepoler") med en europæisk dimension og af europæisk interesse er af central betydning for at sikre, at EU's konkurrenceevne inden for nanovidenkab og nanoteknologi øges. Kommissionen opfordrer medlemsstaterne til at:

(a) udvikle et sammenhængende system af F&U-infrastruktur, under hensyntagen til interesseparterens behov og navnlig i et samspil med uddannelsessektoren

²¹ "Et Europæisk vækstinitiativ - Investering i net og viden med henblik på vækst og beskæftigelse", KOM(2003) 690.

(b) træffe foranstaltninger for at få størst muligt udbytte af den eksisterende infrastruktur, under hensyntagen til industriens og især de små og mellemstore virksomheders behov

Kommissionen fremhæver nødvendigheden af at:

(c) undersøge og kortlægge eksisterende infrastruktur for at fastslå, hvor der er mest akut behov for at fremme udviklingen inden for nanoteknologi og særlig tværfaglig F&U

(d) opbygge ny europæisk infrastruktur specifikt til nanoteknologi, som kan skabe en kritisk masse, og som også tager hensyn til industriens behov

(e) udforske muligheden for økonomisk synergi med Den Europæiske Investeringsbank, Den Europæiske Investeringsfond og strukturfondene.

3.3. Investering i menneskelige ressourcer

For at kunne udnytte nanoteknologiens potentiale har EU brug for tværfaglige forskere og ingeniører, der kan producere viden og sikre, at denne viden overføres til industrien. For at kunne vurdere og styre de sundhedsrisici, som nanoteknologi kan indebære, har EU også brug for toksikologer og risikoanalytikere. Som et nyt og dynamisk område udgør nanoteknologi således en oplagt mulighed for at tiltrække flere unge forskere og andet faglært personale til en karriere inden for forskning.

Ifølge en nylig rapport²² er der 5,68 aktive forskere pr. 1.000 erhvervsaktive personer i Europa, sammenlignet med 8,08 i USA og 9,14 i Japan. På baggrund af, hvilke menneskelige ressourcer der skal til for at nå 3%-målet inden 2010, kan det anslås, at der bliver behov for yderligere ca. 1,2 millioner europæiske forskningsmedarbejdere (heraf 700.000 forskere)²³. Det er afgørende, at der gøres en indsats for at tiltrække og fastholde forskere i Europa, herunder kvinder, som udgør et uudnyttet potentiale.

3.3.1. At tiltrække ungdommen til nanoteknologi

Et væsentligt element i den strategi, der fremlægges her, består i at gøre den yngre generation interesseret i videnskab i en tidlig alder. Der er meget, der tyder på, at sandsynligheden for, at en person vælger en videnskabelig karriere, i høj grad er afhængig af skolelærernes, forældrenes og mediernes evne til, som Nobelprismodtageren Richard Feynman har udtrykt det, at viderebringe glæden ved at "finde ud af ting". Enkle koncepter i nanoteknologien kan præsenteres ved hjælp af praktiske videnskabelige eksperimenter og demonstrationer.

Nanoteknologi er et velegnet emne for undervisning i folke- og gymnasieskolen, da undervisning i nanoteknologi ofte foregår på et integreret niveau og ikke som led i bestemte fag. Det er imidlertid afgørende, at de unge får et indblik ikke blot i forskning, men også i hvad forskere laver. De unge skal have mulighed for at foretage et velinformeret valg, og forskning må præsenteres som en spændende og

²² Europa-Kommissionens "Key Figures 2003-2004" (2003), s. 44. Tallet for EU vedrører 2001, for USA 1997 og for Japan 2002.

²³ "Investering i forskning: en handlingsplan for Europa", KOM(2003) 226.

ansvarsfuld karriere med mange muligheder. I den forbindelse er initiativer som det "europæiske forskerår" værdifulde²⁴.

3.3.2. *Nedbrydning af faggrænser*

Universiteter spiller en central rolle i udviklingen af det europæiske vidensamfund²⁵. Inden for nanoteknologi lægges der stor vægt på tværfaglighed. Det kunne derfor være en ide at tilrettelægge universitetsforløb, hvor de studerende fortsætter med at få en grundlæggende uddannelse i en række fag, uanset hvilket specifikt fag de studerer. Dette vil sikre, at de fremtidige generationer af nanoteknologer er "specialister med et åbent sind", som er i stand til indgå i et samspil med deres modparter i andre fag. Praktisk "uddannelse gennem forskning" kan blive et afgørende element i nanoteknologi.

Der bør udvikles nye uddannelsesformer for nanoteknologi, der nedbryder de traditionelle grænser mellem fagene, med det formål at tilbyde målrettet tværfaglig universitetsundervisning i verdensklasse, både for kandidat- og ph.d.-studerende. Der bør også udtænkes nye metoder til at tiltrække offentlige og private midler samt andre former for samarbejde mellem den akademiske verden og erhvervslivet (f.eks. nye "akademiske virksomheder" og "risikokapitaluniversiteter"). Dette kunne realiseres inden for rammerne af de europæiske ekspertisepoler (se tiltag 2) for at give de studerende en enestående mulighed for at opbygge praktisk erfaring i forskning på højt avanceret niveau.

3.3.3. *Forskere og ingeniører med iværksætterånd*

Emnet forskerkarrierer er for nylig blevet behandlet på europæisk plan, og der er udpeget en række svagheder, herunder rekrutteringsmetoderne, arbejdsvilkårene og forskellene i karrieremuligheder for mænd og kvinder²⁶. Navnlig giver hindringerne for forskeres og ingeniørers mobilitet mellem forsknings- og erhvervssektorer (idet karrierer evalueres på grundlag af henholdsvis publikationer og patenter) anledning til bekymring og kan modvirke teknologioverførsel og innovation inden for nanoteknologi.

Når målet er et dynamisk videnbaseret samfund, kan det ikke nytte at tro, at uddannelsen slutter, når man får et arbejde. Dette aspekt tages op i aktionsplanen vedrørende kvalifikationer og mobilitet²⁷. Nanoteknologi er et dynamisk felt, hvor man hele tiden må videreudanne sig for at følge med i den seneste udvikling. Efterhånden som nanoteknologien bevæger sig tættere på markedet, bliver det vigtigt at sørge for videreuddannelse vedrørende etablering af nye virksomheder og afledte aktiviteter, forvaltning af intellektuel ejendomsret, sikkerhed og arbejdsvilkår (herunder sikkerhed på arbejdspladsen) og andre supplerende kvalifikationer, så fornyerne står bedre rustet til at skaffe finansiering og gennemføre deres initiativer.

Tiltag: Investering i menneskelige ressourcer

²⁴ "Forskere i det europæiske forskningsrum: et fag, mange muligheder", KOM(2003) 436.

²⁵ "Universiteternes rolle i det europæiske vidensamfund", KOM(2003) 58.

²⁶ "Forskere i det europæiske forskningsrum: et fag, mange muligheder", KOM(2003) 436.

²⁷ "Realiseringen af et Europæisk område for livslang læring", KOM(2001) 678, og Kommissionens aktionsplan vedrørende kvalifikationer og mobilitet, KOM(2002) 72.

3. Kommissionen opfordrer medlemsstaterne til at bidrage til at:

(a) kortlægge uddannelsesbehovene i forbindelse med nanoteknologi og fremdrage eksempler på bedste praksis og/eller resultater af pilotundersøgelser

(b) støtte tilrettelæggelse og gennemførelse af nye kurser og uddannelsesforløb, (videre)uddannelse af lærere, og udformning af nyt undervisningsmateriale, der fremmer en tværfaglig tilgang til nanoteknologi, både i skoler og på universitetsniveau

(c) integrere udvikling af supplerende kvalifikationer i ph.d.-uddannelser og livslang læring, f.eks. via iværksætterkurser, kurser i sundhed og sikkerhed på arbejdspladsen, patentering, "spin-off"-mekanismer, kommunikation, mv.

Kommissionen ser mulighed for at:

(d) undersøge, om det kan lade sig gøre at gennemføre en indkaldelse af forslag vedrørende nanovidenskab og nanoteknologi som led i Marie Curie-programmet²⁸ ;

(e) indføre en "europæisk pris inden for nanoteknologi", der kan bidrage til at fremme tværfaglighed og iværksætterånd blandt forskere.

3.4. Industriel innovation, fra viden til teknologi

På vor tids globaliserede marked afhænger langsigtet økonomisk succes i stigende grad af evnen til at producere, forvalte og udnytte viden. Der er behov for investering i F&U for at frembringe viden, og industriel innovation kræver viden, for at der kan skabes velstand. Dermed er cirklen lukket, og der kan skydes frisk kapital i F&U.

Hvordan kan europæisk industri udnytte Europas styrke inden for nanovidenskab til at frembringe produkter og tjenesteydelser, der skaber velstand? Evnen til at frigøre potentialet i denne viden via nanoteknologi er af central betydning for at give virksomheder, der ikke længere kan klare sig i den stærke internationale konkurrence, en ny impuls og for at opbygge nye europæiske videnbaserede industrier.

Der er brug for en integreret strategi for innovationspolitik²⁹, og en sådan vil blive udviklet i den kommende handlingsplan for innovation³⁰. Ud over de fælles faktorer³¹, der er afgørende for al F&U, herunder fungerende og konkurrencebaserede markeder, en skattepolitik, der støtter innovation, finansieringsinstrumenter³², kvalificerede medarbejdere, offentlig-private partnerskaber og infrastruktur, må der i forbindelse med nanoteknologi lægges vægt på tre yderligere faktorer: patentering af fundamental viden, regulering og metrologi.

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

²⁹ "Innovationspolitikken - en opdatering af EU's tilgang til Lissabon-strategien", KOM(2003) 112.

³⁰ Se <http://europa.eu.int/comm/enterprise/innovation/index.htm>

³¹ Se f.eks. "Investering i forskning: en handlingsplan for Europa", KOM(2003) 226.

³² Se f.eks. "Små og mellemstore virksomheders adgang til finansiering", KOM(2003) 713.

3.4.1. *Muligheder og udfordringer for den eksisterende industri*

Nanoteknologi byder virksomhederne vide muligheder for både gradvis og radikal innovation. Men samtidig risikerer mange virksomheder at tabe konkurrenceevnen, hvis de ikke anerkender teknologiens potentiale tidligt nok. Den omstændighed, at Europa savner en stærk tradition for at støtte og stimulere risikovillige iværksættere på områder som nanoteknologi, kan sammen med rammevilkårene for innovation blive en afgørende faktor.

De europæiske virksomheder står over for et marked med stærk konkurrence. Af forskellige årsager mangler de måske kapital og kan kun afsætte begrænsede ressourcer til F&U og innovation. Nyligt offentliggjorte data viser, at den samlede private investering i F&U i EU ligger på 1,09 % af BNP, sammenlignet med 1,85 % i USA og 2,2 % i Japan³³. Der foreligger ingen tal for nanoteknologi alene, men det kan antages, at industriens andel i investeringerne er tilsvarende lavere i Europa end i USA og Japan.

3.4.2. *Virksomhedsetablering og risikokapital inden for nanoteknologi*

De fleste områder af nanoteknologien befinder sig i en tidlig fase af udviklingen, og fremgangsrigte forskere bliver ofte iværksættere, der etablerer nye virksomheder. Ud af de hundredvis af sådanne virksomheder, der er grundlagt i de senere år, ligger halvdelen i USA, sammenlignet med en fjerdedel i EU³⁴. I betragtning af, at små og mellemstore virksomheder tegner sig for ca. to tredjedele af beskæftigelsen i Europa, er det indlysende, at der må gøres mere for at oprette nye og innovative virksomheder³⁵.

Banker og risikovillige investorer går meget selektivt til værks, når de anbringer risikokapital, især på områder, der efter deres opfattelse indebærer en høj teknisk risiko, hvor det er usikkert, hvor lang tid det vil tage at få et produkt på markedet, eller hvor der kan være negative etiske, sundheds- eller miljømæssige følger. Normalt er det nødvendigt at patentere ny viden for at beskytte ejendomsretten, og nye iværksættere skal ikke blot være på forkant med udviklingen inden for nanoteknologi, men også have evner for ledelse og forretningstrategisk sans.

Nye iværksættere klager ofte over, at de tilbydes kredit (i stedet for risikokapital), og at de ikke får nogen ledelsesmæssig støtte. Dette gør dem mere sårbare og øger deres risikofornemmelse. Trods teknologisk succes, lykkes det måske ikke nystartede virksomheder at nå op over det punkt, hvor der er ligevægt mellem udgifter og indtægter. Dette problem kan være særlig kritisk for nanoteknologi, hvor F&U-processen kræver et langsigtet engagement. Her kan Den Europæiske Investeringsbank spille en vigtig rolle ved at yde lån og styrke kapitalgrundlaget for nanoteknologivirksomheder.

³³ Europa-Kommissionens "Key Figures 2003-2004" (2003).

³⁴ "Little science, big bucks", Nature Biotechnology, Bind 21, Nr. 10, oktober 2003, s. 1127.

³⁵ "Handlingsplan: Den europæiske dagsorden for iværksætterkultur", KOM(2004) 70.

3.4.3. *Patentering*

Ejendomsret til viden i form af intellektuel ejendomsret spiller en central rolle for industriens konkurrenceevne, både når det gælder om at tiltrække investeringer i starten og med hensyn til at sikre indtægter senere. Antallet af patenter inden for nanoteknologi er steget støt siden starten af 1980'erne. Fælles forvaltning af intellektuel ejendomsret kan være noget af en udfordring på et felt som nanoteknologi, hvor den tværfaglige tilgang fører forskere og virksomheder med forskellig kulturel baggrund og forskellige holdninger sammen.

Fordi viden spiller en så vigtig rolle i nanoteknologi, rejser der sig grundlæggende spørgsmål om, hvad man bør og ikke bør kunne tage patent på (f.eks. på molekylniveau). Hvis man kan nå til enighed om begreber og definitioner på europæisk, og ideelt set internationalt plan, vil det få stor betydning for investorenes tillid og for at undgå skævheder som følge af forskellig behandling eller fortolkning af intellektuel ejendomsret i de forskellige lande.

3.4.4. *Regulering*

En passende og rettidig regulering på områderne folkesundhed, forbrugerbeskyttelse og miljø er af central betydning, også for at skabe tillid blandt forbrugere, arbejdstagere og investorer. Der bør i videst muligt omfang gøres brug af eksisterende lovgivning, men på grund af nanoteknologiens særlige karakter må de eksisterende bestemmelser tages op til fornyet vurdering og eventuelt revideres. Der bør følges en proaktiv fremgangsmåde. Målsætningen om at fremme nanovidenskab gennem F&U både på europæisk og nationalt plan bør være udgangspunktet for videre tiltag i denne retning.

Ud over at sikre sammenhæng og forhindre forvridding af markedet spiller harmoniseret regulering en nøglerolle med hensyn til at minimere risici og sikre sundheds- og miljøbeskyttelse. Eksisterende lovgivning er ofte baseret på parametre, der kan vise sig at være u hensigtsmæssige for visse anvendelser af nanoteknologi, f.eks. løse nanopartikler. For eksempel defineres tærskler ofte ved en produktionsmængde eller -masse, under hvilken et stof kan være undtaget fra lovgivningen. Relevansen af sådanne tærskler bør undersøges på ny, og om nødvendigt må der indføres ændringer.

3.4.5. *Metrologi og standarder*

For at sikre, at EU kan udnytte det kommercielle potentiale i nanoteknologi, må industrien og samfundet have pålidelige og kvantitative midler til karakterisering såvel som målemetoder, der kan danne grundlag for fremtidige produkters konkurrenceevne og pålidelighed. Der må udvikles metrologi og standarder for at fremme en hurtig udvikling af teknologien og give brugerne den nødvendige tillid til de resulterende processers og produkters kvalitet.

Der er brug for innovation inden for målemetoder for at tilgodese behovene inden for nanoteknologi. Dette er et område med store udfordringer. På nanoskala er det vanskeligt at adskille måleinstrumenternes forstyrrende virkning fra selve målingen. På visse områder findes der simpelthen ingen metrologiværktøjer endnu. Der er brug for en væsentlig indsats inden for standardforberedende forskning og udvikling, hvor

der tages hensyn til industriens behov for hurtige målinger og kontrol. Den europæiske standardiseringsorganisation (CEN)³⁶ har for nylig oprettet en arbejdsgruppe, der skal beskæftige sig med nanoteknologi.

Tiltag: Industriel innovation, fra viden til teknologi

4. Kommissionen understreger fordelene ved en koordineret strategi for at stimulere innovation og iværksætterkultur inden for nanoteknologi i Europa og:

(a) opfordrer medlemsstaterne til at indføre vilkår, der fremmer industriens og nye innovative virksomheders investering i F&U i overensstemmelse med Lissabonmålene

(b) fremhæver behovet for at foretage en mere dybtgående undersøgelse af perspektiverne og betingelserne for en vellykket udnyttelse af nanoteknologi i industrien

(c) tilskynder Den Europæiske Investeringsbank og Den Europæiske Investeringsfond til at bidrage til at styrke kapitalgrundlaget for innovation inden for nanoteknologi og opfordrer medlemsstaterne til at undersøge muligheden for at anvende midler fra strukturfondene til F&U-initiativer på regionalt plan

(d) betragter en solid, harmoniseret og betalbar IPR ramme for intellektuel ejendomsret som en forudsætning for at fremme teknologioverførsel og innovation

(e) opfordrer medlemsstaterne til at etablere et tættere samarbejde mellem patentkontorer med henblik for at skabe et mere effektivt globalt patenteringssystem³⁷;

(f) opfordrer medlemsstaterne til at revurdere og evt. revidere den eksisterende lovgivning for at tage hensyn til de særlige forhold omkring nanoteknologi og følge en fælles europæisk fremgangsmåde

(g) opfordrer medlemsstaterne til at stimulere og koordinere aktiviteter inden for metrologi og standarder for at styrke det europæiske erhvervslivs konkurrenceevne.

3.5. Integrering af den samfundsmæssige dimension

Forskerverdenen kritiseres somme tider for at være på for stor afstand fra de demokratiske processer. Følgen er manglende forståelse af forskningen i offentligheden, manglende viden om risici og fordele og manglende offentlig deltagelse og kontrolmuligheder. De mulige anvendelser af nanoteknologi kan forbedre livskvaliteten, men kan som enhver ny teknologi også være forbundet med risici, og dette bør anerkendes åbent og undersøges. Samtidig bør man undersøge og gøre noget ved offentlighedens opfattelse af nanoteknologi og risiciene herved.

³⁶ Yderligere oplysninger findes på <http://www.cenorm.be/> (CEN-resolution BT C005/2004).

³⁷ Se sluterklæringen fra mødet i OECD's udvalg for videnskabs- og teknologipolitik på ministerplan, den 29. -30. januar 2004 (se <http://www.oecd.org/>)

Det er i alle parter interesse, at man indtager en proaktiv holdning og integrerer samfundsmæssige hensyn fuldt ud i F&U-processen og udforsker fordele, risici og de dybere konsekvenser for samfundet. Som det allerede er påpeget³⁸, må dette ske i så tidlig en fase som muligt, i stedet for blot at forvente, at resultaterne af forskningen accepteres, når de foreligger. I den forbindelse stiller nanoteknologiens komplekse og usynlige karakter særlige krav til dem, der skal informere om videnskaben og risiciene.

3.5.1. *Ansvarlig udvikling af nanoteknologi*

Der er en række etiske principper, der skal respekteres, og hvor det er hensigtsmæssigt, håndhæves gennem lovgivning. Disse principper er indarbejdet i Den Europæiske Unions charter om grundlæggende rettigheder³⁹ og andre europæiske og internationale dokumenter⁴⁰. Der bør også tages hensyn til de synspunkter, der fremføres af Den Europæiske Gruppe vedrørende Etik⁴¹, der er i færd med at undersøge de etiske aspekter af medicinske anvendelser af nanoteknologi.

De grundlæggende etiske værdier omfatter blandt andet princippet om respekt for menneskets værdighed, princippet om respekt for individets selvbestemmelsesret, princippet om retfærdighed og nytte, princippet om fri forskning og princippet om proportionalitet. Disse princippers relevans for anvendelsen af nanoteknologi, både til humanmedicinske og andre formål, bør undersøges og forstås. Desuden kan visse anvendelser, f.eks. miniaturesensorer, have specifikke konsekvenser for beskyttelsen af privatlivets fred og personoplysninger.

Det er en absolut nødvendighed, at nanoteknologi udvikles under åbne forhold og med mulighed for at spore og kontrollere udviklingen, i overensstemmelse med demokratiske principper. Der er blevet opfordret til et moratorium for forskning i nanoteknologi, men Kommissionen er overbevist om, at dette ville virke stik imod hensigten. Ud over at det ville afskære samfundet fra de mulige fordele, kunne det føre til, at der opstår "teknologiske paradiser", dvs. hvor der udføres forskning i områder uden lovrammer og således med risiko for misbrug. Under sådanne forhold ville vi ikke være i stand til at følge og gribe ind i udviklingen, og dette kan få meget værre følger. I stedet kan man som hidtil anvende forsigtighedsprincippet⁴², hvis der opdages realistiske og alvorlige risici.

3.5.2. *Information, kommunikation og dialog: Forståelse af det usynlige*

"Hvad er nanoteknologi?" En undersøgelse blandt mere end 16.000 personer i 2001⁴³ viste, at kendskabet til nanoteknologi i befolkningen som helhed er ringe. Da nanoteknologi er kompleks og har at gøre med et niveau, der er usynligt, kan det

³⁸ Se f.eks. "Nanotechnology: Revolutionary opportunities & societal implications", 3. fælles EF-NSF-workshop om nanoteknologi, Lecce, Italien (2002), og "The social and economic challenges of nanotechnology", ESRC, UK (2003).

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

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

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

⁴² "Meddelelse fra Kommissionen om forsigtighedsprincippet", KOM(2000) 1.

⁴³ Europa-Kommissionen: "Europæerne, videnskab og teknologi", Eurobarometer 55.2, december 2001.

være vanskeligt for offentligheden at begribe dette begreb. Overskrifter om f.eks. selvkopierende nanorobotter, der ligger langt uden for vores rækkevidde i dag, men ofte præsenteres som en umiddelbar risiko, viser, at der er et akut behov for information om nutidens nanoteknologiforskning og anvendelsesmulighederne. Initiativet "nanoTruck"⁴⁴ er et strålende eksempel på, hvordan man kan øge offentlighedens kendskab til nanoteknologi.

Uden en væsentlig kommunikationsindsats risikerer vi, at nyskabende anvendelser af nanoteknologi får en uretfærdig negativ modtagelse. Det er vigtigt, at der bliver tale om effektiv tovejs-kommunikation, hvor der tages hensyn til den brede offentligheds synspunkter, og hvor befolkningen erfarer, at den har mulighed for at påvirke beslutninger om F&U-politik⁴⁵. Offentlighedens tillid til og accept af nanoteknologi er afgørende for nanoteknologiens udvikling på lang sigt og for, at vi kan nyde godt af de potentielle fordele. Det står klart, at forskerverdenen er nødt til at forbedre sine kommunikationsevner.

Tiltag: Integration af den samfundsmæssige dimension

5. Kommissionen fremhæver, at det er nødvendigt at tage passende hensyn til de samfundsmæssige aspekter af nanoteknologi og

(a) opfordrer medlemsstaterne til at følge en åben og proaktiv strategi for forvaltning af F&U inden for nanoteknologi for at øge befolkningens kendskab og tillid til området

(b) tilskynder til en dialog med EU's borgere/forbrugere, så disse kan bedømme nanoteknologi på et velinformeret grundlag, dvs. på basis af objektive oplysninger og udveksling af ideer

(c) bekræfter, at den vil forsvare etiske principper for at sikre, at F&U i nanoteknologi gennemføres på en ansvarlig og gennemskelig måde.

4. BESKYTTELSE AF FOLKESUNDHED, SIKKERHED, MILJØ OG FORBRUGERE

F&U og teknologiske fremskridt inden for nanoteknologi må nødvendigvis ledsages af videnskabelig undersøgelse og vurdering af de sundhedsrisici, der kan være forbundet med teknologien. Der er forskellige specifikke undersøgelser i gang af de mulige risici, som også behandles som led i integrerede projekter og ekspertisenetværk vedrørende nanoteknologi under FP6. Der kan f.eks. være risiko for, at nanopartikler opfører sig uventet på grund af deres ringe størrelse⁴⁶. De kan derfor frembyde særlige udfordringer, for så vidt angår f.eks. produktion, bortskaffelse, håndtering, oplagring og transport. Der er behov for F&U for at bestemme de relevante parametre og forberede regulering, hvor det er nødvendigt,

⁴⁴ Yderligere oplysninger findes på <http://www.nanotruck.net>

⁴⁵ "Handlingsplan - Videnskab og samfund", KOM(2001) 714.

⁴⁶ Se f.eks. følgende EF-støttede projekter: Nanopathology "The role of nano-particles in biomaterial-induced pathologies" (QLK4-CT-2001-00147); Nanoderm "Quality of skin as a barrier to ultra-fine particles" (QLK4-CT-2002-02678); Nanosafe "Risk assessment in production and use of nano-particles with development of preventive measures and practice codes" (G1MA-CT-2002-00020).

idet der tages hensyn til hele kæden af aktører, fra forskere, over arbejdstagere til forbrugere. F&U skal også omfatte nanoteknologiens virkninger gennem hele livscyklussen, f.eks. ved at bruge værktøjer til livscyklusvurdering. Da disse spørgsmål er af global interesse, vil det være en fordel systematisk at samle og udveksle viden på internationalt plan.

Mere generelt kræver beskyttelsen af folkesundhed, miljø og forbrugere, at alle, der er involveret i udviklingen af nanoteknologi — forskere, produktudviklere, producenter og distributører — griber potentielle risici an fra starten, så tidligt som overhovedet muligt, på grundlag af pålidelige videnskabelige data og analyser, og ved hjælp af passende metoder. Dette er en udfordring, da det er vanskeligt at forudsige nanoteknologibaserede produkters egenskaber, fordi der skal tages hensyn til både klassisk fysik og kvantemekanikeffekter. På mange måder kan bearbejdning af et stof ved hjælp af nanoteknologi sammenlignes med at skabe et nyt kemisk stof. Når man undersøger de mulige risici ved nanoteknologi for folkesundheden, miljøet og forbrugerne, må man derfor overveje, om man kan genbruge eksisterende data, eller om der må fremskaffes nye, nanoteknologispecifikke data om toksikologi og økotoksikologi (herunder dosisrespons- og eksponeringsdata). Desuden må man undersøge og om nødvendigt tilpasse risikovurderingsmetoderne. I praksis må risikovurdering integreres i hver enkelt fase af nanoteknologibaserede produkters livscyklus.

Tiltag: Beskyttelse af folkesundhed, sikkerhed, miljø og forbrugere

6. For at sikre et højt niveau af beskyttelse for så vidt angår folkesundhed, sikkerhed, miljø og forbrugere, fremhæver Kommissionen behovet for at:

(a) udpege og løse sikkerhedsproblemer (reelle problemer og forhold, der giver anledning til bekymring) i den tidligst mulige fase

(b) styrke integrationen af sundheds-, miljø- og risikoaspekter samt andre relevante spørgsmål i F&U-aktiviteter samt støtte specifikke undersøgelser

(c) støtte indsamling af data om toksikologi og økotoksikologi (herunder dosisresponsdata) og evaluere menneskers og miljøets potentielle eksponering.

Kommissionen opfordrer medlemsstaterne til at fremme:

(d) tilpasning, hvor det er nødvendigt, af procedurer for risikovurdering for at tage højde for de særlige aspekter i forbindelse med anvendelser af nanoteknologi

(e) integration af vurdering af risikoen for menneskers sundhed, miljøet, forbrugerne og arbejdstagerne i alle faser af teknologiens livscyklus (herunder idéfasen, F&U, fremstilling, distribution, anvendelse og bortskaffelse).

5. ET SKRIDT VIDERE: INTERNATIONALT SAMARBEJDE

Internationalt samarbejde er en nøgelfaktor, der fører til bedre F&U, og bl.a. det sjette rammeprogram er åbent for hele verden, idet det tillader forskerhold fra stort set alle lande at deltage i projekter. Dette er især vigtigt, når det gælder

nanoteknologi: her er der et stort behov for grundviden, og der er stadig mange videnskabelige og tekniske udfordringer, så det kan være nødvendigt med en global kritisk masse. Internationalt samarbejde kan fremskynde forskningen ved at udfylde hullerne i vores viden hurtigere og f.eks. være med til at bane vej for nye metrologiløsninger og –standarder.

En række lande har indgået aftaler om videnskabeligt og teknisk samarbejde med EU, der omfatter nanoteknologi. For eksempel har Europa-Kommissionen indgået gennemførelsesaftaler med National Science Foundation (NSF, USA) og med ministeriet for videnskab og teknologi i Kina. Sådanne ordninger udgør en ramme for styrket samarbejde og gør det muligt at iværksætte fælles initiativer. Siden 1999 har EF og NSF iværksat koordinerede forslagsindkaldelser, og der er indledt omkring 20 projekter.

Med udgangspunkt i erfaringerne fra RP6 bør der opbygges et styrket internationalt samarbejde om nanovidenskab og nanoteknologi, både med økonomisk stærkere lande (for at udveksle viden og drage fordel af en kritisk masse), og med økonomisk svagere lande (for at sikre, at disse lande får adgang til viden og undgå "videnapartheid"). Der er navnlig et presserende behov for at udveksle viden om sundheds-, sikkerheds- og miljøaspekterne af nanoteknologi, til gavn for hele verdens befolkning.

Fælles principper for F&U inden for nanoteknologi kunne indarbejdes i en frivillig ramme (f.eks. en adfærdskodeks) for at bringe EU tættere sammen med andre lande, der er aktive inden for nanoteknologiforskning, og som deler vores engagement i en ansvarlig udvikling. Foreløbige meningsudvekslinger med repræsentanter for bl.a. USA, Japan, Schweiz og Rusland har været meget opmuntrende i denne henseende og kunne bane vej for yderligere initiativer.

Tiltag: Internationalt samarbejde

7. Kommissionen vil i overensstemmelse med EU's internationale forpligtelser, navnlig forpligtelserne over for Verdenshandelsorganisationen (WTO), fremme:

(a) international debat og konsensus om spørgsmål af global interesse, f. eks. folkesundhed, sikkerhed, miljø, forbrugerbeskyttelse, risikovurdering, reguleringsstrategier, metrologi, nomenklatur og standarder

(b) adgang til grundlæggende viden i mindre industrialiserede lande for at modvirke "videnapartheid"

(c) indsamling og udveksling af oplysninger vedrørende de videnskabelige, teknologiske, økonomiske og samfundsmæssige aspekter af udviklingen af nanoteknologi

(d) fastlæggelse af en international "adfærdskodeks" for at sikre, at der er global enighed om grundprincipperne for ansvarlig udvikling af nanoteknologi.

BILAG: ANSLÅEDE OFFENTLIGE UDGIFTER TIL NANOTEKNOLOGI

(Bemærk, at nedenstående oplysninger stammer fra forskellige kilder⁴⁷)

Fig. 1: Samlede offentlige udgifter til nanoteknologi i 2003 i Europa (inklusive CH, IL og NO, som er associeret til RP6), Japan, USA og andre lande (1 EUR = 1 USD).

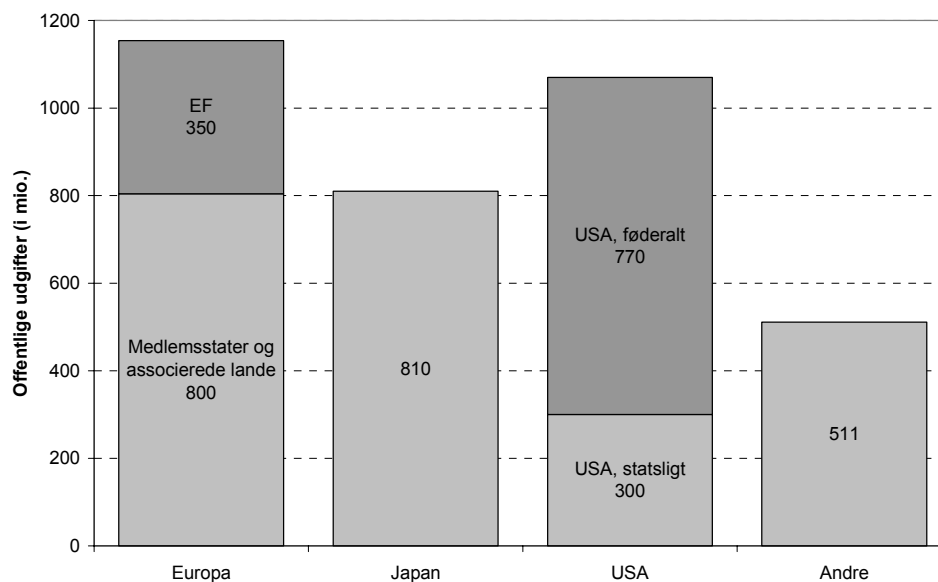
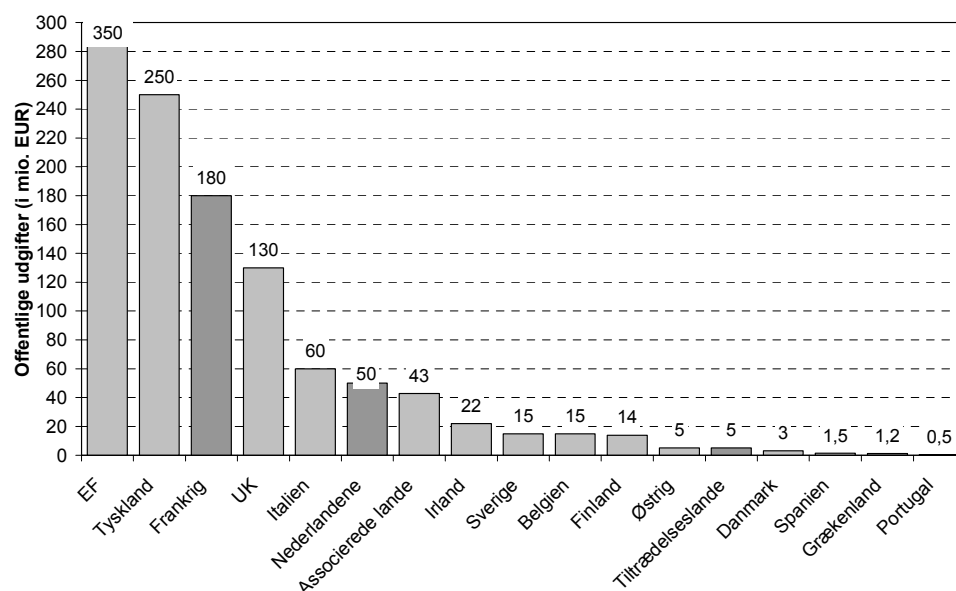


Fig. 2: Udgifter til nanoteknologi for EU-15 (de enkelte medlemsstater samt EF) samt visse tiltrædelseslande (CZ, LV, LT, SI) og de vigtigste associerede lande (CH, IL og NO) i absolutte tal, 2003.



⁴⁷

Asien (APNF, ATIP, nABACUS); Europa (Forbundsministeriet for uddannelse og forskning i Tyskland, Enterprise Ireland, Generalsekretariatet for forskning i Grækenland, Inspection générale de l'administration de l'éducation nationale et de la recherche (Frankrig), Nanoforum, Nationale kontaktpunkter, CORDIS' nanoteknologidatabase, diverse kilder); USA (NSF); andre (diverse kilder).

Fig. 3: Offentlige udgifter til nanoteknologi i vigtige tredjelande med nanoteknologiprogrammer (bortset fra USA og Japan) i absolutte tal, 2003. Ved fortolkning af disse tal bør der tages hensyn til de potentielt store forskelle i købekraft.

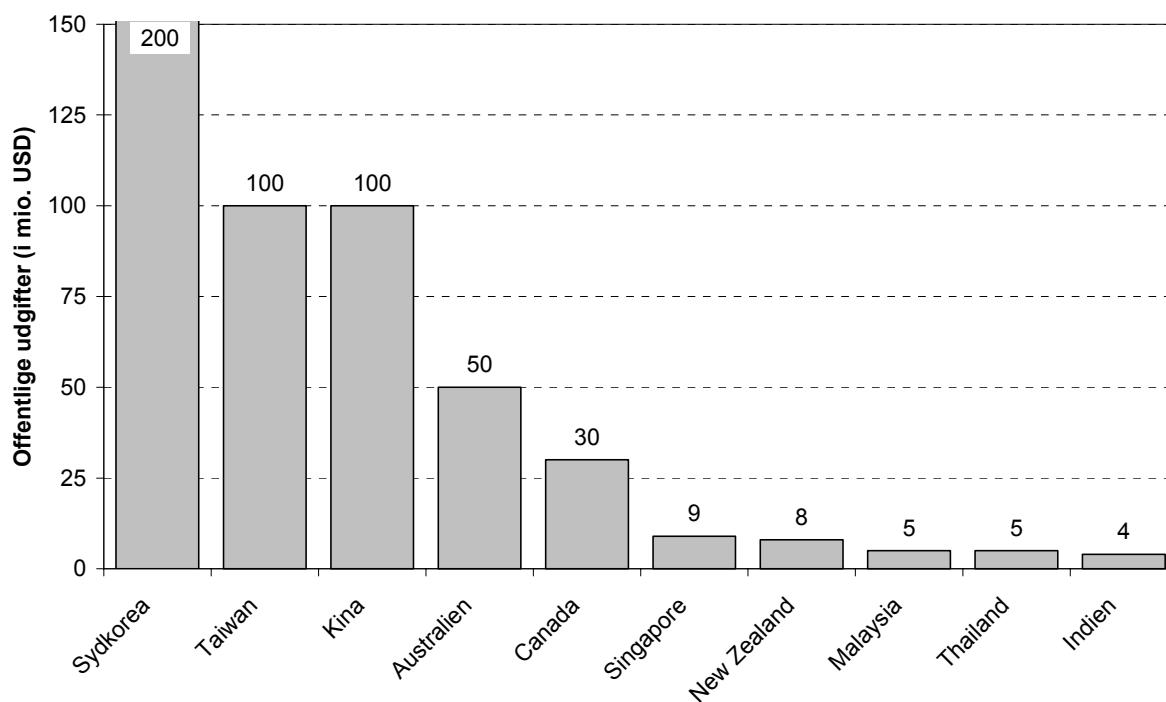


Fig. 4: De offentlige udgifter til nanoteknologi pr. indbygger i EU-15, EU-25, visse tiltrædelseslande (CZ, LV, LT, SI), de vigtigste RP6-associerede lande (CH, IL og NO), USA og i 2003 (1 EUR = 1 USD).

