

Brug af nanoteknologi inden for fødevarerområdet

– nanoteknologi giver udsigt til sundere og sikrere fødevarer, men hvordan undgås det, at nanoteknologien lider samme skæbne som genmodificerede fødevarer?

Af *Mette Ebbesen*

I disse år er begrebet *nanofood* på fremmarch. Det spås, at brug af nanoteknologi inden for fødevarerforskning kan bidrage til forbedring af fødevarerens sikkerhed og ernæring. Et eksempel på dette er udvikling af nanostrukturerede overflader til hindring af bakterievækst i slagterier og udvikling af nanobiosensorer, der kan afgøre, om en vare indeholder sprøjtemidler eller bakterier.

Fødevarerminister Hans Christian Schmidt og branchedirektør i Fødevarerindustrien Ole Linnet Juul blev interviewet i forbindelse med etableringen af det såkaldte NanoFOOD konsortium i 2005 (Boks 1). De pointerer begge, at fødevarerproducenterne skal være opmærksomme på, at det er vigtigt at få forbrugerne med, når de satser på at poste gigantiske beløb i at bruge nanoteknologi for at kunne producere nye sunde, sikre og ernæringsrigtige fødevarer. Branchedirektør Ole Linnet Juul siger: "Formidling af viden til forbrugerne og politikerne er en forudsætning for, at satsningen på nanoteknologi i fødevarerproduktion skal lykkes". Her henviser han til forbrugernes frygt for genmodificerede (GM) fødevarer og lægger vægt på, at det er vigtigt, at forbrugerne forstår nytteværdien i at anvende nanoteknologi i fødevarerproduktionen. Fødevarerminister Hans Christian Schmidt er af samme mening og fremhæver: "Industrien og forskerne skal være meget omhyggelige med at fortælle den enkelte forbruger, hvad vedkommende kan få ud af bestræbelserne. Der er eksempler fra tidligere, hvor informationen og formidlingen ikke har været tilstrækkelig" (Dagbladet Børsen, 2005).

Ovenstående interview viser tydeligt den problemstilling, som introduktionen af nanofood står overfor. På den ene side er der store perspektiver forbundet med brug af nanoteknologi inden for fødevarerområdet, men på den anden side pointerer flere rapporter om strategier for forskning i nanoteknologi, at det er vigtigt at undgå, at nanoteknologien lider samme skæbne som GM-fødevarer, der er blevet

NanoFOOD konsortiet:

- Er et samarbejde mellem fødevarerindustrien og offentlige forskningsinstitutioner etableret i tilknytning til interdisciplinært Nanoscience Center (iNANO) ved Aarhus Universitet
- Har som kerneaktivitet at sikre igangsættelse af forsknings- og udviklingsprojekter mellem industri og forskning
- Har til hensigt at bidrage til udvikling af sunde, mere sikre og ernæringsrigtige fødevarer ved at øge forskningsindsatsen og skabe forskningsresultater, der kan kommercialiseres af de fødevarerrelaterede erhverv
- Har følgende hjemmeside: www.inano.dk/nanoFOOD

Boks 1. Beskrivelse af NanoFOOD konsortiet (NanoFOOD konsortiet, 2005)

boycottet af forbrugerne. I rapporterne fremgår det bl.a., at offentligheden bør være informeret om den videnskabelige og teknologiske udvikling inden for nanoteknologi, og at den desuden bør deltage i diskussioner angående fordele og ulemper ved teknologien. Ifølge rapporterne kan dette hindre, at implementeringen af nanoteknologi ender med at blive boykottet af befolkningen (Study Group, 2004: 27; Roco, M.C & Bainbridge, W.S., 2001: 63). Men spørgsmålet er, om formidling af naturvidenskabelige facts til offentligheden kan hindre, at nanoteknologien ender i samme dødvande som GM-fødevarer. Denne artikel ser på, hvad det er for faktorer, der påvirker befolkningens holdning til ny teknologi. Derudover belyser den, hvilken rolle human- og samfundsvidenskaberne kan spille i forbindelse med introduktionen af nanoteknologi.

Hvad er nanoteknologi?

Forskning i nanoteknologi er meget forskelligartet. Den omhandler bl.a. nanobiosensorer, overførsel af lægemidler til celler, mikroelektronik, nanooptik, kemisk katalyse, brintteknologi, materialeoverflader og biokompatible materialer som f.eks. implantater. Det er discipliner såsom fysik, kemi, molekylærbiologi, biologi, lægevidenskab, human ernæring, elektronik, ingeniør- og materialevidenskab, der arbejder sammen om nanoteknologien.

Der refereres ofte til, at nanoteknologi er et tværfagligt område, hvor der forskes i noget meget, meget småt. Nano kommer af det græske

ord 'nanos', der betyder dværg. Nano betegner 10^{-9} , så en nanometer (nm) er en milliontedel af en millimeter (Boks 2).

Hjælp til at få en fornemmelse af størrelse:

- Ti hydrogenatomer placeret side ved side strækker sig over en nanometer
- Et DNA-molekyle er omkring 2.5 nm bredt – 25 gange større end et hydrogenatom (DNA består af hydrogen-, nitrogen-, oxygen- og carbonatomer)
- Et rødt blodlegeme er ca. 5000 nm i diameter – omkring 1/20 af diameteren af et hår
- Der kan ligge 900 millioner nanopartikler på et knappenålshoved

Boks 2. Eksempler på størrelser af atomer, molekyler og cellebestandde (ETC Group, 2003)

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. Et vigtigt træk ved 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 såsom fysik, kemi, molekylærbiologi, biologi, lægevidenskab, human ernæring, elektronik, ingeniør- og materialevidenskab samarbejder, deler viden og danner en fælles kultur på tværs af eksisterende discipliner. Det er en del af pointen med nanoteknologicentrene ved landets universiteter at stimulere dette interdisciplinære samarbejde ved at bringe forskerne under samme tag.

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.

Eksempler på forskning i nanoteknologi inden for fødevarerområdet

Som nævnt har brug af nanoteknologi inden for fødevarerområdet store perspektiver angående forbedring af fødevarerens sikkerhed og ernæring. Et eksempel er undersøgelsen af, hvordan menneskets organisme påvirkes af de kulhydrater, fedtsyrer og transfedtsyrer, der indgår i fødevarer. Denne viden om, hvordan fødevarerens elementer virker i kroppen på molekylært og genetisk niveau, giver mulighed for at udvikle ernæring, der tager hensyn til individuelle tolerancer og allergier over for fødevarer. Et andet eksempel på brug af nanoteknologi inden for fødevarerproduktion er udviklingen af nanostrukturerede overflader, der kan mindske bakterievækst på eksempelvis slagterier, bryggerier og mejerier, der har problemer med, at bakterier sætter sig fast og gror på overfladerne af maskinerne (Boks 3) (Preisler, 2005; NanoFOOD konsortiet, 2005).

Eksempler på forskning i nanoteknologi inden for fødevarerområdet:

- Nanobiosensorer, der kan afgøre, om en vare indeholder f.eks. sprøjtemidler eller bakterier
- Nanorobotter med biosensorer, der kan opdage svampesporer, insekter, bakterier eller vira, før de har forvoldt alvorlig skade
- Udvikling af nye nanostrukturerede overflader, der kan mindske bakterieproblemer i fødevarerproduktionen
- Udvikling af tyndere, stærkere og billigere emballage
- Forskning i, hvordan menneskets organisme påvirkes af de mikro- og makronæringsstoffer, der indgår i fødevarer
- Udvikling af velsmagende fødevarer med en mere hensigtsmæssig næringsstofprofil

Boks 3. Eksempler på forskning i nanoteknologi inden for fødevarerområdet (NanoFOOD konsortiet, 2005)

Genmodificerede fødevarers skæbne

Som antydnet ovenfor fokuserer både europæiske og amerikanske rapporter på, at forskning i nanoteknologi skal ses i forhold til det samfund, som den skal implementeres i for at undgå, at nanoteknologien lider samme skæbne som GM-fødevarer (Roco, M.C & Bainbridge, W.S., 2001: 63; Study Group, 2004: 27). Det fremgår af en hollandsk rapport, at offentligheden bør være informeret om den videnskabelige og teknologiske udvikling inden for nanoteknologi, og at offentligheden desuden bør deltage i diskussioner angående fordele og ulemper ved teknologien for at hindre, at implementeringen af nanoteknologi ender med at blive boykottet af befolkningen:

Den begrebsforvirring om genetisk modificerede organismer (GMOS), der eksisterer i befolkningen, er et direkte resultat af den uhensigtsmæssige måde, befolkningen blev informeret om teknologiens indførelse [...]. En mere effektiv fremgangsmåde er måske mulig med hensyn til introduktion af nanoteknologi. Dette vil kræve, at man tidligst muligt påbegynder processen med at informere befolkningen om den videnskabelige og teknologiske udvikling inden for området. Derudover bør befolkningen involveres i diskussioner angående fordele og ulemper ved nanovidenskab og nanoteknologi. (Study Group, 2004: 27)

I det følgende ses nærmere på, hvad det er for en skæbne, som GM-fødevarer har lidt. En af de mest succesrige genetiske modifikationer af afgrøder er indsættelsen af et gen fra bakterien *Bacillus thuringiensis*. Genet giver afgrøden evnen til at producere insektgiften Bt-toksin. Når afgrøder producerer Bt-toksin, er det ikke nødvendigt at sprøjte dem med pesticider. Efter en serie risikoanalyser blev den første GM-afgrøde markedsført i 1995 (Schuler, 2004: 279-284). Diskussionen vedrørende Bt-afgrøder startede 4 år senere, da der blev publiceret en artikel i tidsskriftet *Nature* med titlen 'Transgenic pollen harms monarch larvae'. Laboratorieforsøg viste, at Monarch-sommerfuglelarver, der spiser pollen fra majsplanter, som har fået indsat genet til produktion af Bt-toxin, spiser mindre, vokser langsommere og har højere dødelighed end sommerfuglelarver, der spiser pollen fra ikke-transformerede majsplanter (Losey et al., 1999: 214). Dagen efter denne publikation dækkede massemedierne i både Europa og USA nyheden. Modstandere af gensplejsning var hurtige til at pointere, at videnskabsmænd ikke kan

forudse de negative konsekvenser, som dyrkning af GM-afgrøder kan have. Europas befolkning blev skeptiske over for GM-afgrøder og GM-fødevarer. Dette bevirkede, at verdens førende producent af Bt-afgrøder Monsanto oplevede et aktiefald på 10 %, og at EU kort tid efter indførte et moratorium for dyrkning og import af GM-afgrøder (Schuler, 2004: 279-284). Dette satte også spor inden for forskning i GM-afgrøder, der er faldet med 87 % i EU siden 1998. Forskere peger på, at Europa i stedet for selv at udvikle plantebioteknologi bliver tvunget til at importere den, fordi internationale biotekfirmaer skræmmes væk af de negative holdninger til GM-afgrøder (Mitchell, 2003: 468-469). Det skal nævnes, at EU efter at have foretaget risikoanalyser delvist ophævede moratoriet i 2003 og tillod markedsføring af GM-fødevarer på betingelse af, at alle fødevarer, der består af mere end 0,9 % GM-ingredienser er mærkede (Schuler, 2004: 279-284).

Grundet den megen publicity omkring Bt-afgrøder har store dele af den offentlige debat om GM-fødevarer fokuseret på pesticidresistente afgrøder. I denne artikel er det ikke hensigten at gå i detaljer med de forskellige former for GM-afgrøder og vurdere argumenter for og imod brugen af dem. Formålet med artiklen er at pege på, hvilke paralleller der drages i litteraturen mellem introduktionen af GM-fødevarer og implementeringen af nanoteknologi.

Befolkningens 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 det skete i forbindelse med GM-fødevarer. Der står implicit i rapporterne, at denne accept afhænger af befolkningens tillid til teknologien, og at tilliden skabes ved hjælp af information, uddannelse, åbenhed og debat. I en europæisk rapport står der således:

Uden en ihærdig kommunikationsindsats kan nye nanoteknologiske tiltag risikere at blive uretmæssigt negativt modtaget i befolkningen. Det er absolut nødvendigt med en effektiv tovejsdialog, hvor befolkningens holdninger kan tages op til overvejelse, hvorved de får mulighed for at influere på beslutninger vedrørende forsknings- og udviklingspolitik. Befolkningens tillid til og accept af nanoteknologi vil være afgørende for dens udvikling på lang sigt og tillade os at udnytte dens potentielle fordele. Det er indlysende, at videnskabsfolk

bliver nødt til at forbedre deres kommunikationsevne. (European Commission, 2004b: 19)

Af en amerikansk rapport fremgår det, at integrationen af human- og samfundsvidenskabelige forskere i samarbejdet omkring nanoteknologi kan skabe dialog mellem nanoteknologer og offentligheden. Ifølge rapporten vil denne dialog hjælpe med til at maksimere de samfundsmæssige fordele ved teknologien og mindske risikoen for svækkende kontroverser med befolkningen:

Inddragelsen af samfundsvidenskabelige og humanistiske forskere, så som etikere og filosoffer, i den samfundsmæssige proces, hvor visionerne for den nanoteknologiske udvikling fastsættes, er et vigtigt skridt for NNI¹. Da etikere og filosoffer selv er forskere, respekterer de nanoforskeres og nanoteknologers professionelle integritet, samtidig med at de kan bidrage med nye perspektiver. Med den fornødne støtte kan de på egen hånd skaffe sig den tilstrækkelige information om en given nanoteknologi, der er nødvendig for at kunne foretage en velfunderet vurdering. De er på samme tid professionelt uddannede repræsentanter for offentlighedens interesse og i stand til at fungere som kommunikativt bindeled mellem nanoteknologer og befolkningen eller embedsmænd. Deres bidrag vil kunne være med til at maksimere teknologiens samfundsmæssige fordele, samtidig med at den reducerer muligheden for svækkende offentlige kontroverser. (Roco, M.C & Bainbridge, W.S., 2001: 15)

I den amerikanske rapport står der desuden, at det ikke er nok at informere befolkningen. Den bør uddannes, så den kan indse de positive sider ved nanoteknologien (Roco, M.C & Bainbridge, W.S., 2001: 100-101).

Man går altså ud fra, at hvis man oplyser og uddanner befolkningen, så vil det skabe tillid og dermed accept af nanoteknologien. Ifølge den amerikanske rapport vil forskning i samfundsmæssige aspekter af nanoteknologi på denne måde kunne booste nanoteknologiens succes, og man vil dermed kunne udnytte nanoteknologiens fordele hurtigere, mere effektivt og med større tillid (Roco, M.C & Bainbridge, W.S., 2001: 2). I rapporterne går man ikke ud fra, at oplysning om nanoteknologi eksempelvis kan medføre skepsis. Man lægger vægt på, at befolkningen skal

¹ National Nanotechnology Initiative (NNI).

indse og overbevises om de gode konsekvenser, som implementeringen af nanoteknologi vil have. Dvs. at man ikke lægger vægt på 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:

Kommissionens strategi: At fremme videnskabs- og uddannelseskulturen i Europa. For det første skal folk generelt blive mere fortrolige med videnskab og teknologi [...]. Kommissionen har forpligtet sig til at forbedre gennemsigtighed og samråd mellem forvaltninger og civilsamfundet [...]. Hvis borgere og det borgerlige samfund skal blive aktive deltagere i debatten om videnskab, teknologi og innovation [...] er det ikke nok at holde dem informerede. De skal også have muligheden for at udtrykke deres holdninger i de relevante organer [...]. Formålet er at skabe et rum, hvor offentligheden, interessegrupper og de politiske beslutningstagere på kompetent og grundig vis kan undersøge og debattere emner, der giver anledning til offentlig bekymring [...]. Kommissionen vil jævnligt arrangere events, hvor borgerne får mulighed for at deltage (offentlige høringer, konsensuskonferencer eller interaktive online-fora). (European Commission, 2004a: 7-18)

Forskere peger imidlertid på, at information og uddannelse ikke er de eneste faktorer, der har indflydelse på befolkningens holdninger til ny teknologi. Hvis vi vender tilbage til europæernes kritiske holdning til GM-fødevarer, er der uenighed om, hvorvidt den skeptiske holdning udelukkende skyldes manglende information og uddannelse. Hvis vi først ser på, hvad de såkaldte Eurobarometer-undersøgelser af europæernes holdning til GM-afgrøder og GM-fødevarer viser (Boks 4), kan man se, at der fra 1996 til 1999 var en stigende skepsis mod henholdsvis GM-afgrøder (stigning fra 20 % til 32 %) og GM-fødevarer (stigning fra 39 % til 52 %). Derimod var tallene nogenlunde stabile fra 1999 til 2002.

		1996	1999	2002
GM-afgrøder	Tilhængere	45 %	36 %	36 %
	Risiko-tolerante tilhængere	35 %	33 %	34 %
	Modstandere	20 %	32 %	30 %
GM-fødevarer	Tilhængere	30 %	23 %	22 %
	Risiko-tolerante tilhængere	31 %	26 %	28 %
	Modstandere	39 %	52 %	50 %

Boks 4. Europæernes holdning til GM-afgrøder og GM-fødevarer 1996-2002. (For en definition af kategorierne 'tilhængere' etc. se venligst Appendiks A). (European Commission, 2002)

Ser man imidlertid på anvendelsen af bioteknologi inden for lægevidenskab, var europæernes holdning i 2002 meget positiv. F.eks. var kun 9 % modstandere af genetisk testning og 17 % modstandere af kloning af humane celler (European Commission, 2002). Dvs. befolkningens holdninger var afhængige af, hvilken konkret anvendelse af bioteknologi der var tale om. Anvendelser inden for plante- og fødevareområdet blev vurderet betydeligt mere negativt end anvendelser inden for medicinalområdet. Etikerer Bryn Williams-Jones fra University of Cambridge skriver:

Rent faktisk lader der til at være en udbredt positiv indstilling i befolkningen til teknologier, der ser ud til at have klare fordele, og som er forbundet med minimale eller velkendte risici (fx bioteknologier, som forbedrer sundhed, såsom gendiagnostik og biofarmaceutika). Men når fordelene er tvivlsomme og risiciene ikke er kendte og potentielt alvorlige, som i tilfældet med GM-fødevarer, kan befolkningen som forbruger af ny teknologi være meget forsigtig. Den lære, som kan drages på det spirende nanoteknologiske område – der modtager offentlig støtte i milliardklassen, men hvor der endnu kun er iværksat få praktiske anvendelser – er, at der skal være et bredt og ægte folkeligt engagement i beslutningsprocesserne vedrørende teknologiens omfang og fremtidige muligheder. (Williams-Jones, 2004: 10-13)

Eurobarometer-undersøgelserne, der er baseret på svarene fra omkring 1000 personer i hvert EU-land, giver et billede af, hvordan forskellige

opfattelser af bioteknologi fordeler sig i befolkningen både på EU-plan og i de enkelte lande. Disse kvantitative undersøgelser slår imidlertid ikke til, hvis man ønsker at forklare, *hvorfor* befolkningen forholder sig, som den gør. Som nævnt fokuserer rapporterne om forskning i nanoteknologi på, at det er befolkningens manglende viden om ny teknologi, der er skyld i boykottet af GM-fødevarer (Study Group, 2004: 27). Ser man på undersøgelser af europæernes viden om GM-afgrøder og GM-fødevarer (Boks 5), 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 (European Commission, 2002).

	% Korrekte		
	1996	1999	2002
I modsætning til GM-tomater indeholder almindelige tomater ikke gener.	35	35	36
Ved at spise GM-frugt kan ens gener blive modificerede.	48	42	49
Det er umuligt at overføre gener fra dyr til planter.	27	26	26

Boks 5. Europæernes viden om GM-afgrøder og GM-fødevarer 1996-2002. (European Commission, 2002)

Videnskabssociologen Claire Marris pointerer dog, at der er studier, der viser, at større viden om GM-organismer ikke nødvendigvis fører til en mere positiv holdning, men tværtimod gør befolkningen mere skeptisk og polariseret (Marris, 2001: 545-548; Sjöberg, 2004: 47-51). Marris mener, at det er en myte, at mennesker, der er imod GM-fødevarer, er irrationelle, og at de ville acceptere GM-fødevarer, hvis de vidste mere om genteknologi (Marris, 2001: 545-548). 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 overtalt 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 skepsis (Gaskell et al., 2003: 55-67). Et svensk studie 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 (Sjöberg, 2004: 47-51). Forskere hævder, at den europæiske befolknings

opfattelse af risiko i forbindelse med GM-fødevarer er bredere end den teknisk-naturvidenskabelige opfattelse, som formidles af eksperter. I befolkningens øjne omhandler risiko også moralske hensyn (er det rigtigt at gøre dette?), demokratiske hensyn (hvem finansierer og kontrollerer bioteknologi?) og usikkerheder (vil teknologien have uforudsete og utilsigtede konsekvenser?) (Gaskell et al., 2003: 55-67). Dette er også konklusionen på en dansk kvalitativ undersøgelse, som blev foretaget i år 2000 ved hjælp af fokusgruppeinterviews. Det generelle billede viser, at de argumenter, der anvendes i diskussionen om genteknologi, bl.a. handler om to forskellige typer af nytte: Nytte i samfundsmæssig forstand og nytte i økonomisk forstand. Nytte i samfundsmæssig forstand handler om at løse problemer som f.eks. hungersnød, miljømæssige problemer, lindre smerte eller afhjælpe sygdom. De økonomiske nytteargumenter handler om virksomhedsøkonomiske motiver og om genteknologien som kilde til øget materiel velstand. Det var ofte den samfundsmæssige form for nytte, der blev betragtet som legitime argumenter for anvendelsen af genteknologi, hvorimod især virksomhedsøkonomiske motiver blev anvendt som argument imod anvendelsen af genteknologi. Som nævnt har risiko ofte været begrænset til at omhandle uønskede effekter på menneskers sundhed eller miljøet. Interviewpersonerne opfattede risiko bredere; de havde bl.a. overvejelser over genteknologiens mulige krænkelse af naturens orden, krænkelse af naturens egen værdi og overgreb mod Guds skaberværk. Respondenterne kom også ind på magtforhold, demokratiske rettigheder og genteknologiens mulige anvendelse til afværgelse af nød i u-lande (Tveit, G. et al., 2003: 9-14). De refererede studier tyder på, at ud fra en traditionel risikovurdering (teknisk-naturvidenskabelig) kan anvendelsen af en ny teknologi være 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 tekniske aspekter af nanoteknologien (European Commission, 2004a: 7-18; Study Group, 2004: 27; Roco, M.C & Bainbridge, W.S., 2001: 142). Studierne af offentlighedens holdning til GM-fødevarer og genteknologi generelt tyder dog på, at information om nanoteknologi til befolkningen bør indeholde flere aspekter ud over konkrete teknisk-naturvidenskabelige facts. Den bør bl.a. omhandle politiske, sociologiske og etiske aspekter af nanoteknologien. Flere af disse aspekter hører ind under samfundsvidenskabens og etikens forskningsområde. Forskere inden for disse discipliner reflekterer bl.a.

over, hvad det er for mål, vi ønsker at realisere ved at introducere ny teknologi; hvad det er for værdier, der er på spil, og hvad det er for en opfattelse af mennesket, der ligger bag anvendelsen af denne teknologi.

Human- og samfundsvidenskabernes kritiske funktion

Som beskrevet ovenfor fremgår det af rapporter om nanoteknologi, at human- og samfundsvidenskabernes rolle er at maksimere de samfundsmæssige fordele ved nanoteknologi, booste nanoteknologien og reducere muligheden for svækkende offentlige kontroverser. Dette medfører, at f.eks. etikken er reduceret til et værktøj eller et middel, dvs. den har et instrumentelt mål. Man kan udtrykke dette ved, at der er sket en reducere af etikken til en slags PR-agent for forskningen i nanoteknologi.

Jeg mener, at det er en snæver opfattelse af samfunds- og humanvidenskabernes 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 etikkens opgave i forbindelse med indførelse af al ny teknologi bl.a. er at stille fundamentale spørgsmål såsom: Hvilken indflydelse vil denne nye teknologi have på menneskeheden? Hvad består det gode liv i? Vil denne nye teknologi kunne være med til at realisere det gode liv? Hvilken slags samfund ønsker vi? Kan teknologien være med til at skabe denne type samfund? Formålet med at stille disse spørgsmål 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. I forbindelse med nanoteknologi bør man reflektere over, hvad det er for mål, vi ønsker at opnå ved hjælp af teknologien. Er det f.eks. de mål, der fremgår af rapporterne om strategier for forskning i nanoteknologi, vi ønsker at realisere? Eller er det nogle helt andre? Som et konkret eksempel kan nævnes, at det fremgår af nogle rapporter, at målene for forskning i nanoteknologi er at forbedre menneskets livskvalitet (European Commission, 2004b: 1). Men hvad vil det sige at forbedre menneskets livskvalitet? En amerikansk rapport

mener, at svaret ligger i en forbedring af menneskets normalegenskaber, samtidig med at man ikke krænker fundamentale værdier:

Eksempler på resultater [af nanoteknologien] vil måske være øget arbejdseffektivitet og indlæring, forbedring af individets sensoriske og kognitive evner, revolutionerende ændringer i sundhedsvæsenet, forbedring af kreativitet hos individer og grupper, høj-effektive kommunikationsteknikker, herunder hjerne-til-hjerneinteraktion, perfektionering af menneske-maskine-grænseflader, herunder neuromorfe teknikker, bæredygtige og "intelligente" miljøer, herunder neuroergonomiske miljøer, forbedring af menneskelige evner i forsvarsøjemed, opnåelse af bæredygtig udvikling ved hjælp af NBIC²-værktøjer, reducere af hjernens aldersbetingede fysiske kognitive forfald [...]. Målet er at kunne tilbyde individer og grupper en bredere vifte af gunstige muligheder, samtidig med at man beskytter fundamentale værdier som privatlivets fred, sikkerhed og moralsk ansvarlighed. (Roco, M.C. & Bainbridge, W.S., 2002: ix-x)

Etikken kan være med til at reflektere over, om en forbedring af menneskets livskvalitet virkelig består i at forbedre dets normalegenskaber, og om det overhovedet er muligt at foretage en forbedring af mennesket uden at gå på kompromis med fundamentale etiske værdier.

Man kan pege på, at ovenstående er en idealisering af etikens rolle i forbindelse med indførelsen af nanoteknologi, og at virkeligheden er en anden. I virkeligheden inddrager nanoteknologer måske 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 et marked for etik, og at den har mulighed for at komme til orde. For etikeren gælder det da om at bevare sin kritiske sans og give samfundet upartisk kritisk information om nanoteknologi. Det betyder dog ikke, at nanoteknologer kan overlade al etisk evaluering til etikere. Nanoteknologer har en forpligtelse til at deltage i den etiske diskussion. For at uddybe dette kan man skelne mellem tre forskellige etiske kontekster: Personlig etik, politisk etik og professionsetik. Med personlig etik menes etiske spørgsmål, der hører til det enkelte menneskes personlige liv. Eksempelvis kan en gravid kvinde (og hendes partner), hvis foster lider af mongolisme, anse det for moralsk forkert at få

² Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science (NBIC).

foretaget en abort, selvom det er lovligt. Politisk etik består af de normer og principper, der ligger til grund for lovgivningen. I demokratiske samfund er principperne om ret til selvbestemmelse og retfærdighed en del af den politiske etik. Endelig menes der med professionsetik de handlings- og normregler, som respekteres af praktikere i en specifik profession. Som eksempel kan nævnes etiske retningslinjer for læger og sygeplejersker (Andersen, 1999: 14). Nanoteknologer har en moralsk forpligtelse til at deltage i etiske diskussioner inden for både den professionelle og politiske kontekst. Nanoteknologer er ikke kun en del af en specifik profession; de er også borgere med en specifik viden og ekspertise, der medfører et specifikt moralsk ansvar. Inden for både den professionelle og politiske kontekst kræver etisk refleksion interdisciplinært samarbejde mellem nanoteknologer og etikere. For at gøre dette samarbejde muligt er det nødvendigt at etablere interdisciplinære forskningsmiljøer, hvor human- og samfundsvidenskaberne er integrerede.

Det overordnede motiv for at inkludere human- og samfundsvidenskaberne i det interdisciplinære samarbejde om nanoteknologi behøver altså ikke kun at være at skabe befolkningens tillid og accept af nanoteknologi for at hindre, at teknologien ender med en boykot, som GM-fødevarer gjorde. Motivet kan også være at foretage refleksion over fundamentale spørgsmål såsom, hvad det er for mål, vi har med indførelsen af nanoteknologi, og hvordan vi når disse mål på en etisk forsvarlig måde. De refererede kvalitative undersøgelser viser, at dette også er i offentlighedens interesse. Derudover kan motivet for at integrere human- og samfundsvidenskaberne være at etablere interdisciplinære forskningsmiljøer, hvor etikere og nanoteknologer er i daglig dialog. Dette kan hjælpe med til, at etisk refleksion bliver en del af forskningsprocessen.

Mette Ebbesen, uddannet inden for molekylærbiologi, filosofi og etik, ph.d.-studerende og forskningsassistent ved Center for Bioetik & Interdisciplinært Nanoscience Center (iNANO), Aarhus Universitet.

Litteratur

Andersen, S.: "Hvad er bioetik?", in: *Bioetik*, redigeret af Karsten Klint Jensen & Svend Andersen, København, Rosinante Forlag A/S, 1999.

- Dagbladet Børsen:** "Forbrugere skal have ordentlig besked", 13.06-2005.
- ETC Group:** "From Genomes to Atoms. The Big Down", 2003.
- European Commission:** "Europeans and Biotechnology in 2002", in: *Eurobarometer 58.0*, 2002.
- European Commission:** "Science and Society Action Plan", 2004a.
- European Commission:** "Towards a European Strategy for Nanotechnology", 2004b.
- Gaskell, G.; Allum, N.; Bauer, M.; Jackson, J.; Howard, S. & Lindsey, N.:** *AgBioForum* 6, (1&2), 2003.
- Losey, J.E.; Rayor, L.S. & Carter, M.E.:** *Nature* 399, 1999.
- Marris, M.:** *EMBO Reports* 2, (7), 2001.
- Mitchell, P.:** *Nature Biotechnology* 21, 2003.
- NanoFOOD konsortiet:** "Sunde og sikre fødevarer", konference, Aarhus Universitet, 07.06-2005.
- Preisler, M.:** "Nanofood på fremtidens menu", Samvirke, 04-2005.
- Roco, M.C. & Bainbridge, W.S. (red.):** "Converging Technologies for Improving Human Performance, Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science", NSF/DOC-sponsored report, 2002.
- Roco, M.C. & Bainbridge, W.S. (red.):** "Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology", 2001, report of a workshop run by the National Science Foundation, 28/29.09-2000.
- Schuler, E.:** "Perception of Risks and Nanotechnology", in: *Discovering the Nanoscale*, Amsterdam, IOS Press, 2004.
- Sjöberg, L.:** *EMBO Reports* 5, 2004.
- Study Group on the Consequences of Nanotechnology:** "How big can small actually be?", Royal Netherlands Academy of Arts and Sciences, 2004.
- Tveit, G.; Hauge Madsen, K. & Sandøe, P. (red.):** "Vedrørende bioteknologi og offentligheden", Center for Bioetik og Risikovurdering, Den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole, 2003.
- Williams-Jones, B.:** *Health Law Review* 12, (3), 2004.

Appendiks A (supplement til Boks 4)

Kategori	Nyttigt	Risikabelt	Moralsk acceptabelt	Anbefales
1. Tilhængere	Ja	Nej	Ja	Ja
2. Risiko-tolerante tilhængere	Ja	Ja	Ja	Ja
3. Modstandere	Nej	Ja	Nej	Nej

Kategori 1 og 2 er ens ved at være 'tilhængere', men de har forskellige opfattelser af risiko. For 'tilhængere' er risiko ikke vigtigt. 'Risiko-tolerante tilhængere' overvejer derimod risiko, men ser så bort fra den. 'Modstandere' indtager præcis den modsatte position i forhold til 'tilhængere' (European Commission, 2002).