

Principnotat om håndtering af mulige sundhedsmæssige risici mv for mennesker ved fremtidige anvendelser af nanoteknologi

I. INDLEDNING

Med brev af 8. marts 2005 har Indenrigs- og Sundhedsministeriet anmodet Sundhedsstyrelsen om at vurdere den eksisterende organisering af risikohåndteringen i forbindelse med mulige sundhedsmæssige risici ved anvendelsen af nanoteknologi – særligt i forskningsmæssig sammenhæng [...] Ministeriet peger i denne forbindelse særligt på, at det bør vurderes, om det vil være nødvendigt med et samlet tværgående initiativ til sikring af en landsdækkende risikovurdering og metodeudvikling på området (1.s.kt. J.nr. 2005-1022-31).

Vedrørende en beskrivelse af nanoteknologiens genstandsområde og muligheder henvises til Rapporten *Nanoteknologi – i en grænseløs verden* (Forskningsstyrelsen 2001) samt rapporten *Teknologisk fremsyn om dansk nanovidenskab og nanoteknologi* (Videnskabsministeriet 2004).^{*} Heri lægges op til en stærk dansk satsning, som skal sikre en international førerposition på udvalgte områder. EU-kommissionen udsendte i maj 2004 meddelelsen *Towards a European Strategy for Nanotechnology* (KOM(2004) 338)[†], som efter en åben høring nu er opfulgt af en handlingsplan, som blev offentliggjort 7. juni 2005 (KOM(2005)243).[‡] Heri understreges bl.a. behovet for at tage problemstillinger vedrørende folkesundheden, sundhed og sikkerhed på arbejdspladsen, miljø- og forbrugerspørgsmål i forbindelse med nanoprodukter op så tidligt som muligt.

Der er endvidere i det seneste år internationalt publiceret en række rapporter og initiativer, som viser, at nanoteknologi nu er i færd med at blive et globalt satsningsområde. Fra dette notats synspunkt skal særligt peges på rapporten

I. Indledning	1
II. Forbemærkning om teknologiens baggrund	2
II.1. Forudsætninger for at vurdere risiko	4
III. Erfaringer med udsættelse for ufabrikerede nanostrukturer	5
III.1. Nanostrukturer i føden og i luften	5
III.2. Kendte helbredsvirkninger af luftforurening	5
III.3. Nanostrukturer i nyere forbrugsvarer	6
IV. Teoretiske grunde til at forudse ukendte virkninger af nanotek	7
IV.1. Nanostrukturer udviser kvanteeffekter	7
IV.2. Nanostrukturer har større overflade for samme vægt	8
IV.3. Konsekvenser Af IV.1-IV.2 for risikovurdering mv	8
IV.4. Behov for videnskabeligt underbyggede data	8
V. Lovgivningsmæssige aspekter af nanotek	9
V.1. Lovbestemmelser med konsekvenser for teknologisk forskning, udvikling og industriel fremstilling af nanotek	10
V.2. Lovbestemmelser med konsekvenser for medicinsk anvendelse af nanotek, herunder forsøg på mennesker	12
V.3. Lovbestemmelser med konsekvenser for kosmetisk anvendelse af nanotek	13
V.4. Lovbestemmelser med konsekvenser for andre anvendelser mv af nanotek	15
VI. Sammenfattende vurdering	17
VI.1. Hvad er specielt for nanotek i relation til menneskers sundhed?	17
VI.2. Har vi tilstrækkelig lovgivning?	18
VI.3. Har vi tilstrækkelig viden?	19
VI.4. Er der behov for et tværgående initiativ?	20

^{*} [Teknologisk fremsyn om dansk nanovidenskab og nanoteknologi \(udg. Videnskabsministeriet\) 2004.](#)

[†] [CORDIS: Nanotechnology: Communication Debate](#)

[‡] [Nanovidenskab og nanoteknologi: en europæisk handlingsplan for 2005-2009. EU komm. 7.juni 2005](#)

Nanoscience and nanotechnologies: opportunities and uncertainties, fra det engelske Royal Society and Royal Academy of Engineering (2004).*

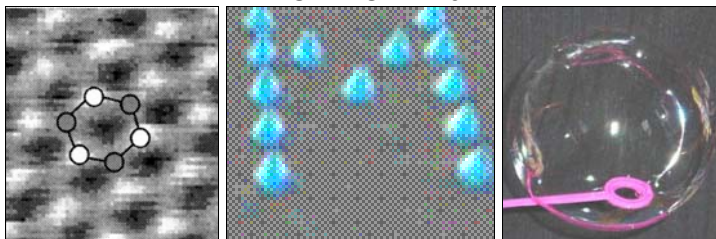
Nærværende notat sigter ikke på en udtømmende eller detaljeret gennemgang. Det forsøges, støttet af eksempler, at give et indtryk af det særlige ved teknologien, karakteren af de udfordringer, den rejser, samt hvilke reguleringsinstrumenter der er for hånden, når hensynet til menneskers sundhed skal tilgodeses samtidigt med, at teknologien udvikler sig. På den baggrund peges bl.a. på visse problemer samt på hensigtsmæssigheden af en tværgående koordinering mellem forskellige ressortminister og styrelser mv.

II.FORBEMÆRKNING OM TEKNOLOGIENS BAGGRUND

De materialer, som vi kender fra industriens klassiske produkter, repræsenterer kun et lille udvalg af alle *mulige* materialer og kombinationer af materialer, og den tekniske udvikling har i historisk tid løbende føjet nye materialer til de allerede kendte – som et enkelt eksempel kan nævnes de særligt hårde og syrebestandige specialstålsorter, der blev opnået ved at legere jern med wolfram eller molybdæn. På et dybere forklaringsniveau afspejler materialernes egenskaber i sidste ende atomers og molekylers egenskaber og forbindelser. Faste stoffers *elastiske* egenskaber er fx et udtryk for den modstand atomerne yder mod at blive nærmet til hinanden, hvorimod deres *trækstyrke*, *bøjestykke*, og *slagstyrke* afspejler hvor langt atomafstande kan forlænges ud over såkaldte ligevægtsafstande. Tilsvarende betragtninger gælder for stoffernes øvrige egenskaber, fx deres *lysbrydning*, *elektriske ledningsevne*, *opløselighed*, eller *konsistens*. Ved at gribe direkte ind i struktur og orden af molekulære ensembler ville man derfor kunne designe nye materialeegenskaber i kendte stoffer, men dette lå tidligere uden for de tekniske muligheder.

I de seneste tyve-femogtyve år er der udviklet højpræcisions instrumenter – bl.a. såkaldte Scanning Probe Mikroskoper, der kan visualisere de enkelte atomer, samt apparatur der kan manipulere disse.

* [The Royal Society and Royal Academy of Engineering: Nanoscience and nanotechnologies \(2004\)](#)



Figur 1. Til venstre er atomgitteret i grafit fotograferet med et scanning probe mikroskop^{*}: man kan se atomerne. I midten: detalje fra et eksperiment, hvor atomer blev anbragt i et mønster, som dannede IBMs logo: man kan *flytte rundt* på atomerne. Til højre ses – i en helt anden størrelsesskala – en velkendt struktur, som skyldes *molekylær selvorganisering*.

Herved har man fået adgang til at karakterisere og arbejde med strukturer i et størrelsesniveau, som ligger langt under det oprindeligt tilgængelige. Forenklet kan det siges, at der i dag kan arbejdes i overgangsområdet mellem på den ene side atomer og molekyler, og på den anden side de mindste ”ting”, der kan dannes ved at sammensætte atomer og molekyler på forskellige måder. I dette såkaldte *nanoskalære* område udviser selv de kendte materialer nye og ukendte egenskaber.

Ved at fremstille, karakterisere og afprøve stoffer på det nanoskalære niveau kan der derfor opnås kendskab til materialeegenskaber, som evt. ville kunne udnyttes industrielt. Fremstillingen kan *enten* ske ”oppefra-ned” (top-down), ved at udmejsle nanoskalære strukturer af et eksisterende materiale, - billedligt talt som at arbejde med løvsav, *eller* ”nedefra-op” (bottom-up), hvor man i princippet opbygger de nanoskalære strukturer fra bunden - atom for atom, molekyle for molekyle – i praksis dog for det meste sådan at man arbejder med grupper af molekyler, som ofte spontant vil forbinde sig til arkitektonisk smukke og funktionelt interessante strukturer, - noget som kaldes molekylær selvorganisering. Fastlæggelse og etablering af de præcise fysisk-kemiske omstændigheder, under hvilke de nævnte processer kan og vil forløbe, bygger på anvendelse af kendte principper for organisk og uorganisk kemisk syntese, på beregninger eksempelvis i form af simulering i kraftige parallelcomputere, og på konkrete eksperimenter hvor man varierer forsøgsomstændighederne.

Når først en nanoskalær struktur er dannet, er blevet nærmere udforsket og karakteriseret, og lader sig renfremstille økonomisk rentabelt i industriel skala,

^{*} [Billedet til venstre stammer fra øvelsesmateriale, KU](#)

SIDE 4 AF 20

kan den afhængig af sine særlige egenskaber indgå i en potentielt meget bred vifte af produkter - denne multifunktionalitet betyder, at de fleste industrisektorer på længere sigt kan forventes at udnytte nanoteknologi om end i vekslende grader. Frygten for som nation at undergå relativ teknologisk forældelse – med de heraf følgende nationaløkonomiske konsekvenser – synes at være en væsentlig del af forklaringen på, at alle de avancerede industrilande nu satser stærkt på dette nye område.

II.1.FORUDSÆTNINGER FOR AT VURDERE RISIKO

Satsningen på teknologisk forskning og udvikling af nanoteknologi har som en af sine umiddelbare og forudseelige konsekvenser, at arbejdstagere i de berørte offentlige eller private forsknings- og udviklingsaktive virksomheder (og på længere sigt større grupper af befolkningen) kan blive udsat for kendte materialer i et nyt fysisk-kemisk design, hvor de har – eller ikke har – anderledes helbredsmæssige skadevirkninger end de kendte. Vurdering af, om der i en konkret situation – såfremt der ikke blev iværksat effektive beskyttelsesforanstaltninger - ville kunne være sundhedsfare for mennesker, kaldes en risikovurdering, og vil i almindelighed forudsætte adgang til arbejdsmedicinsk og miljømedicinsk ekspertise. Vurderingen forudsætter tilstrækkeligt kendskab til grundlæggende fysisk-kemiske egenskaber ved det eller de stoffer der kan forekomme udsættelse for, til skadevirkningerne for den menneskelige organisme (toksicitet), til skadevirkningernes afhængighed af de skadevoldende dosisniveauer, samt til de dosisniveauer (koncentrationer/doser), som man med rimelighed kan forudse at mennesker rent faktisk vil blive udsat for (eksponeringen). Kendskab til samtlige disse elementer kan ikke forventes at være fuldt ud tilstede, hvor der er tale om et nyt forsknings- og udviklingsfelt, og specielt ikke når man tager i betragtning, at der netop på dette felt tages sigte på at ændre kendte stoffer og materials fysisk-kemiske egenskaber.

Så længe konkrete sikkerhedsdata er mangelfulde må det ud fra et forsigtighedsprincip lægges til grund, at der vil kunne være helbredsmæssige risici – heriblandt evt. alvorlige risici – forbundet med eksponering, og beskyttelsesforanstaltninger bør tage udgangspunkt heri. Dette kan dels støttes af erfaringer og videnskabelige forsøg med udsættelse for andre små partikler fx i luften, dels i teoretiske betragtninger som senere skal omtales.

III.ERFARINGER MED UDSÆTTELSE FOR UFABRIKEREDE NANOSTRUKTURER

III.1.NANOSTRUKTURER I FØDEN OG I LUFTEN

Menneskers udsættelse for nanoskalære strukturer er ikke i sig selv noget nyt. Optagelse via tarmsystemet finder fx sted når vi drikker mælk, som er en kolloid opløsning af milliarder af små strukturer, blandt hvilke en vigtig del ligger i området 20-100 nanometer (caseinmiceller). Caseinmiceller udviser dog ikke stor lighed med de nanostrukturer som forskningen aktuelt beskæftiger sig med. Som art har mennesket endvidere i hele evolutionens historie, omend i særlig grad i nyere tid, været udsat for indånding af luftbårne partikler i det nanoskalære område. Forbrændingsprocesser frembringer – uanset hvad det er, der brænder - store mængder af nanopartikler i det nedre nanoområde (10 nanometer), som hurtig samles til nanopartikler i det øvre nanoområde (op mod 100 nanometer). Disse kan forblive svævende i luften i dage til uger. Kilderne til sådanne nanopartikler rækker fra vulkansk aktivitet og skovbrande til brug af ild til opvarmning og madlavning, rygning, og i nyere tid industriel og trafikalt forurening.* Atmosfæriske fotokemiske processer yder også et bidrag. En enkelt milliliter almindelig storbyluft indeholder af størrelsesorden 10-100.000 nanopartikler, hvilket betyder at en enkelt indånding repræsenterer flere millioner nanopartikler.

III.2.KENDTE HELBREDSVIRKNINGER AF LUFTFORURENING

Den mest direkte evidens for helbredsvirkninger af udsættelse for nogle typer af nanopartikler kommer fra undersøgelser over virkninger af luftforurening. Epidemiologiske undersøgelser har dokumenteret at luftforekomsten af fine og ultrafine partikler fra industri og trafik til en vis grad er korreleret med sygelighed og dødelighed i befolkningen, og det er muligt, om end ikke bevist, at dette særligt skyldes bidraget fra nanoskalære (ultrafine) partiklers virkning på lunger og kredsløb. Som tidligere nævnt indeholder en liter almindelig storbyluft et stort antal nanopartikler. Omkring halvdelen af disse tilbageholdes i lungerne. Da et stort antal mennesker næsten konstant er udsat for disse koncentrationer, mens kun en mindre del oplever helbredsmæssige bivirkninger, antages det at luftforurening især går ud over mennesker, som pga. af

* [1.5 mio tons kulpigment \(carbon black\) i nanostørrelse \(lampesod, kønrøg osv.\) herunder i høj grad fra naturlige kilder fx atmosfæriske fotokemiske processer, skovbrande mv.](#)

SIDE 6 AF 20

forudgående sygdom eller genetiske anlæg er særligt sårbare. I forhold til disse kan selv mindre svingninger i graden af luftforurening have mærkbare konsekvenser.

Nanoteknologi kan næppe forventes at blive en væsentligt kilde til luftforurening, og det er derfor ikke sandsynligt, at den almindelige befolkning i fremtiden vil blive udsat for frie nanopartikler, stammende fra nanoteknologiske produkter, i doser som er tilstrækkeligt store til at ækvivalere de beskrevne virkninger af luftforurening. Derimod er det sandsynligt, at personer beskæftiget med udvikling eller produktion af nanotek, kunne blive udsat for sådanne doser, og også dette taler for, at sådanne personer bør være beskyttet mod udsættelse i arbejdssituationen.

III.2.1. Andre erfaringer

Erfaringer med arbejderes udsættelse for mineralpartikler (bl.a. kvartspartikler i mikrometerstørrelse) stammer fra mine- og stenbrudsarbejde. Undersøgelser har vist, at helbredsrisikoen ved indånding (risiko for udvikling af lungefibrose) afhænger af det samlede indåndede partikel-areal og den kemiske reaktivitet af overfladen. Herfra må det forventes, at skadevirkningen af et indåndet stof udregnet på vægtbasis alt andet lige vil være højere, jo mindre partikelstørrelsen er. En analogislutning herfra fører til, at kronisk eksponering for nanopartikler baseret på silicium eller kulstof kunne forventes at indebære sundhedsfare.

Industriel udsættelse for fibre fra asbest er en velkendt årsag til alvorlig kronisk lungesygdom herunder lungekræft. Virkningen skyldes kombination af uopløselighed med en fibertykkelse som er så lille, at fibrene inhaleres dybt ned i lungen, en fiberlængde der er så stor, at fibrene ikke kan fjernes af forsvarsceller (makrofager), og en overflade som er så reaktiv, at der udløses såkaldt oksidativ vævsskade. Ud fra en analogislutning kunne det antages, at (nogle) nanorør ville kunne forårsage tilsvarende skader hvis de blev snoet om hinanden på en sådan måde, at der dannedes konventionelle fibre. Heroverfor står dog, at det er uklart i hvilket omfang dette i praksis vil kunne ske.

III.3. NANOSTRUKTURER I NYERE FORBRUGSVARER.

Nanoteknologi har været anvendt til at frembringe små detaljer ved computer chips i de sidste tyve år, og en almindelig computer chip indeholder omkring 100 millioner af dem. Der synes dog ikke i større omfang at være beskrevet sundhedsmæssige følger for brugere heraf (hvilket ikke udelukker at sådanne

kan forekomme). Tilsvarende gælder også en række andre nanotek-materialer, som i en længere årrække har været anvendt i produkter, vi som forbrugere har mere eller mindre direkte kontakt med: vandskyende og selvrensende vinduesglas, støddæmpere med særlige sikkerhedsegenskaber, malinger med øget klæbeevne, antirefleksbriller med bedre solbeskyttende egenskaber, rids-resistente brilleglas, vind- og vandtætte skibeklædnings genstande, skivoks med superglid, og tennisketchere med bedre slagstyrke.

Dette må ses i lyset af, at i de nævnte forarbejdede produkter af nanoteknologi forekommer nanopartiklerne ikke frit, men kemisk bundet til eller indlejret i slutproduktet, hvorfor de ikke eller kun i ringe grad bliver optaget i den menneskelige organisme.

IV.TEORETISKE GRUNDE TIL AT FORUDSE UKENDTE VIRKNINGER AF NANOTEK

Nanoteknologi frembringer materialer, som – sammenlignet med udgangsmaterialet – kendetegnes af ny molekylær organisation, nye egenskaber og nye funktioner. Ud fra en almindelig fornuftsbetragtning fører dette til at antage, at sådanne frembragte materialer ligeledes, i forhold til interaktion med den menneskelige organisme, kan opføre sig på uventet måde.

Fra et teoretisk synspunkt kan der anføres to grunde til, at nanotek kan tilføre et materiale uventede egenskaber.

IV.1.NANOSTRUKTURER UDVISER KVANTEEFFEKTER

Den første grund til, at stoffernes egenskaber på nanoskalaen kan overraske, er, at fysikkens klassiske mekaniske og elektromagnetiske love (som indtil omkring 1905 antoges at være universelt gyldige) ikke holder fuldt ud på nanoskalaen – i stedet begynder effekter som forudsiges af kvantemekanikkens love at gøre sig gældende, og desto stærkere, jo længere ned på nanoskalaen man kommer. Et godt eksempel herpå er de tidligere omtalte nanorør, hvis elektriske ledningsevne er *kvantiseret*, således at ledningsevnen – helt i modstrid med, hvordan en elektrisk ledning normalt opfører sig - varierer diskontinuert (springvis) selvom længden varieres kontinuert (jævnt). Dette røber indirekte eksistensen af det såkaldte *virkningskvantum*, hvis teoretiske betydning blev klarlagt i undersøgelser af Planck, Bohr og Einstein i begyndelsen af det tyvende århundrede – hvorved kvantemekanikken blev grundlagt. Også andre egenskaber – fx optiske egenskaber, varmeledning mv,

SIDE 8 AF 20

kan udvise overraskende afvigelser fra de traditionelle love, bl.a. afhængig af rørenes diameter, længde og snoning.

IV.2.NANOSTRUKTURER HAR STØRRE OVERFLADE FOR SAMME VÆGT

Den anden grund til at stoffernes egenskaber på nanoskalaen kan overraske er, at forholdet mellem et stofs overflade og dets masse (vægt) – uanset spørgsmålet om hvilke fysiske love der i øvrigt gælder - vokser, jo mere findelt stoffet er. Man kan også udtrykke dette ved at sige, at en stadigt større del af stoffets enkeltatomer kommer til at ligge på overfladen, i kontakt med omgivelserne. Det betyder samlet set, at stoffet bliver kemisk mere reaktivt, hvilket bl.a. kan udnyttes ved katalyse, men samtidig kan risikoen ved eksponering, eksempelvis inhalation, stige (jf. III.2.1) .

IV.3.KONSEKVENSER AF IV.1-IV.2 FOR RISIKOVURDERING MV

På baggrund af de ovennævnte teoretiske betragtninger, sammenholdt med de erfaringer som foreligger vedrørende udsættelse for visse typer af nanostrukturer, kunne en lovgivnings- og myndighedsstrategi tage principielt udgangspunkt i, at fabrikerede nanostrukturer, uanset om de er baseret på kemiske forbindelser hvis virkninger er velkendte fra anvendelse i traditionelle materialer, *som udgangspunkt* skal betragtes som nye, (delvist) ukendte stoffer. En risikovurdering, alene baseret på analogislutninger fra traditionel anvendelse, kan ud fra et sådant principielt udgangspunkt ikke anses for tilstrækkelig til at karakterisere risikoen med det samme materiale i nanopartikulær form. Det vil sige, at sundhedsmæssige konsekvenser af anvendelse eller udsættelse for sådanne nanoteknologiske produkter skal betragtes som (delvist) ukendte. Det ville også følge af en sådan betragtning, at miljømæssige konsekvenser af stoffets anvendelse eller udsættelse skal betragtes som (delvist) ukendte, men miljømæssige overvejelser falder uden for rammerne af nærværende notat.

Princippet ville, som det fremgår af de følgende afsnit, have væsentlige konsekvenser bl.a. i relation til fortolkning af kemikalielovgivningen, samt til implementering af arbejdsmiljølovens bestemmelser.

IV.4.BEHOV FOR VIDENSKABELIGT UNDERBYGGEDE DATA

På baggrund af ovenstående vurderes, at der er et behov for at underbygge risikovurdering af nanoteknologi med velplanlagte videnskabelige undersøgelser. Vi ved eksempelvis for lidt om hvor effektive de cellulære

SIDE 9 AF 20

forsvarsmekanismer i organismen er over for indtrængende nanostrukturer, og hvor høje de faktiske eksponeringsniveauer ved arbejdet med nanostrukturer er. Vi ved også for lidt om i hvilket omfang normale celler kan påvirkes eller skades efter optagelse af nanopartikler, eksempelvis oksidativ beskadigelse (frie radikaler), samt hvilke tilstandsformer der kan opbygges af frie luftbårne eller opløste nanopartikler – om der fx dannes konventionelle fibre i større omfang, hvor langt ned i lungen disse når ved inhalation, og hvordan de clearer fra organismen. Endelig ved vi for lidt om biologisk nedbrydelighed, biopersistens og akkumulation, og vi ved for lidt om effekterne af akut eller kronisk udsættelse (dyreforsøg).

IV.4.1. Bemærkning om futuristiske risikoscenarier

I debatten om nanoteknologi findes også science-fiction, eksempelvis diskuteres selvreplikerende, ukontrollerbare nanorobotter som forårsager verdens undergang (såkaldte grey goo scenarier). Sundhedsstyrelsen vurderer ikke, at der er tilstrækkeligt sagligt grundlag for at inddrage dette i realistiske overvejelser af nanoteknologiens udvikling, men sådanne scenarier kan i et vist omfang forventes at indgå i medie billedet af teknologien.

V. LOVGIVNINGSMÆSSIGE ASPEKTER AF NANOTEK

For øjeblikket er befolkningen kun i ubetydelig grad udsat for nanopartikler fra industriel nanoteknologi, sammenlignet med udsættelsen for nanopartikler eksempelvis fra forskellige former for forbrænding. Det følger dog af det anførte vedrørende potentielle risici for menneskers sundhed, at *ureguleret* produktion og anvendelse af nanostrukturer på længere sigt måtte antages at kunne bidrage til sygelighed og dødelighed i befolkningen, mens risikoen ved ureguleret anvendelse på kortere sigt – det vil sige de nærmeste år – altovervejende begrænser sig til personer som beskæftiger sig med forskning, udvikling og industriel produktion af nanomaterialer. Spørgsmålet er, om eksisterende lovgivning tager hensyn til behovet for beskyttelse af mennesker mod de ovennævnte potentielle sundhedsrisici.



Figur 2. Til venstre det indesluttede system, hvori nanorør kan fremstilles. Til højre ses affald fra fremstillingen: de usynlige nanorør har tendens til at klumpe sig sammen og danne synlige strukturer i form af ekstremt lette, nærmest svævende sorte fnug.

V.1.LOVBESTEMMELSER MED KONSEKVENSER FOR TEKNOLOGISK FORSKNING, UDVIKLING OG INDUSTRIEL FREMSTILLING AF NANOTEK

Som et konkret eksempel på forskning og udvikling af nanotek skal kort forsøges at give et indtryk af, hvordan de tidligere omtalte nanorør kan dannes under laboratiemæssige vilkår.* Processen bygger på at etablere en spændingsforskel (20-40 volt) mellem to millimeterstore grafit-elektroder, som er indesluttet i en ganske lille beholder med flydende helium. Dette fremkalder en elektrisk strøm (såkaldt bueudladning) mellem polerne. I fysisk forstand repræsenterer den elektriske strøm gennem heliumplasmaet en sværm af elektroner, som under høj temperatur strømmer fra den ene pol over på den anden. Denne elektronbeskyddning fremkalder en mikroskopisk udfældning på modtagerelektroden (som samtidig holdes nedkølet). I udfældningen findes en blanding af nanorør, nanopartikler og mikrofnug af grafit. Rørene og partiklerne er således ikke noget man støber eller former – de danner under disse specielle fysiske betingelser *sig selv* – dette bidrag fra molekylær selvorganisering er noget karakteristisk for nanotek-produkter (princippet kendes også fra visse dagligdags makroskopiske erfaringer – jf. sæbebobler og snefnug). En hovedvanskelighed ved renfremstilling er, at de funktionelt interessante individuelle nanorør har stærk tendens til at klistre sammen.

* Den beskrevne produktionsmetode er den oprindeligt (1991) af *Iijima* anvendte. I de senere år er den nogen grad fortrængt af såkaldt dampaflejringsteknik. Her opheder man overflader fx en metalfoli eller siliciumflade i nærvær af metan- eller etylengas. Metalpartiklerne katalyserer en proces der udtrækker kulstofatomer af luftarterne, og nanorørene vokser så op fra overfladen ved selvorganisering. Processen stopper som regel efter ca. 1 minut pga soddannelse.

SIDE 11 AF 20

Den apparaturmæssigt indesluttede del af fremstillingsprocessen indebærer kun arbejdsmiljømæssige risici af mere traditionel karakter, men efterfølgende vil der – også på forskningsstadiet - være tale om oprensningsprocedurer hvor man vil adskille strukturer af nanostørrelse fra sodforurening mv, og hvor luftbårne partikler over en bred størrelsesskala forekommer – herunder store synlige flokkulater (jf illustrationen). Der vil endvidere være rengørings-, affalds- og bortskaffelsesproblematik. Selv om det beskrevne scenarie blot er et eksempel, er det antaget, at tilsvarende beskyttelsesproblemer vil kunne rejse sig ved de fleste andre former for nanoskalært forsknings- og udviklingsarbejde.

Efter Lov om arbejdsmiljø* skal den offentlige eller private arbejdsgiver sørge for, at arbejdsforholdene sikkerheds- og sundhedsmæssigt er fuldt forsvarlige. Stoffer og materialer med egenskaber, der kan være farlige for eller i øvrigt forringe sikkerhed eller sundhed, må kun fremstilles og anvendes ved arbejdsprocesser og -metoder, der effektivt sikrer de beskæftigede mod ulykker og sygdomme. Arbejdsgiveren skal sørge for, at der udarbejdes en skriftlig arbejdspladsvurdering af sikkerheds- og sundhedsforholdene på arbejdspladsen under hensyntagen til arbejdets art, de arbejdsmetoder og arbejdsprocesser, der anvendes, samt virksomhedens størrelse og organisering. Hvis arbejdsgiveren ikke selv råder over den nødvendige sagkundskab til at varetage sikkerheds- og sundhedsarbejdet i virksomheden, skal arbejdsgiveren indhente ekstern sagkyndig bistand med henblik på at sikre, at de ansattes arbejdsmiljø til stadighed er fuldt forsvarligt. Beskæftigelsesministeren kan fastsætte nærmere regler herom.

Beskyttelse mod de risici, som kan være forbundet med beskæftigelse ved fremstilling, forarbejdning og produktion af nanostrukturer (herunder i forskningsmæssig sammenhæng), er således en lovdækket problemstilling, ligesom arbejdsgiverens ansvar for at iværksættende passende foranstaltninger er klart præciseret. Ved al ny teknologi må man imidlertid også se på, om forudsætningerne for optimal efterlevelse af lovens krav er til stede – om den nødvendige viden forefindes, og om den rigtige beskyttelsesteknologi identificeres, anskaffes, og anvendes korrekt. Skal der f.eks. anvendes luftudsugning, renrumsfaciliteter, åndedrætsværn, eller specielle filtre. Kan

* [Lovbekendtgørelse nr. 268 af 18. marts 2005 af lov om arbejdsmiljø](#)

grænseværdier og målemetoder fastlagt for traditionelt partikelarbejde anvendes, etc. Såfremt partikelkoncentrationer og –størrelse af nanopartikler og nanorør skal fastlægges, kræves specielt højtudviklet apparatur som forudsætter store investeringer og højt ekspertiseniveau (som hovedregel kan dog formentligt forudsættes, at berørte parter vil være ressourcestærke virksomheder eller institutter med meget højt fagligt ekspertiseniveau, samt adgang til avanceret måleudstyr)*. Det henhører under Beskæftigelsesministerens og arbejdsmiljø-myndighedernes ressort at vurdere betydningen af disse forhold, herunder vedrørende evt. behov for supplerende regelfastsættelse eller guidelines.

V.2.LOVBESTEMMELSER MED KONSEKVENSER FOR MEDICINSK ANVENDELSE AF NANOTEK, HERUNDER FORSØG PÅ MENNESKER.

Så vidt Sundhedsstyrelsen er orienteret, findes der endnu kun et enkelt eksempel på ibrugtagen rutinemæssig medicinsk udnyttelse af nanostrukturer, nemlig nanopartikulært sølv, som pga. antibiotisk virkning anvendes i sårforbindingsmateriale†. Dette udgør en stærk kontrast til den plads området udfylder i det nanoteknologiske mediebillede. De to stærkeste nuværende satsningsområder vurderes at være *diagnostisk* teknologi baseret på binding af nanoskalære, fluorescerende halvlederpartikler til antistoffer, og *behandlingsteknologi* baseret på såkaldte medicinske afleveringssystemer (drug delivery systems), hvilket sidstnævnte har været et forskningsmål for lægemiddelindustrien i en længere årrække.

Nanoteknologi åbner en række perspektiver for at indeslutte lægemiddelmolekyler i strukturer, der pga. deres ringe størrelse kan opnå adgang til celler i organismen. Sådanne strukturer vil evt. kunne modificeres til cellespecifik genkendelse, ligesom frisætning af lægemidlet evt. vil kunne styres på forskellig måde. I princippet ville langt højere lokale lægemiddelkoncentrationer, på de relevante sygdomsangrebne steder, kunne opnås for en samlet mindre lægemiddeltilførsel til organismen (med deraf følgende ringere bivirkningsfrekvens). Selv om de behandlingsmæssige gavnperspektiver er store, må det på den anden side erkendes, at nogle af de egenskaber ved nanostrukturer som kunne gøre dem behandlingsmæssigt

* [Nanotechnology International/Denmark : companies, profiles and links](#)

† [Smith & Nephew - Acticoat* Produktgruppe](#)

attraktive – store mobilitet i organismen, bypass af visse afvisningsmekanismer, adgang til at opnå intracellulær lokalisation mv – også rejser potentielle risikoperspektiver.

De første eksempler på diagnostisk teknologi som anvendes på udtaget prøvemateriale er allerede på vej, hvorimod diagnostiske systemer til anvendelse i organismen, ligesom effektiv *behandlingsteknologi*, ikke forventes at ville påvirke sundhedsvæsnen markant indenfor de nærmeste 5-10 år. I det omfang nanoskalære produkter måtte blive søgt medicinsk anvendt i den menneskelige organisme, ville de efter Sundhedsstyrelsens vurdering være omfattet af Lægemiddeloven, ligesom reglerne for medicinske anordninger samt in vitro diagnostiske anordninger efter de nærmere omstændigheder også vil skulle være overholdt.

Lægemiddeloven omfatter varer, der er bestemt til at tilføres mennesker eller dyr for at forebygge, diagnosticere, lindre, behandle eller helbrede sygdom mv.* Lægemidler skal efter loven godkendes, før de må sælges. Formentligt vil der som hovedregel blive tale om godkendelse efter den såkaldte centrale procedure, hvor nye og højteknologiske lægemidler godkendes/ikke godkendes i hele EU på én gang. Afgørende for godkendelse er bl.a. toksikologisk og sikkerhedsmæssig vurdering. Fra produktets fremstilling til dets eventuelle godkendelse drejer det sig om en flerårig videnskabelig afprøvnings- og dokumentationsfase, begyndende med biologiske testsystemer evt. dyreforsøg, og sluttende med kliniske forsøg på mennesker. Disse omfatter flere faser (fase 1-4), hvor mere omfattende klinisk afprøvning først kan ske i fase 3. Kliniske forsøg vil desuden også, som en forudsætning for at gennemføres, være omfattet af Komitélovens bestemmelser om forsøg på mennesker.

V.3.LOVBESTEMMELSER MED KONSEKVENSER FOR KOSMETISK ANVENDELSE AF NANOTEK

Kosmetiske produkter synes p.t. at være de eneste ikke-medicinske produkter i almindeligt forbrug, hvori der er anvendt frie nanopartikler (nanopartikler af titanium, jern og zink). Som eksempel kan nævnes en række solcremer. Pga. at nanopartikler er mindre end bølglængden af synligt lys, kan de filtrere ultraviolet lys fra, uden at filtrere det synlige lys. Det betyder at solcremer

* Den igangværende lovrevision forventes ikke at ændre ovenstående vurdering.

baseret på dette princip kan gøres gennemsigtige (transparente) – noget der erfaringsmæssigt foretrækkes af forbrugerne. Det er også muligt at nanopartikler vil vinde indpas i andre kosmetiske produkter, fx cremer, bl.a. for at opnå mere attraktiv konsistens, længere virkning og bedre holdbarhed. Den sikkerhedsmæssige problemstilling er her, om nanopartiklerne vil kunne optages gennem huden og i bekræftende fald, hvorvidt dette kan føre til celleskade. Celleskade ville fra et teoretisk synspunkt kunne minimeres ved at anvende forskellige former for kemisk overtræk på partiklerne (coating).

Kosmetiske produkter er i Danmark reguleret ved reglerne i kosmetikbekendtgørelsen, som er hjemlet i kemikalielovgivningen (Bekendtgørelse nr. 594 af 6. juni 2000 om kosmetiske produkter), jf. også EU's kosmetikdirektiv*. Kosmetiske produkter må ikke kunne være til skade for den menneskelige sundhed, når de anvendes under normale betingelser eller under betingelser, som normalt kan forudses, og der er en række krav til kosmetiske produkter vedrørende deres indhold, mærkning og dokumentation.

Producenten eller den, som markedsfører et kosmetisk produkt i Europa, er den primært ansvarlige for, at produktet ikke må være sundhedsskadeligt ved normal brug eller ved anvendelser, der er forudseelige. Direktivet indeholder lister over stoffer som ikke må anvendes i kosmetiske produkter eller hvis anvendelse er begrænset. Vurdering af sikkerheden af et nyt kosmetisk produkt vurderes primært af en videnskabelig komité, der vurderer oplysningerne fra den produktansvarlige, og komitéen kan stille krav om yderligere oplysninger. Baseret herpå afgiver den videnskabelige komité udtalelse til en komité hvori alle landene er repræsenteret. I 2003 har den videnskabelige komité vurderet, at nanopartikler af titanium dioxid anvendt i solcremer, uanset om de er forsynet med coating eller ej, ikke udgør nogen sundhedsfare, hvorimod vurdering af nanopartikler af zink ikke synes at være afsluttet.[†]

* [Kosmetikdirektivet: 1976/768/EØF](#)

[†] Ved den seneste ændring af kosmetikdirektivet er indført et forbud mod dyreforsøg med ikrafttræden 2013. Dette synes bl.a. begrundet i, at alternativer til dyreforsøg er vurderet at være til stede. Hvorvidt sådanne alternativer også vil forefindes i relation til testning af kosmetiske produkter indeholdende nanopartikler, synes ikke afklaret.

V.4.LOVBESTEMMELSER MED KONSEKVENSER FOR ANDRE ANVENDELSER MV AF
NANOTEK

De mulige anvendelser af nanoteknologiske materialer omfatter en meget bred vifte af produkter, der i fremtiden kan blive anvendt på forskellig måde. Dels i industrien – fra anvendelser i computerindustrien over anvendelser i energi-, landbrugs- og fødevarersektoren, til sundhedssektoren og miljøsektoren. Dels indkorporeret i almindelige forbrugsvarer.

En første forudsætning for at fremstille nanotekbaserede produkter vil være, at de nanoteknologiske stoffer kan fremstilles rent og i industriel skala. Dette er endnu kun i begrænset omfang tilfældet. Beskyttelse af arbejdstagere i forbindelse med industriel produktion skal følge bestemmelserne i Lov om arbejdsmiljø, jf. under punkt V.1. Industrielt fremstillede nanotek materialer vurderes endvidere at ville være omfattet af reglerne i lov om kemiske stoffer og produkter*, samt en række bekendtgørelser, som er udstedt i medfør heraf. Formålet med loven er blandt andet at forebygge sundhedsfare og miljøskader i forbindelse med *fremstilling, opbevaring, anvendelse og bortskaffelse af kemiske stoffer og produkter*. Ved administration af loven kan der lægges vægt på mulighederne for at fremme renere teknologi og for at begrænse problemer i forbindelse med affaldsbortskaffelse. Lovens bestemmelser er en implementering af Kemikaliedirektivet (direktiv 67/548/EØF† med senere ændringer). Fælles for EU-reglerne er, at de ud fra hensynet til miljø og sundhed på forskellig vis fastsætter begrænsninger for anvendelsen af bestemte kemikalier, samt fastsætter krav til kemikaliernes klassificering, mærkning og opbevaring.‡

Nye kemiske stoffer skal gennemgå særligt indgående risikovurdering og testning. Kriteriet for, at et stof er nyt, er, at det ikke er optaget på EU's liste over eksisterende stoffer. Da nanoteknologi til en vis grad handler om at give *det samme stof* nye egenskaber, ville selve den omstændighed, at den kemiske konstitution forekommer på EU's liste, næppe nødvendigvis yde optimal sikkerhed for, at reglerne i alle tilfælde blev fortolket mest sikkerhedsmæssigt ud fra et hensyn til beskyttelse af menneskers sundhed. Endvidere kan der peges

* [Lov om kemiske stoffer og produkter](#)

† [EUROPA - Miljø - Konsolideret version af direktiv 67/548/EF](#)

‡ [Jvf i denne forbindelse bl.a. også listen over farlige stoffer](#)

SIDE 16 AF 20

på, at kravene til testning skærpes yderligere, jo større mængder (efter et vægtekriterium) der produceres eller importeres til EU-området. Da nanoteknologiske materials evt. skadevirkning som tidligere nævnt må antages at være relateret til partiklernes samlede overflade, og dermed til *antal partikler* per vægtenhed, kan der ud fra et reguleringssynspunkt - under hensyn til beskyttelse af menneskers sundhed - stilles spørgsmål til hensigtsmæssigheden af vægtekriteriet i forhold til nanotek. Sådanne spørgsmål ville ikke alene være relevante i forhold til de nuværende bestemmelser, men formentlig også i forhold til den igangværende revision af kemikaliedirektivets bestemmelser (REACH). Afklaring heraf henhører ikke under det indenrigs- og sundhedsministerielle ressort.

V.4.1.Produktsikkerhedslovgivningen*

Med hensyn til færdigfremstillede produkter, hvori nanotek indgår, kan der peges på Lov om produktsikkerhed, der gennemfører et EU-direktiv.[†] Loven fastsætter et *generelt sikkerhedskrav* for alle produkter, der markedsføres, og som er bestemt til forbrugerne, eller som kan forventes anvendt af forbrugerne, herunder også produkter, der anvendes til at levere en tjenesteydelse. Et sikkert produkt er ethvert produkt, der ikke frembyder nogen risici eller kun frembyder minimale risici, der er forenelige med produktets anvendelse, og som under hensyntagen til et højt beskyttelsesniveau for borgernes sikkerhed og sundhed anses for acceptable. Et produkt anses for sikkert, når det opfylder de specifikke fællesskabsforskrifter for produktsikkerhed. Producenter må kun markedsføre produkter, der opfylder det generelle sikkerhedskrav. Derudover skal producenterne give forbrugerne relevante oplysninger, hvorved de kan vurdere de risici, der er forbundet med et produkt, hvis disse ikke er umiddelbart indlysende, og således sikre sig herimod (f.eks.: tilbagetrække produkter fra markedet, advare forbrugerne, tilbagekalde produkter, der allerede er leveret til forbrugerne, osv.). Distributørerne skal ligeledes levere produkter, der opfylder sikkerhedskravet, skal følge de markedsførte produkters sikkerhed, og formidle de oplysninger, der er nødvendige for at opspore produkternes oprindelse. Hvis producenten eller distributøren konstaterer, at et produkt er farligt, skal de

* [Direktiv 2001/95/EF af 3. december 2001 om produktsikkerhed i almindelighed](#)

[†] I nogle tilfælde ville der skulle ses på reglerne i mere speciel lovgivning, eksempelvis Lov om fødemidler.

kompetente myndigheder underrettes. Af betydning for vurdering af langsigtet produktsikkerhed vil bl.a. være, at nanostrukturer som er bundet i et produkt evt. kunne blive frigivet i forbindelse med forbrændingsdestruktion, andre bortskaffelsesmetoder, eller ved uheld. På langt sigt kan man endvidere tænke sig en gradvis frisættelse i omgivelserne af frie nanopartikler fra såkaldte kompositter og andre bundne former.

V.4.2. Miljølovgivningen

Selv om miljømæssige aspekter – uanset at de i videre forstand kan influere på menneskers sundhed – ikke indgår i nærværende notat, gøres opmærksom på, at nanotek også vil skulle opfylde Miljølovens krav – jf. Lovbekendtgørelse nr. 753 af 25. august 2001 af lov om miljøbeskyttelse og senere ændringer*. Den, der fremstiller eller importerer varer eller produkter, skal i videst muligt omfang sikre, at varen eller produktet ikke giver anledning til forurening eller spild af materialer og energimæssige ressourcer.

VI. SAMMENFATTENDE VURDERING

Selv om Nanotek er et nyt teknologiområde, har denne teknologi - ligesom alle andre menneskeskabte teknologier – sundhedsmæssige risikoaspekter, og bestræbelser for at minimere sundhedsmæssige risici bør være en integreret del af teknologiens udvikling.

VI.1. HVAD ER SPECIELT FOR NANOTEK I RELATION TIL MENNESKERS SUNDHED?

Stoffer på nanoskalaen kan fra et teoretisk synspunkt forventes at være kemisk mere reaktive end de samme stoffer i større skala, og deres egenskaber vil i mange tilfælde være vanskeligere at forudse pga. såkaldte kvanteeffekters større dominans. En pålidelig risikovurdering kan hverken baseres alene på analogislutninger fra erfaringer med andre nanoskalære produkter med anden kemisk sammensætning, på erfaringer med andre nanoskalære produkter med samme kemiske sammensætning men andet design, eller på analogislutninger fra erfaringer med det samme stof i større skala. Såfremt man vil lægge et forsigtighedsprincip til grund føres man derfor til at konkludere, at nanoskalære materialer hvis virkning ikke er nærmere undersøgt, som hovedregel bør betragtes ud fra en analogi med nye kemikalier, både i arbejdsmiljømæssig-miljømedicinsk henseende, og i relation til kemikalielovgivningen. Andre

* [Miljølov](#)

SIDE 18 AF 20

ressortbetragtninger eller argumenter ville kunne føre til at modificere denne konklusion, men indtil sådanne måtte være fremkommet og vurderet nærmere, anbefaler Sundhedsstyrelsen at det anførte synspunkt lægges til grund. Dette ville bl.a. harmonere med en aktiv linje i forhold til fortolkning af arbejdsmiljøloven samt til den igangværende ændring af kemikaliedirektivet.

Såvel ud fra en sundhedsmæssig som en reguleringsmæssig synsvinkel bør der lægges vægt på at skelne mellem *frie* nanopartikler, som ville kunne optages i en levende organisme ved indånding eller på anden måde, og nanopartikler som er *bundet* i materialer og produkter på en sådan måde, at optagelse i den menneskelige organisme forhindres (eller kun finder sted på en tilsigtet gavnlig måde hvis virkning på mennesker er tilstrækkeligt videnskabeligt dokumenteret, (jf. humanmedicinsk eller kosmetisk anvendelse). En forudsætning for de fleste industrielle udnyttelser af nanostrukturer er, at sidstnævnte er kemisk forankret i traditionelle materialer fx polymerer, der som en komponent i produktet kan tilføre dette bestemte ønskede egenskaber (jf. fx computerchips). De færdige produkter, hvori nanotek udgør en kvantitativt lille andel, vurderes ikke at rejse *principielt* nye produktsikkerhedsproblemer i forhold til lovgivningen. Ved sikkerhedsvurdering i relation til markedsføring vil der imidlertid – fra det sundhedsmæssige synspunkt - indgå vurdering af sandsynligheden for, at der fra sådanne produkter i løbet af den forventede produktlevetid ville kunne genereres frie nanostrukturer i kvantitativt betydeligt omfang, eksempelvis pga. materialenedbrud eller ved destruktion/ bortskaffelse.

VI.2.HAR VI TILSTRÆKKELIG LOVGIVNING?

På baggrund af gennemgangen af en række anvendelsesscenarier er det vurderet, at de fornødne beskyttelsesinstrumenter formentligt er tilstede i gældende lovgivning, men at nærmere afklaring af dette spørgsmål – eksempelvis i relation til kemikalielovgivningen – ville forudsætte kendskab til overvejelser i flere forskellige ressortministeriers områder. Hvor det drejer sig om regler for beskyttelse af arbejdstagere som er beskæftiget med teknologisk forskning og udvikling af nanotek – på kort sigt det vigtigste indsatsområde set i relation til beskyttelse af mennesker sundhed - vil implementering af arbejdsmiljøloven formentligt forudsætte tæt dialog mellem myndigheder og berørte virksomheder. En sådan gensidig læreproces kunne også medvirke til at

skabe det fornødne vidensgrundlag for evt. udarbejdelse af en guideline, såfremt dette i det relevante ressortområde måtte findes hensigtsmæssigt.

Mere generelt vil det evt. kunne blive set som en vanskelighed, at de relevante bestemmelser, som regulerer anvendelsen af nanotek, ganske som det er tilfældet for de fleste andre teknologiers vedkommende, findes spredt i et større antal love og direktiver fordelt på et tilsvarende antal ministerområder, - hvorimod nanoteknologiens muligheder og risici, set med befolkningens og mediernes øjne formentligt i nogen grad fremstår som ét samlet problemfelt, der kunne reguleres i en særlov. På den anden side skal man også være opmærksom på risikoen for dobbeltregulering. Dette forhindrer ikke, at bestemmelserne i forskellige love kunne sammenskrives i en praktisk oversigt, såfremt der fandtes at være behov herfor (jf. under pkt. VI.3).

VI.3.HAR VI TILSTRÆKKELIG VIDEN?

Vores viden om mulige konsekvenser for menneskers sundhed er ufuldstændig, som det altid vil være tilfældet på et tidligt udviklingstrin af en ny teknologi. Vi ved eksempelvis for lidt om hvor effektive de cellulære forsvarsmekanismer i organismen er over for indtrængende nanostrukturer, og hvor høje de faktiske eksponeringsniveauer ved arbejdet med nanostrukturer er. Vi ved også for lidt om i hvilket omfang normale celler kan påvirkes eller skades efter optagelse af nanopartikler, eksempelvis oksidativ beskadigelse (frie radikaler), samt hvilke tilstandsformer der kan opbygges af frie luftbårne eller opløste nanopartikler – om der fx dannes konventionelle fibre i større omfang, hvor langt ned i lungen disse når ved inhalation, og hvordan de clearer fra organismen. Endelig ved vi for lidt om biologisk nedbrydelighed, biopersistens og akkumulation, og vi ved for lidt om effekterne af akut eller kronisk udsættelse (dyreforsøg). Kompensation for manglende viden er bl.a. effektiv (ressourcekrævende) beskyttelse mod eksponering, og mere viden ville derfor på længere sigt muliggøre mere optimal udnyttelse af ressourcer. Sikker nanotek repræsenterer endvidere i sig selv en teknologisk niche, som kan udvikles.

Der vil jf. ovenstående kunne peges på en række forskningsmæssige indsatsområder af betydning for fremtidig sikker nanotek, som kunne indgå ved den strategiske prioritering af ressourcer til det nanoteknologiske forsknings- og udviklingsområde. Udvikling af relevante og pålidelige målemetoder for nanopartikler er i denne sammenhæng af særlig stor betydning. Af opslaget for

det strategiske forskningsprogram for nanovidenkab og –teknologi fremgår imidlertid ikke, om dele af de på finansloven 2005 afsatte midler skal anvendes til udforskning af nanoteknologiens risikoaspekter. I relation til prioritering af forskningsressourcer kunne der endvidere overvejes andre initiativer, eksempelvis om offentlig finansiering/tilskud til teknologiske forsknings- og udviklingsprojekter burde gøres betinget af bestemte krav til, at der samtidigt generes viden af betydning for sikker nanotek, tages nye sikkerhedsinitiativer, eller genereres ny sikkerhedsteknologi.

VI.4. ER DER BEHOV FOR ET TVÆRGÅENDE INITIATIV?

Såfremt man ud fra hensynet til beskyttelse af menneskers sundhed ønsker at udvikle en klar, sammenhængende og kommunikerbar myndighedsstrategi for sikker Nanotek, som ville kunne bidrage til at gennemføre regeringens politik på området, kunne et hensigtsmæssigt bidrag hertil være at koordinere overvejelserne i en række berørte ministerier og styrelser, som formentligt inden for deres respektive ressortområder har igangværende overvejelser angående lovfortolkning og evt. behov for supplerende regelfastsættelse mv. Jf. i denne forbindelse også det under punkt VI.2 anførte. Inden for rammerne af en sådan koordination ville der kunne foretages en gennemgang af lovgivningen, set i relation til hele produktcyklus fra det teknologiske forskningsstadium over fremstilling, afprøvning, markedsføring og anvendelse til og med produktets endelige nedbrydning/ bortskaffelse. Herved ville det kunne opnås at præcisere de eksisterende reglers fortolkning og indbyrdes sammenhæng, at afdække huller i lovgivningen hvor der kunne være behov for supplerende regelfastsættelse, at afdække evt. teknologiske hindringer for gennemførelse af lovgivningen, samt at afdække om der inden for rammerne af den eksisterende lovgivning er behov for konkrete udfyldende initiativer.