

Nanoteknologi – for småt til etikken?

Nanoteknologi er blevet udråbt til at kunne bane vej for en ny industriel revolution i lighed med indførelsen af dampmaskinen, elektrificeringen og computerteknologien. Men nogle forskere mener, at mens nanoforskningen tordner frem, halter etikken bagefter.

Af Mette Ebbesen

Den tværvideenskabelige forskningsdisciplin nanoteknologi har i de seneste år oplevet et boom både inden for antallet af publicerede forskningsresultater, antallet af patenter og antallet af bevillinger. Begrebet *nano* er blevet et magisk ord, der tiltrækker forskningsmidler som aldrig før.

Det forventes, at nanoteknologi vil kunne give løsninger på nogle af de store samfundsmæssige udfordringer så som at bidrage til udvikling af effektive katalysatorer og bæredygtige løsninger inden for energi-konvertering og forureningsbekæmpelse. Det kan fx være i udviklingen af nye, forbedrede og bæredygtige fremstillingsprocesser og materialer eller i udviklingen af bedre og mere miljøvenlige fødevarer.

Det er også håbet, at man med en styrket viden inden for nanoteknologien vil kunne udvikle mere effektive behandlingsformer. Det kan være hurtigere og mere præcise diagnoser, målrettede lægemidler med færre bivirkninger og mere holdbare implantater. Der mangler altså ikke visioner for forskning i nanoteknologi, men der er andre aspekter af dette boom.

Plads til etikken

En gruppe canadiske forskere fra University of Torontos center for bioetik hævder, at nanoteknologien tordner frem, mens etik-

*Mette Ebbesen er cand.scient.
i biologi, har en mastergrad i etik og er
ph.d.-studerende ved Center for Bioetik.*



ken halter bagefter. De mener, at der endnu ikke er publiceret seriøse artikler inden for etiske, retlige og samfundsmæssige følger af nanoteknologi. Canadierne advarer om, at der vil være mulige farer ved nanoteknologi, hvis ikke forskerne tager teten og belyser de etiske, retlige og samfundsmæssige aspekter. Spørgsmålene er mange: Forsker nanoteknologien i noget så småt, at etikken ikke har fået øje på det endnu? Halter etikken virkelig bagefter? Og står etikkerne på bar bund i forbindelse med nanoteknologi?

Selvom der er blevet diskuteret etik i mere end totusind år, stiller den videnskabelige og teknologiske udvikling inden for nanoteknologi krav om at sætte de traditionelle etiske opfattelser ind i nye sammenhænge og se dem i andre perspektiver. Man skal dog være opmærksom på, at vi stod i en lignende situation, da bioteknologien begyndte sin fremmarch for 20 år siden. Dengang blev den akademiske disciplin bioetik grundlagt på universiteterne, og der blev etableret etiske råd både nationalt og internationalt. Denne artikel vil bl.a. belyse, hvordan de etiske overvejelser, der optræder i forbindelse med nanoteknologi, er en del af bioetikens forskningsområde, og hvad vi kan lære af de etiske refleksioner, der allerede er foretaget i forbindelse med bioteknologi.

Fakta

Hvad er en nanometer?

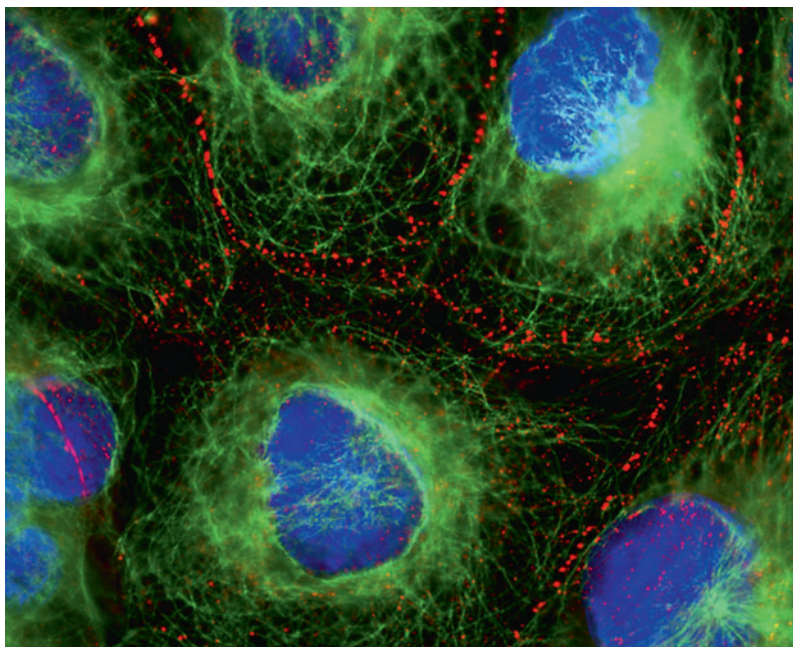
Nano betegner 10^{-9} , så en nanometer (nm) er en milliontedel af en millimeter.

Til eksempel er et DNA-molekyle omkring 2.5 nm bredt - 25 gange større end et hydrogenatom. Et rødt blodlegeme er ca. 5000 nm i diameter - omkring 1/20 af diameteren af et hår, og der kan således ligge 900 millioner nanopartikler på et knappenålshoved.

Nanoteknologien som en interdisciplinær videnskab

Der findes ikke en entydig definition af, hvad nanoteknologi er, men det defineres ofte som et tværfagligt område, der forsker i noget meget, meget småt. Nano kommer af det græske ord 'nanos', der betyder dværg. Forskning inden for nanoteknologi er meget forskelligartet, og den handler bl.a. om overførsel af lægemidler til celler og biokompatible materialer – fx implantater, nanosensorer, mikroelektronik, nano-

Illustrationen her viser en mikroskopi af kræftceller og er et eksempel på brug af nanoteknologi inden for biomedicin.



optik, kemisk katalyse, brintteknologi og materialeoverflader. Som man kan se ud fra disse forskningsområder, er det fag som fysik, kemi, molekylærbiologi, lægevidenskab, elektronik, ingeniør- og materialevidenskab, der arbejder med nanoteknologi.

I Danmark satser man på en koordineret strategi for at fremme nanoteknologien. I denne strategi spiller Videnskabsministeriet, Højteknologifonden, det forskningsrådgivende og -bevilgende system, Danmarks Grundforskningsfond og Rådet for Teknologi og Innovation en stor rolle. Der satses på at etablere to nationale nanoteknologiske kraftcentre, der har et tæt samarbejde med erhvervslivet. Kraftcentrene skal være førende internationalt og lede store europæiske forskningsprojekter. Både nationalt og internationalt ønsker man, at samfundsvidenskaberne og humaniora integreres i denne nanoteknologiske forskningskultur. Man håber med andre ord, at der også kan bygges bro mellem naturvidenskaberne og samfunds- og humanvidenskaberne. Det prøver man at opnå ved bl.a. at stille krav om risikovurderinger og

udarbejdelse af studier inden for sundhed, miljø, samfund og etik i forbindelse med bevillinger.

Det fremgår af europæiske og amerikanske rapporter, at formålet med integrationen af samfunds- og humanvidenskaberne i et interdisciplinært samarbejde omkring nanoteknologi er at skabe åbenhed og offentlig debat omkring implementering af teknologien. Det overordnede mål er at få befolkningens accept af nanoteknologi. Denne accept afhænger af befolkningens tillid til teknologien, og at tilliden kan skabes via åbenhed og debat. Man går altså ud fra, at hvis man oplyser og uddanner befolkningen, så vil det skabe tillid og dermed accept af nanoteknologien.

I rapporterne kommer man ikke ind på, at denne oplysning måske i stedet kan lede til befolkningens skepsis, og det kan indvendes, at det er en snæver opfattelse af samfunds- og humanvidenskabernes rolle, at den udelukkende skulle bestå i at skabe tillid til teknologien hos befolkningen. Man kan i stedet argumentere for, at filosofiens og etikens opgave i forbindelse med indførelse af ny teknologi blandt andet er at stille *fundamentale spørgsmål* så som, hvad det er for et samfund, vi ønsker, hvordan det gode og retfærdige samfund bør indrettes, og hvad det gode liv består i.

Et interdisciplinært nanoforskningsmiljø

Projektet *Frontiers Network of Excellence*, der er finansieret af EU's 6. rammeprogram, er et eksempel på et forskningsmiljø, der er bygget op omkring nanoteknologien. Projektet har til formål at danne et europæisk netværk mellem tolv forskellige forskningsinstitutioner. For at bygge bro mellem de naturvidenskabelige partnere i projektet og samfunds- og humanvidenskaberne har man lagt vægt på, at en sociolog og en etiker er en del af netværket. Ved Cambridge University, der er én af de tolv partnere i netværket, er sociologen Robert Doubleday ansat i en postdoc-stilling. Doubleday har en baggrund inden for både kemi og sociologi og skal belyse samfundsmæssige konsekvenser af forskning i nanoteknologi. iNANO Center ved Aarhus Universitet er også med i EU-projektet og har indgået et tværfagligt samarbejde med Center for Bioetik på Det Teologiske Fakultet.

Kan nanoteknologi føre til et overvågningsamfund, hvor 'Big Brother is watching you'? Der fokuseres ofte på frygten for, at nanoteknologi vil krænke den private sfære blandt andet ved oprettelsen af genetiske databanker og ved spredning af nanosensorer (fx mikrofoner).



Står etikkerne på bar bund med nanoteknologien?

Som nævnt er der en gruppe canadiske forskere, der hævder, at etikken halter bagefter nanoteknologiens boom. Men spørgsmålet er, om nanoteknologi medfører nye etiske problemer. Jeg mener, at de etiske problemer, der indtil videre er peget på i forbindelse med nanoteknologi, er tæt forbundet med disciplinerne biologi og bioteknologi.

Der fokuseres hovedsageligt på frykten for, at nanoteknologi kan lede til krænkelse af den private sfære ved oprettelse af genetiske databanker og ved spredning af nanosensorer (fx mikrofoner). En anden frygt går på, at giftige nanopartikler spredes i miljøet, og at man anvender nanoteknologien til biologisk krig og terrorisme. Derudover kommer også frykten for transhumanisme – dvs. sammenkobling af menneske og maskine.

De forudsagte potentielle etiske problemer i forbindelse med nanoteknologi er relaterede til genetik, bioteknologi og miljø. De ligner de etiske problemer, der er i forbindelse med biologi, bioteknologi og lægevidenskab. Man skal dog være opmærksom på, at disse etiske problemer er blevet belyst af etikere og etiske råd siden etableringen af den akademiske disciplin bioetik i løbet af 1980'erne. Man kan derfor med fordel se på publikationer inden for etiske problemer forbundet med genetik, bioteknologi og miljø for at undersøge, om etikken halter bagefter nanoteknologiens boom. En undersøgelse af tre videnskabelige databaser, ISI Web of Science, PubMed og Philosopher's Index, viser en stigning i antallet af publikationer inden for etiske problemer forbundet med genetik, bioteknologi og miljø fra 1980 til 2004. Det tyder på, at der er sket en stigning inden for forskning i bioetik og dermed også inden for forskning i etiske problemer forbundet med nanoteknologi. Det betyder, at etikkerne ikke skal begynde forfra med nanoteknologi, da de kan drage nytte af den viden, der er opbygget inden for bioetikken.

“

Man kan i stedet argumentere for, at filosofiens og etikens opgave i forbindelse med indførelse af al ny teknologi blandt andet er at stille fundamentale spørgsmål så som, hvad det er for et samfund, vi ønsker, hvordan det gode og retfærdige samfund bør indrettes, og hvad det gode liv består i.

”

Almene etiske principper på spil

Hvis man ser på de konkrete etiske problemstillinger, der peges på i forbindelse med nanoteknologi, er der en række almene etiske principper på spil. Det kan illustreres ved frygten for, at spredning af nanosensorer (fx mikrofoner) i miljøet kan lede til en krænkelse af menneskets privatsfære. Bag det etiske hensyn om at værne om privatsfæren er et alment etisk princip om, at man bør respektere personers selvbestemmelse og integritet.

I forbindelse med nanoteknologi er der en række potentielle etiske problemer og nogle etiske hensyn, der bør tages, og etiske spørgsmål, der bør stilles:

- Krænkelse af den private sfære ved oprettelse af genetiske databanker
Etiske hensyn: Respekt for selvbestemmelse og integritet
- Krænkelse af den private sfære ved spredning af nanosensorer (fx mikrofoner)
Etiske hensyn: Respekt for selvbestemmelse og integritet
- Ukontrolleret spredning af selv-replikerende nanosystemer
Etiske hensyn: Godgørenhed, ikke skade, risikovurdering
- Spredning af giftige nanopartikler i miljøet
Etiske hensyn: Godgørenhed, ikke skade, risikovurdering
- Biologisk krig og terrorisme
Etiske hensyn: Godgørenhed, ikke skade, risikovurdering
- Transhumanisme som følge af sammenkobling af menneske og maskine
Etisk spørgsmål: Hvad vil det sige at være menneske?

Ved at tage udgangspunkt i de potentielle etiske problemer inden for nanoteknologi kan man se, at det er almene etiske principper så som respekt for selvbestemmelse og integritet, godgørenhed ('beneficence': at yde godgørenhed) og ikke at skade, det drejer sig om. Derudover er der også samfundsetiske problemer forbundet med nanoteknologi så som prioritering og kommercialisering inden for forskning, offentlig tillid og gennemsigtighed i forbindelse med ny teknologi og spørgs-

De etiske principper

De to amerikanske bioetikere Tom L. Beauchamp & James F. Childress formulerer de bioetiske principper om respekt for selvbestemmelse, godgørelse, ikke at skade og retfærdighed således:

1. Princippet om respekt for selvbestemmelse

Autonome handlinger bør ikke begrænses af andre, men det gælder ikke for personer, der ikke kan handle autonomt (fx fostre, retarderede og medicinmisbrugere. Disse personer beskyttes af princippet om godgørelse og princippet om ikke at skade).

2. Princippet om godgørelse

Dette princip består af to elementer: 1) Man bør aktivt fremme det gode og forhindre eller fjerne smerte og 2) man bør vurdere, hvor meget godt en handling medfører i forhold til, hvor meget skade, den medfører. Dvs. princippet om godgørelse kræver en risikovurdering.

3. Princippet om ikke at skade

Det eneste, dette princip forlanger, er, at man ikke skader andre hverken fysisk eller mentalt.

4. Princippet om retfærdighed

Der bør være lige adgang til de goder, som ethvert fornuftigt væsen foretrækker.

målet om, hvem der skal have gavn af teknologien – det rejser fx spørgsmålet, om vi har et ansvar over for u-lande? Der er altså også et etisk princip om retfærdighed på spil.

Spørgsmålet er, hvilke etiske teorier, der er anvendelige til at belyse etiske problemstillinger inden for nanoteknologi. Nogle af de etiske principper, der er peget på i forbindelse med nanoteknologi, indgår i de to amerikanske bioetikere Tom L. Beauchamp og James F. Childress' bioetiske teori. Beauchamp og Childress' teori er bygget op omkring

Fakta

Læs mere om nanoteknologi

Man kan læse mere om nanoteknologi på disse hjemmesider:

- Teknologisk fremsyn om dansk nanovidenskab og nanoteknologi (2004). Ministeriet for Videnskab Teknologi og Udvikling: <http://teknologiskfremsyn.dk/download/91.pdf>
- Interdisciplinært europæisk netværk inden for nanoteknologi: Frontiers Network of Excellence: www.frontiers-eu.org
- Center for Bioetik, Aarhus Universitet: www.teo.au.dk/enhed/afdelinger/bioetik
- iNANO Center, Aarhus Universitet: www.inano.au.dk

fire sideordnede bioetiske principper: 1) respekt for selvbestemmelse, 2) godgørelse, 3) ikke at skade og 4) retfærdighed. Ifølge Beauchamp og Childress er disse principper bindende i enhver situation, hvis de ikke er i konflikt med hinanden. Hvis principperne kolliderer, skal man afgøre hvilke principper, der skal tilsidesættes i den konkrete situation.

Den generelle belysning ovenfor af potentielle etiske problemer i forbindelse med nanoteknologi peger på, at Beauchamp og Childress' bioetiske teori kan være anvendelig i forbindelse med nanoteknologi, dog bør teorien evt. suppleres med et princip om at respektere menneskets integritet.

Hvordan integreres etikken i forskningsprocessen?

Afslutningsvis kan man pege på spørgsmålet om, hvordan etisk refleksion kan integreres i forskningsprocessen inden for nanoteknologi. Som tidligere nævnt prøver man at opbygge interdisciplinære forskningsmiljøer omkring nanoteknologien, hvor også samfundsvidenskab

og humaniora er integreret. Det gøres bl.a. ved at ansætte sociologer og etikere ved centrene, der forsker i nanoteknologi. Forskere inden for bioetik er hovedsageligt uddannet inden for teologi eller filosofi. Spørgsmålet er, om en teolog eller en filosof vil få noget ud af at gå med i laboratoriet og se, hvad forskerne arbejder med, om de vil kunne forstå, hvad forskningen går ud på og gå i dialog med nanoteknologiforskerne. En måde at fremme den dialog på kan være, at sociologerne og etikkerne også har en vis grad af natur- eller sundhedsvidenskabelig baggrund, der kan være med til at lette brobygningen mellem nanoteknologien og samfunds- og humanvidenskaberne. Derudover er det vigtigt, at sociologer og etikere underviser kommende studerende inden for nanoteknologi i dens etiske og samfundsmæssige følger, så nanoteknologerne selv får nogle redskaber til at analysere de mere 'bløde' aspekter af forskningen.