

# Nanoteknologi - hot eller not?

Der skal mere til end blot formidling af naturvidenskabelige facts til offentligheden, hvis man vil undgå, at nanoteknologien ender i samme dødvande som genmodificerede fødevarer. Og her kan human- og samfundsvidenskaberne spille en rolle.

Af Mette Ebbesen

■ Nanoteknologien har de seneste år oplevet et boom både inden for antallet af publicerede forskningsresultater, antallet af patenter og antallet af bevillinger. Det forventes, at nanoteknologi vil kunne give løsninger på nogle af de store samfundsmæssige udfordringer så som sygdomsbehandling og forureningsbekæmpelse. Der er altså store visioner for forskning i nanoteknologi, men også bekymringer. Bekymringerne går på, om befolkningen vil acceptere teknologien, eller om nanoteknologi vil ende i samme fælde som genmodificerede (GM) fødevarer, der er blevet boykottet af befolkningen.

## Nanoteknologi

Nano betegner en milliardtedel af en enhed dvs.  $10^{-9}$ , så en nanometer (nm) er en milliontedel af en millimeter. Nano-

teknologi betegner altså teknologier, hvor der indgår elementer med størrelser omkring en milliontedel af en millimeter (se boks). Et vigtigt træk ved nanoforskning og nanoteknologi er, at det ikke er fagspecifikt. Forskere med forskellig baggrund, indgangsvinkel, referenceramme og terminologi arbejder sammen inden for området. Målet er, at forskellige discipliner så som fysik, kemi, molekylærbiologi, lægevidenskab, elektronik, ingeniør- og materialevidenskab samarbejder, deler viden og danner en fælles kultur på tværs af eksisterende discipliner.

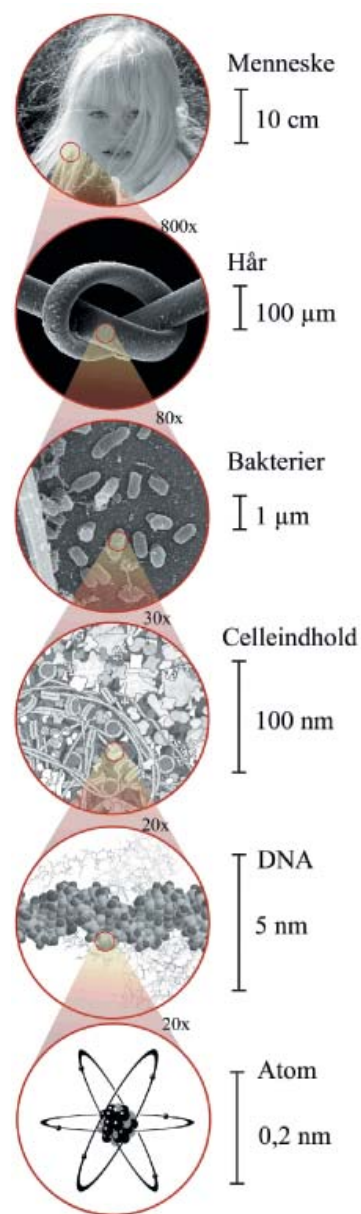
Den øgede interesse for nanoteknologi de seneste år skyldes bl.a., at området er blevet opprioriteret fra politisk side ved fordeling af forskningsmidler. Dette er både sket i Danmark og i den øvrige verden. Opprioriteringen kan

begrundes med de store visioner, der er for forskning i nanoteknologi.

## Information skal give accept

Det fremgår af europæiske og amerikanske rapporter, at man satser på at integrere human- og samfundsvidenskaberne i det interdisciplinære samarbejde omkring forskning i nanoteknologi. Det overordnede mål er at få befolkningens accept af nanoteknologi for ikke at ende med en boykot, som skete i forbindelse med GM-fødevarer. Der står implicit i rapporterne, at denne accept afhænger af befolkningens tillid til teknologien, og at tilliden skabes vha. information, uddannelse, åbenhed og debat.

I den amerikanske rapport *Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology* fra 2001 står der, at integrationen

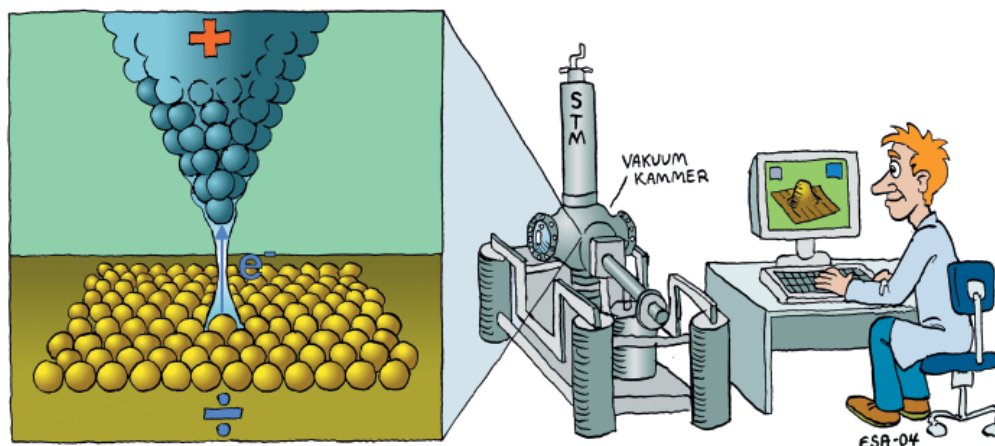


af human- og samfundsvidenskabelige forskere i samarbejdet omkring nanoteknologi kan skabe dialog mellem nanoteknologer og offentligheden. Ifølge rapporten vil denne dialog øge de samfundsmæssige fordele ved teknologien og mindske sandsynligheden for kontroverser med befolkningen.

Man går altså ud fra, at hvis man oplyser og uddanner befolkningen, så vil det skabe tillid og dermed accept af nanoteknologien – og altså ikke medføre, at folk bliver mere skeptiske. Man lægger vægt på, at befolkningen skal indse og overbevises om nanoteknologiens gode konsekvenser – dvs. man negligerer i princippet befolkningens informerede stillingtagen og dømmekraft. Der er imidlertid enkelte EU-rapporter, der forudsætter borgerens ret til informeret stillingtagen. Men i disse rapporter pointeres det samtidig, at der skal sættes kræfter ind på uddannelse og oplysning af borgeren inden for teknik og naturvidenskab for at opnå denne informerede stillingtagen.

### Information kan medføre skepsis

Nogle forskere hævder imidlertid, at information og uddannelse ikke er de eneste faktorer, der har indflydelse på befolkningens holdninger til ny teknologi. Man kan pege på de såkaldte *Eurobarometerundersøgelser*, der viser, at 30% af europæerne i 2002 var skeptiske overfor GM-afgrøder og at 50% var skeptiske overfor GM-fødevarer. Der er uenighed, om denne skeptiske holdning udelukkende skyldes manglende information og uddannelse. Ser man på europæernes viden om GM-afgrøder og GM-fødevarer, er det fair at pege på manglende viden, idet f.eks. 64% af den europæiske befolkning i 2002 mente, at GM-tomater i modsætning til almindelige tomater indeholder gener. Videnskabssociologen Claire Marris pointerer dog, at der er studier, der viser, at større viden om GM-organismer ikke



Princippet i et STM (skanning tunnel mikroskop). Det har mere end noget andet skabt muligheder for at forske i nanostrukturer.

nødvendigvis fører til en mere positiv holdning, men tværtimod gør befolkningen mere skeptisk og polariseret.

Der har også været fokuseret meget på befolkningens tiltro til eksperter i debatten om GM-afgrøder. Argumentet går på, at uden tiltro til eksperter vil befolkningen misforstå risici og usikkerheder. Befolkningen vil dermed blive overtaget af de organisationer, der er imod teknologien og som bruger iøjnefaldende overskrifter. Derfor ses kommunikation om risici foretaget af eksperter, som befolkningen har tiltro til, som løsningen på offentlighedens skepticisme.

### Etiske hensyn spiller en rolle

Et svensk studie af Svein Sjøberg viser dog, at tiltro til eksperter kun spiller en lille rolle i forbindelse med befolkningens opfattelse af risici. Emner som "indgreb i naturen" og moralske hensyn generelt betyder langt mere. Dette er også konklusionen på den danske kvalitative undersøgelse *Vedrørende bioteknologi og offentligheden*, som blev foretaget i år 2000. Interviewpersonerne opfattede risiko bredere end den teknisk-naturvidenskabelige opfattelse; de overvejede bl.a. genteknologiens mulige krænkelse af naturens orden, krænkelse af naturens egen værdi og overgreb mod Guds skaberværk. Respondenterne kom også ind på magt-

forhold, demokratiske rettigheder og genteknologiens mulige anvendelse til afværgelse af nød i ulande. De refererede studier taler for, at ud fra en traditionel risikovurdering (teknisk-naturvidenskabelig) kan anvendelsen af en ny teknologi anses for uproblematisk, men alligevel

forkastes af befolkningen pga. sociale, økonomiske, etiske og politiske aspekter.

Både europæiske og amerikanske rapporter om forskning i nanoteknologi fokuserer snævert på, at befolkningen skal oplyses og uddannes inden for naturvidenskabelige og tekni-

## Nanoteknologi

Nanoteknologi er teknologier, der arbejder på nanoskalaen – dvs. på en skala, hvor størrelser måles i nanometre, hvor en nanometer er  $10^{-9}$  meter (dvs. en milliontedel af en millimeter). En nanometer er ca. 100.000 gange mindre end diameteren på et menneskehår, og der kan ligge 900 millioner nanopartikler på et knappenålhoved.

Forskning på nanoskala er ikke nyt. Forskere har studeret atomer og molekyler i mere end et århundrede. F.eks. kan al kemi i virkeligheden betegnes nano, da de fleste molekylære reaktioner foregår på nanoskalaen. Så rent bogstaveligt er nanoteknologien ikke en ny teknologi. Men det er ikke denne "gamle" form for nanoteknologi, som skaber så stor interesse i disse år. Ordet nanoteknologi dækker i dag over mere end blot teknologi på nanoskala. Det nye ved nanoteknologien er, at forskere nu er i stand til at håndtere og karakterisere nanostrukturer f.eks. ved hjælp af avancerede mikroskoper. Mere præcist drejer nanoteknologi sig om at forstå, designe, fremstille og kontrollere materialer og objekter på nanoskalaen, dvs. fra 0,1 til 100 nm. Ved at kunne kontrollere nøjagtigt, helt ned til det atomare og molekylære niveau, hvor enkelte atomer og molekyler placeres, kan man i princippet udvikle nye materialer og processer med funktioner og egenskaber, som ikke kan opnås på andre måder.

Der er store forventninger til nanoteknologien. Det forventes, at nanoteknologien vil kunne give løsninger på nogle af de store samfundsmæssige udfordringer så som at bidrage til udvikling af bæredygtige løsninger inden for energikonvertering og forureningsbekæmpelse. Derudover spås det, at nanoteknologi vil bidrage til udvikling af nye forbedrede og bæredygtige fremstillingsprocesser og materialer og udvikling af bedre og mere miljøvenlige fødevarer. Det er også håbet, at man med en styrket viden inden for nanoteknologi vil kunne udvikle mere effektive behandlingsformer. Det kan være hurtigere og mere præcise diagnoser, målrettede lægemidler med færre bivirkninger og mere holdbare implantater.

ske aspekter af nanoteknologi. Studierne, der er nævnt ovenfor af offentlighedens holdning til GM-fødevarer og genteknologi generelt, tyder på, at information om nanoteknologi til befolkningen bør indeholde flere aspekter udover konkrete teknisk-naturvidenskabelige facts. Den bør også omhandle politiske, sociologiske og etiske aspekter af nanoteknologien. Flere af disse aspekter hører ind under human- og samfundsvidenskabernes forskningsområder.

### Human- og samfundsvidenskaberne på banen

Jeg mener, at det er en snæver opfattelse af human- og samfundsvidenskabernes rolle, at den udelukkende består i at skabe tillid til og accept af nanoteknologien hos befolkningen. Human- og samfundsvidenskaberne har en kritisk funktion. Som illustration kan man argumentere for, at filosofiens og etikens opgave i forbindelse med indførelse af al ny tekno-

logi bl.a. er at reflektere over, hvad det er for mål, vi ønsker at opnå vha. teknologien. Er det f.eks. de mål, der fremgår af rapporter om strategier for forskning i nanoteknologi, vi ønsker at realisere? Eller er det nogle helt andre?

Formålet med at foretage disse refleksioner er ikke at skabe tillid og accept hos befolkningen, men at foretage en kritisk evaluering af ny teknologi, således at befolkningen kan tage informeret stilling. Denne kritiske evaluering behøver ikke at være en negativ stillingtagen til teknologien. Etikken behøver ikke alene at blive opfattet som grænsedrager, der siger hertil og ikke længere. Etikken kan i stedet opfattes som nanoteknologiens medspiller, der først er med til at diskutere borgerens og samfundets behov og mål, og dernæst er med til at guide vejen til opnåelse af disse mål.

Man kan pege på, at ovenstående er en idealisering af etikens rolle i forbindelse med implementering af nanotek-

nologi, og at virkeligheden er en anden. I virkeligheden indrager nanoteknologer højst sandsynlig forskning i etik i deres forskningsprojekter, fordi det kræves i forbindelse med ansøgning om forskningsmidler. Men etikken bør netop nu udnytte, at der i forbindelse med forskning i nanoteknologi er en mulighed for, at etikken kan komme til orde. For etikken gælder det da om at bevare sin kritiske sans og give samfundet upartisk kritisk information om nanoteknologi. Resultatet af en integration af human- og samfundsvidenskaberne kan være en etablering af interdisciplinære forskningsmiljøer, hvor etikere og nanoteknologer er i daglig dialog. Dette kan hjælpe med til, at etisk refleksion bliver en del af forskningsprocessen inden for nanoteknologi, at nanoteknologer bliver inspireret til at reflektere mere over etiske aspekter af forskningen, og at etikere lærer mere om, hvad nanoteknologi er for noget. ■

### Om forfatteren



Mette Ebbesen er ph.d.-studerende ved Center for Bioetik og tilknyttet iNANO Center, Aarhus Universitet.  
E-mail: meb@teo.au.dk

### Læs videre:

*Teknologisk fremsyn – nanoteknologi. Ministeriet for Videnskab og Udvikling, 2005*  
*Towards a European Strategy for Nanotechnology. EU Kommissionen, 2004*  
*Science and Society Action Plan. EU Kommissionen, 2004*  
*Europeans and Biotechnology in 2002. Eurobarometer 58.0*  
*Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology. National Science Foundation, USA, 2001*  
*Sjøberg, EMBO Reports 5, 2004*  
*Vedrørende bioteknologi og offentligheden, 2003*