

# ***Fremtidens krop***

---

## ***Kolofon***

Titel: Fremtidens krop

Udgiver: Jyllands-Posten

Ansvarlig institution: Det Etske Råd

Anden bidrager: Jyllands-Posten (tryk), Schultz Grafisk (web), Jørgen Ejbøl, Carsten Juste, Gert Balling, Jens Arvid Spærhage Hansen, (redaktion), Kurt Westergaard (illustrationer), Lars Pryds MDD (forside ,bagside og layout)

Emneord: krop, bioteknologi, etik, genteknologi, cyborg, plastkirurgi, forbedring, Kunstig intelligens, Nanoteknologi, Genteknologi, Sammensmeltning af mennesker og maskiner

Resumé:

Værsgod at skylle! Den teknologiske udvikling går stærkt. Og med denne udvikling følger nye muligheder for den menneskelige krop. Fra tidlig sygdomsopsporing og sygdomsbekæmpelse over forbedring af normalegenskaber hos raske og til på sigt måske at skabe egentlige kyborger - mennesker, der er smeltet sammen med computere eller andre maskiner. Og alle disse muligheder rejser etiske spørgsmål.

Hvad kan vi i dag? Hvad skal vi? Hvilke etiske værdier skal styre den teknologiske udvikling? Hvor trækker vi grænsen mellem den naturlige og den kunstige krop?

Disse spørgsmål - og flere til! - har været til debat i en kronikserie, der i 2000 blev offentliggjort i Jyllands-Posten under navnet Fremtidens Krop. Nu er kronikkerne samlet i denne særavis fra Det Etske Råd og Jyllands-Posten.

Sprog: dansk

Den elektroniske versions ISBN: 87-9112-09-5

Den trykte versions ISBN: 87-9112-05-2

Version: 1.0

URL: <http://www.etiskraad.dk/>

Dato: 2002-05-24

Format: html, gif, jpg, css, pdf

Inventarliste: index.htm, kolofon.htm, forord.htm, forf.htm, kap01.htm, kap02.htm, kap03.htm, kap04.htm, kap05.htm, kap06.htm, kap07.htm, kap08.htm, kap09.htm, kap10.htm, kap11.htm, kap12.htm, kap13.htm, kap14.htm, kap15.htm, kap16.htm, kap17.htm, ren.htm, publ.css, hele.pdf, fors.jpg, lille\_fors.jpg, bagr.gif, logo\_dk.gif, getacro.gif, benedict\_e\_thuesen.jpg, benny\_lautrup.jpg, claus\_emmeche.jpg, claus\_moeldrup.jpg, erling\_tiedemann.jpg, francois\_grey.jpg, henrik\_lund.jpg, jacob\_rendtorff.jpg, karen\_nielsen.jpg, kasper\_rasmussen.jpg, lars\_hansen.jpg, mette\_bryld.jpg, michael\_may.jpg, nina\_lykke.jpg, paul\_hyttel.jpg, doeren\_holm.jpg, s04.gif, s05.gif, s06.gif, s07.gif, s08.gif, s09.gif, s10.gif, s11.gif, s12.gif, s13.gif, s14.gif, s15.gif, s16.gif, s17.gif, s18.gif, s19.gif, s20.jpg

---

Det Etske Råd

Ravnsborggade 2

2200 København N

Telefon 35 37 58 33

Telefax 35 37 57 55

E-post [etiskraad@etiskraad.dk](mailto:etiskraad@etiskraad.dk)

---

## Indholdsfortegnelse

[Forord](#)

[Forfatterne](#)

Teknologi og sygdom

Søren Holm: [Kunstige organer - realitet og science fiction](#)

En række sygdomme skyldes organsvigt og kan behandles med organtransplantation. Pga. organmangel dør mange i ventetiden på et organ – så hvorfor laver vi ikke et kunstigt?

Karen Brøndum-Nielsen: [Kend dig selv - kend dine gener?](#)

Om gentestning. Hvad tester man for, hvilke fordele og ulemper er der ved metoden og hvilke etiske problemstillinger står vi overfor?

Poul Maddox-Hyttel: [Klonerne kommer](#)

Vi kan skabe næste generation uden kønnet forplantning og vi kan oven i købet gensplejse cellen før der laves et foster af den. Hvad sker der når vi forlader den kønnede forplantning?

Menneske eller maskine?

Gert Balling: [Er mennesket en maskine?](#)

Om menneskets tekniske selvforståelse i et kulturelt perspektiv. Når vi systematiserer verden omkring os sætter vi også mennesket i system, men husker vi på at dette system kun er et perspektiv og ikke en sandhed?

Claus Emmeche: [Respekt for kroppen](#)

Cyberkroppen er ved at blive skabt af videnskab og teknologi, derfor må vi opbygge en filosofisk forståelse af kroppens biologi, kultur og tekno-interfaces.

Benny Lautrup og Lars Kai Hansen: [Computeren i hjernen](#)

Hjerner og computere har mange lighedspunkter. Basale fysiske principper medfører at man skal anvende mange individuelle computere for at simulere en hjerne. Måske kan hjernen bedst sammenlignes med et netværk af computere?

Benny Lautrup og Lars Kai Hansen: [Hjernen i computeren](#)

Den arbejdende hjerne kan "skannes" og repræsenteres i en computer. I løbet af halvfemserne er disse teknikker blevet forfinet og udbredt, - vi står foran en revolution i hjerneforskningen.

Henrik Hautop Lund:

[Robotter med kropslig kunstig intelligens](#)

Hvad er Kropslig Kunstig Intelligens og hvad skal vi bruge den til? Ville robotter i undervisningen være et pædagogisk fremskridt?

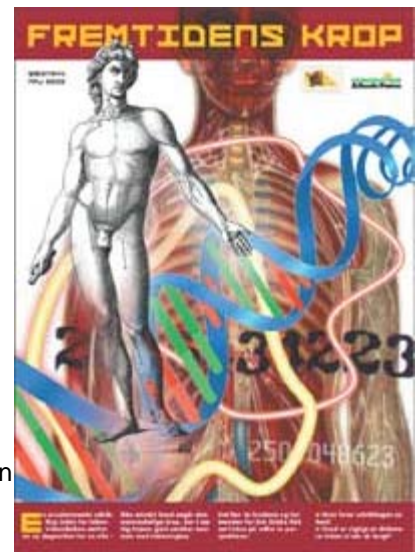
Teknologien og den forbedrede krop

Benedikte Thuesen: [Kosmetisk kirurgi](#)

Kosmetisk kirurgi er et redskab til at ændre den enkeltes naturlige udseende. Hvad kan man ændre og hvilke etiske overvejelser afføder det?

Claus Mødrup: [Fremtidens medicinsk optimerede krop](#)

Om medicinsk behandling af raske. I sportens verden doper man sig, men også hverdagsmennesket vil i fremtiden optimere sin verden og livskvalitet gennem lægemidler – på vej mod en medicinsk normalitet. Hvad er naturligt?



Nina Lykke og Mette Bryld: [Kyborgerne kommer](#)

Om begrebet naturlighed. I forhold til debatten om kunstig befrugtning er "det naturlige" blevet brugt som et centralt politisk argument for forbud, men hvad vil det i dag sige at noget er naturligt?

Jacob Dahl Rendtorff: [Hen mod en europæisk bioetik](#)

I artiklen diskuteres bioetikens grundlag på baggrund af et europæisk forskningsprojekt 1995- 1998, der førte til vedtagelsen af den såkaldte "Barcelona-Erklæring" for regulering af bioetik og bioret i Europa.

Kasper Lippert-Rasmussen:

[Ville det være dårligt, hvis vi blev bedre?](#)

Om fremskridt, etik og argumentation. Er naturlighedsargumentet og glidebaneargumentet relevante i forbindelse med en etisk vurdering af anvendelsen af nye teknologier?

Michael May: [Kroppens teknikker og de nye teknologier](#)

Om kroppen som grænseflade. Kroppen spiller sammen med omverdenen gennem tekniske objekter der udvider kroppens evner. Hvad sker der når udvidelsen f.eks. bliver en elektronisk baseret virtuel virkelighed? Forventninger til forskning og fremtid

Francois Grey: [Nanoteknologi - faktum eller fiktion?](#)

Hvad er konsekvenserne af de forventninger der skabes, for både forsker og samfund, når et område som nanoteknologi bliver omtalt for optimistisk?

Anders Sandberg: [Menneskehed 2.0](#)

Om transhumanisme. Transhumanisterne går ind for at løse mennesket fra de begrænsninger de er underlagt. Teknologien er redskabet og spørgsmålet er om menneskeheden vil blive løftet ud over sin menneskelighed.

Erling Tiedemann: [Fremtidens krop version 2.0](#)

Formanden for Det Ethiske Råd påpeger, at man sagtens kan være positiv over for udviklingen uden at være positiv over for en hvilken som helst udvikling, og henstiller til "Etik til Tiden".

[Kolofon](#)

[Publikationen i pdf-format \[1.433 kB\]](#)

---

## ***Kære læser***

Denne debatavis handler om forholdet mellem menneskets krop og den fremmeste teknologi i dag og i den nærmeste fremtid. Avisen er et resultat af et samarbejde mellem 17 forskere, Det Ethiske Råd og Morgenavisen Jyllands- Posten. Den består af en kronik- serie, som Jyllands- Posten bragte i år 2000 i forbindelse med Experimentariums udstilling Future Body.

Målet med kronikkerne er at nuancere den offentlige debat på området, både som modvægt til populistiske udlægninger af feltet, og som modvægt til den journalistiske trend at opdyrke modsætningspar mellem naturvidenskabelige teknologifanatikere på den ene side og teknologiforskrækkede humanister på den anden side – så enkelt er virkeligheden nemlig ikke skruet sammen. I stedet for at vægte konfrontationerne har vi derfor udvalgt forskere fra forskellige akademiske traditioner med det hovedformål at inddrage relevante områder og derudfra bedt forskerne om selv at pege på muligheder og definere konkrete etiske problemstillinger, som de mener er vigtige at inddrage i den offentlige debat under hensyntagen til det overordnede tema. Det er mundet ud i en spændende buket af artikler, som samlet ikke foregiver at beskrive problemfeltet udtømmende, men som enkeltvis er skrevet af engagerede forskere med noget på hjertet og formidlet til en målgruppe af interesserede unge.

Fremtiden og fremtidens teknologi skal man ikke spørge med – den præsenterer os samtidig såvel for fascinerende teknologiske muligheder som for svære etiske problemstillinger. Vi blev alle taget på sengekanten, da vi hørte om det klonede får Dolly og er blevet det igen, da samme selskab præsenterede fem små klonede grise som kommende organdonorer til mennesker. Med ét er det blevet betydeligt sværere at kende forskel på, hvad der er naturligt, og hvad der er kunstigt, hvad der er ønskværdigt, og hvad

der ikke er. En kraftigt accelererende udvikling inden for teknovidenskaben sætter en ny dagsorden for os alle - ikke mindst, hvad angår den menneskelige krop. Det kan man se alene på den øgede brug af begreber, hvor det biologiske og det teknologiske synes at smelte sammen, f.eks. i ord som bioteknologi, genteknologi, genetisk kode for ikke at tale om kunstig intelligens. Ønsker vi denne sammensmeltning - og i givet fald på hvilken måde? Spørgsmålet er vigtigt, for når grænsen mellem det naturlige og det kunstige begynder at flyde ud, så er det ikke bare et spørgsmål om teknologiske landvindinger, men i høj grad også et spørgsmål om at definere, hvor kroppen begynder og hvor den slutter – og om, hvordan vi bør forholde os til den. Teknologien ændrer derfor ikke bare den fysiske virkelighed, men tvinger os til at tage stilling til, hvad det vil sige at være menneske i en højteknologisk virkelighed. Vi har delt artiklerne op under forskellige overskrifter: Teknologi og Sygdom indeholder overvejelser i forbindelse med organtransplantationer, gentests og kloning – et område, hvor vi står på tærsklen til store gennembrud i den nærmeste fremtid. Under Menneske eller maskine? diskuteres den tekniske beskrivelse af mennesket og de videnskabelige og samfundsmæssige konsekvenser, det fører med sig.

I Teknologien og den forbedrede krop fokuseres der på den håndgribelige kosmetiske kirurgi samt medicinsk behandling af raske, hvor vi alle i stadig højere grad bliver til potentielle patienter. Dette leder over til et af de vanskeligste spørgsmål, nemlig:

Hvad er naturligt? Under dette emne tages værdiladede begreber som henholdsvis naturligt og kunstigt op til debat, for eksempel i forhold til kunstig befrugtning og genmanipulation – men som en af forfatterne spørger: Har der nogen sinde eksisteret en naturlig krop?

Vi runder af med Forventninger til forskningen og fremtiden, hvor samfundets forventninger til nanoteknologien står side om side med de såkaldte transhumanisters forventninger til fremtidens teknologisk opgraderede menneske. Formidlingen til unge interesserede har været en stor udfordring for alle forfattere på projektet. Vi håber, at vores glæde ved at skrive artiklerne smitter af på jer, der læser og diskuterer dem.

Formand for Etisk Råd:  
Erling Tiedemann

Chefredaktør for  
Jyllands-Posten:  
Carsten Juste

Redaktør:  
Gert Balling

---

## ***Forfatterne***



CLAUS MØLDRUP

F. 1972. ph.d. (pharm.) og ansat som lektor ved Danmarks Farmaceutiske Højskole, Institut for Samfundsfarmaci. Han er stifter af debatforaet [www.DrugDebate.com](http://www.DrugDebate.com) samt analyse- og konsulentfirmaet MedicoMonitor ApS. Claus Møldrup udgav i 1999 debatbogen "Den medicinerede normalitet" på forlaget Gyldendal.



#### POUL MADDOX-HYTTEL

Professor i Anatomi på den Kgl. Veterinær- og Landbohøjskole siden 1990. Født 1954 og opvokset i Skagen. Dyrslæge 1979, PhD 1982 og dr.med.vet. 1988. Underviser dyrlæge- og agronomstuderende i anatomi og driver cellebiologisk forskning i reproduktionsbiologi og embryoteknologi. Gennem de senere år en række projekter vedrørende kloning i samarbejde med andre forsker på KVL og Danmarks JordbrugsForskning og samt flere udenlandske forskergrupper.



#### CLAUS EMMECHE

Teoretisk biolog og leder af Center for Naturfilosofi og Videnskabsstudier ved Det naturvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet. Centeret huses af Niels Bohr Institutet og har til formål at bidrage til forskning og undervisning i naturvidenskabsteori. Se også [www.nbi.dk/natphil/](http://www.nbi.dk/natphil/)



#### SØREN HOLM

Læge, filosof og professor i medicinsk etik ved universiteterne i Manchester og Oslo. Han har været interesseret i de etiske spørgsmål som medicin og bioteknologi rejser siden midten af 1980'erne, og har tidligere være medlem af Etisk Råd



#### METTE BRYLD

Lektor, mag. art. Ansat på Institut for Litteratur, Kultur og Medier ved Syddansk Universitet, Odense. Underviser på Center for Russiske og Østeuropæiske Studier. Har bl.a. udgivet bøgerne Kybernetikkens Karneval (1992) og Soviet Civilization. Between Past and Present (1998).



#### NINA LYKKE

Dr. phil. Professor ved Tema Genus, Linköpings Universitet, Sverige, og leder af det danske forskningsprojekt "Cyborger og cyberspace - mellem fortælling og socioteknisk virkelighed", tilknyttet Center for Kvinde- og Kønsstudier, Syddansk Universitet. Hun har bl.a. udgivet bogen Between Monsters, Goddesses and Cyborgs (1996) (med-udgiver Rosi Braidotti). Mette Bryld og Nina Lykke har senest udgivet bogen Cosmodolphins. Feminist Cultural Studies of Technology, Animals and the Sacred. ZED Books, London 2000.



#### BENEDIKTE THUESEN

Speciallæge i plastikkirurgi ved Erichsen's Klinik, Charlottenlund. Lægevidenskabelig embedseksamen, Københavns Universitet 1982; Kirurgisk Kursusuddannelse i 1990; Speciallæge i plastikkirurgi 1994. Arbejdet på Erichsens's Klinik siden efteråret 1994.



#### KAREN BRØNDUM NIELSEN

Overlæge, dr. med. og institutchef for John F Kennedy Institutet, Glostrup. Adjungeret professor i klinisk genetik ved Københavns universitet. Uddannet speciallæge i børnesygdomme og klinisk genetik. Disputats 1985 om Xbunden mental retardering med fragilt X. Forskningsinteresser: Kromosomsygdomme samt genetiske sygdomme og syndromer, som medfører mental retardering og generelle udviklingsforstyrrelser. Medlem af bestyrelsen for European Society of Human Genetics.



#### FRANCOIS GREY

Vicedirektør ved MIC, centret for mikro og nanoteknologisk forskning ved Danmarks Teknisk Universitet. Han har opbygget nanoteknologi-aktiviteter på MIC, som beskæftiger sig bl.a. med fremstilling og anvendelser af mikromekaniske prober til at måle kemiske, biologiske og elektroniske egenskaber af materialer på nanometer skala.



#### ANDERS SANDBERG

Ph.d.-studerende i beregningsneurobiologi på den Kungliga Tekniska Högskolan i Stockholm. Han har været ordførende for det svenske transhumanistforbund gennem længere tid og er en meget aktiv deltager i den offentlige debat når det drejer sig om fremtidens teknologi og de affødte samfundsmæssige konsekvenser.



#### MICHAEL MAY

Psykolog, Ph.d. & Kultursociolog. Arbejder med forskellige aspekter af "human factors" og "menneske- maskine interaktion" inden for det maritime område på Dansk Maritimt Institut. Desuden arbejde i forskellige maritime EU-projektet og i det danske Center for Menneske-Maskine Interaktion (CHMI) støttet af Grundforskningsfonden. Har tidligere arbejdet med didaktik og uddannelsesforskning på Danmarks Tekniske Universitet og med grænsefladedesign på RISØ, Afdelingen for Systemanalyse. Arbejder i CHMI med det semiotiske grundlag for fleksible instrumenter og mere generelt med det teoretiske grundlag for HMI.



#### BENNY LAUTRUP

Teoretisk fysiker ved Niels Bohr Institutet og har tilbragt næsten 10 år ved udenlandske universiteter og laboratorier. Efter at have forsket 20 år i teoretisk højenergifysik og 10 år i neurale netværk, beskæftiger BL sig i dag med komplekse systemers fysik. Har skrevet mange populærvidenskabelige indlæg i aviser og bøger, og deltager undertiden i debatten vedrørende forskningens stilling i samfundet.



#### KASPER LIPPERT RASMUSSEN

F. 1964. Lektor i filosofi ved Københavns Universitet. Han har en D.Phil. grad fra University of Oxford og har publiceret talrige artikler i internationale fagtidsskrifter indenfor områder som moralteori, politisk filosofi og argumentationsteori. Af danske publikationer kan nævnes Viljens Frihed og Moralsk Ansvar (1999) og Det Retfærdige Samfund (1997; m. N. Holtug og K. Kappel).



#### HENRIK HAUTOP LUND

Professor ved Mærsk Mc- Kinney Møller Institutet for Produktionsteknologi og forsker i moderne kunstig intelligens og robotteknologi. Han har publiceret mere end 50 videnskabelige artikler i internationale tidsskrifter og konferencer. Professor Henrik Hautop Lund er desuden leder af Fyns robotteknologiske kompetenceklynge, der involverer ca. 20 industrivirksomheder og forsknings- og uddannelsesinstitutioner.



#### LARS KAI HANSEN

Professor ved Informatik og Matematisk Modellering, Danmarks Tekniske Universitet. Han leder en gruppe der forsker i hjernens informatik, kunstig intelligens og signalbehandling. Forskningen er støttet af de danske forskningsråd, EU, samt det amerikanske National Institutes of Health.



#### JACOB DAHL RENDTORFF

F. 1965. Diplom. pol., mag. art. & ph.d. Adjunkt i virksomhedsetik ved Institut for samfundsvidenskab og erhvervsøkonomi, Roskilde universitetscenter. Tidligere medarbejder ved Center for Etik og Ret, Københavns Universitet. 1997-1999. Rapportør for et større EUprojekt om basale etiske principper. Har på dansk bl.a. udgivet Bioetik og ret. Kroppen mellem person og ting, Gyldendal 1999.



#### GERT BALLING

Cand. Mag i Film- og Medievidenskab samt Moderne Kultur og Kulturformidling 1998. Har siden været forsker på henholdsvis Nordisk Kultur Institut og på Center for Kulturpolitiske Studier samt været tilknyttet Københavns Universitet som ekstern lektor. Er meget engageret i tværfaglige netværker i såvel ind- som udland, hvilket fx er resulteret i den danske udgave af Videnskabscafen. GB har redigeret og skrevet diverse artikler og bøger om bl.a. menneske-maskin-problematikken og har i dag et ph.d.-stipendie på ITHøjskolen i København.

---

## ***Kunstige organer - realitet og science fiction***

Artiklens forfatter spørger, om fremtiden for kunstige organer ligger i at forbedre de raske i stedet for at hjælpe de syge?

Af SØREN HOLM

Læge, Reader in Bioethics, University of Manchester

Ville det ikke være dejligt, hvis man kunne holde op med at tage organer fra døde mennesker og bruge dem til transplantation og i stedet give de syge et kunstigt organ?

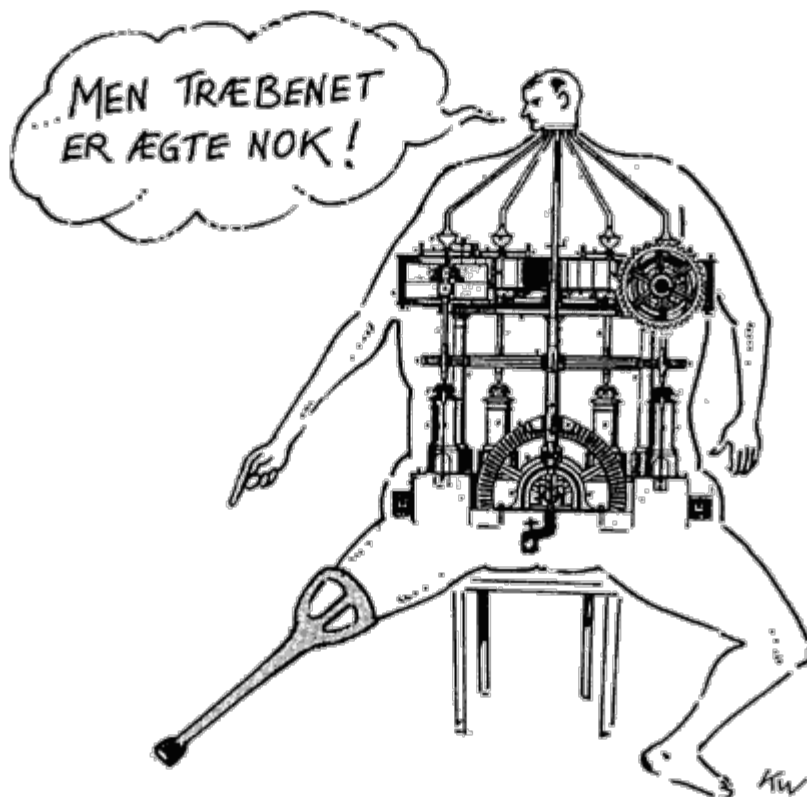
Denne fremtidsvision driver forsøgene på at udvikle kunstige organer.

Kunstige organer har en lang historie, tænk f.eks. på Long John Silvers træben i "Skatteøen"; og i science fiction litteraturen kan vi finde talrige fremtidsscenerier, hvor de spiller en stor rolle. Der erstatter de ikke alene tabte funktioner, men de giver også brugerne helt nye muligheder.

Men hvordan ser virkeligheden ud i dag, og kommer kunstige organer i fremtiden virkelig til at kunne erstatte store dele af vores krop?

Udviklingen af kunstige organer begyndte i 1950'erne. Man regnede med at man hurtigt ville have kunstige hjerter, nyrer og andre organer klar til transplantation. Men det gik ikke helt så let. Det viste sig at være lettere at få mennesker til månen, end at designe kunstige organer som virker.

Et af hovedproblemerne har været, at for at et kunstigt organ fuldt ud kan erstatte organtransplantation, så skal det være så lille at det kan indopereres i en menneskekrop, det skal være stort set vedligeholdelsesfrit, og det skal være meget stabilt. Et kunstigt hjerte skal fungere 24 timer i døgnet, hele året rundt, og det nytter ikke at det "holder pause" i bare 5 minutter. De første kunstige hjerter var hydrauliske og krævede en ydre drivenhed på størrelse med et køleskab. I dag kan man lave elektriske kunstige hjerter, der kan implanteres, men strømforbruget er som en mindre ghettobusters, så batterierne er man nødt til at bære i en taske over skulderen. Der er mennesker, der har levet mere end et år med sådan et hjerte og er begyndt at arbejde igen, men det kunstige hjerte er stadig kun en bro mellem hjertesvigt og transplantation. Forskerne på området siger, at det kunstige hjerte til permanent brug vil være klar om 5 år, men det har de sagt de sidste 20 år.



Endnu større problemer har man haft med at udvikle kunstige nyrer og lunger. Vi har i dag kunstige nyrer, dialysemaskiner, som vi kan koble patienterne til, og som kan rense deres blod, og vi har kunstige lunger til brug under hjerte- og lungeoperationer; men vi er stadig meget langt fra at have udviklet kunstige nyrer og lunger som patienterne kan bære rundt på.

Så alt i alt må man sige, at forsøgene på at udvikle teknologiske erstatninger for de store organer som hjerte, nyrer og lunger ikke har været nogen stor succes. Den største succes med kunstige organer har man haft med organer, hvor en stor del af funktionen kan efterlignes elektronisk. Man har i dag elektroniske indre ører, der delvis kan afhjælpe nogle former for døvhed, og man har



meget avancerede computerstyrede arm-, hånd- og ben-protoser, hvor computeren aflæser signalerne fra nerveenderne i arm- eller benstumpen, der er tilbage efter amputation, og giver brugeren kontrol over protesens bevægelser. Man regner med, at udviklingen i de næste 5-10 år vil gå meget hurtigt, og at man kan udvikle protoser der både giver næsten normal bevægelighed og en vis erstatning for føleevnen i f.eks. fingrene. Hvis vi ser endnu længere frem, er det også de elektroniske kunstige organer, der har størst mulighed for at udvikle sig i science fiction retning. Det er ikke helt urealistisk, at man vil kunne udvikle "øjne", "ører" og andre "sansorganer", som vil sætte os i stand til at sanse lyd, lys og radiobølger uden for vort normale område; og man vil måske også kunne udvikle kognitive protoser ("intelligens protoser"), som vil gøre det muligt for os at løse mentale opgaver, som de færreste af os kan løse i dag.

»Man kan allerede i dag dyrke kunstig hud, blodkar, ører og næser«

Fordi udviklingen af kunstige organer til erstatning for hjerner, nyrer osv. er gået så langsomt, er forskerne begyndt at se sig om efter andre muligheder end de rent teknologiske. En mulig udvikling er såkaldt xenotransplantation, hvor dyr genmanipuleres, så deres organer ikke bliver afstødt af menneskers immunapparat. Organerne kan derfor transplanteres fra dyret til mennesker. Her forsker man mest på grise, idet de dels har den rigtige størrelse, dels formerer sig så hurtigt, at man i løbet af kort tid kan avle store flokke af "organgrise". Det er for kort tid siden lykkedes at klonе grise, og det vil gøre den videre udvikling af genmanipulerede svin lettere. Desværre har det vist sig, at svin har en del virus der kan smitte mennesker, og at xenotransplantation er en meget effektiv måde at smitte på, så efter en periode med stor entusiasme for xenotransplantation er forskerne nu blevet mere afdæmpede.

En anden mulig udvikling er, at man måske i fremtiden kan dyrke skræddersyede organer i laboratoriet. De fleste celler i kroppen er specialiserede celler (hud-, muskel-, nerveceller osv.), og en specialiseret celle kan sædvanligvis kun blive til celler af samme slags, når den deler sig. En stamcelle er en primitiv, uspecialiseret celle, der kan blive til forskellige celletyper når den deler sig. Den proces kaldes differentiering. I de senere år har man lært mere og mere om hvilke signaler der styrer cellers differentiering, og da man nu ved hjælp af kloningsteknikken kan skabe stamceller, er der mulighed for at man kan dyrke organer, som passer til den enkelte person.

Når personen får begyndende hjertesvigt, tager man en enkelt af hans celler og kloner den, og dyrker de stamceller, man får. Når man har fået nok celler, tilsætter man de rette differentieringsfaktorer, og får cellerne til at udvikle sig i retning af hjertemuskelceller. Disse forstadier til hjertemuskelceller overfører man så til en hjerteformet form lavet af et bionedbrydeligt plasticmateriale. Cellerne vokser videre og erstatter efterhånden formen, og ved at tilsætte andre differentieringsfaktorer og måske begynde at stimulere det nydannede hjerte elektrisk, kan man til slut få et bankende hjerte, som er lige klar til transplantation.

Dette er stadig fremtidsmusik, men man kan allerede i dag dyrke kunstig hud, blodkar, ører og næser på denne måde. De problemer, der stadig må løses før man i virkeligheden kan dyrke hjerner og andre større organer, er hovedsageligt to slags. For det første mangler vi stadig viden om differentieringsfaktorer, og der er derfor grænser for hvor præcist vi kan styre processen. For det andet har nogle organer en kompliceret tredimensionel struktur, hvor mange forskellige typer af celler skal være anbragt rigtigt i forhold til hinanden, for at organet kan udføre sin funktion. I nyrer er der f.eks. to meget komplicerede rørsystemer til henholdsvis blodet og urinen, og hvis de ikke "sidder rigtigt" i forhold til hinanden, så fungerer nyrer ikke. For at lave en nyre er det altså ikke nok at kunne dyrke alle de forskellige former for celler der indgår i nyrer, man skal også kunne få dem til at sætte sig på den rigtige plads. Organdykning har også det indbyggede problem, at det vil tage tid at dyrke et nyt organ og metoden kan derfor ikke bruges ved akut opståede sygdomme, med mindre man har organer på lager klar til brug.

En tredje mulighed er, at fremtidens kunstige organer bliver en blanding af biologiske og teknologiske dele. Således at nogle af funktionerne udføres af specielt designede celler og nogle af funktionerne af elektronik eller mekanik.

Ved at kombinere disse forskellige måder at udvikle kunstige organer er det sandsynligt at man inden for de næste 25-50 år har kunstige erstatninger for de fleste, og måske alle de store organer; og at man også har nogle kunstige organer, der kan gøre andre ting end vore normale organer kan. Det lyder jo alt sammen meget godt, men er det helt problemfrit? Det første problem, der vil komme, skyldes at de kunstige organer ikke vil blive udviklet på samme tid, og at der derfor i lang tid endnu vil være brug for organtransplantation fra døde mennesker. Selv om vi måske vil få kunstige hjerner og nyrer, har vi stadig brug for transplantation, så længe vi ikke har kunstige lever, lunger osv.. Det vil derfor tage lang tid, før kunstige organer kan løse de etiske problemer, som transplantation fra døde mennesker rejser.

En anden konsekvens af udviklingen af kunstige organer, som vi med sikkerhed kan forudsige, er, at den vil bidrage til at markere forskellene mellem dem, der har, og dem, der ikke har. Kunstige organer til brug i behandlingen af patienter med organsvigt, vil blive ganske kostbare og vil kun være til rådighed i de økonomiske velstillede lande. Dette er i sig selv et retfærdighedsproblem, men er måske ikke værre end de allerede eksisterende uligheder i adgangen til sundhedsydelser. Hver dansker har allerede i dag adgang til behandlinger, som hovedparten af verdens befolkning ikke har råd til. Et mere dybtgående problem kan opstå, hvis det lykkes at udvikle f.eks. kognitive protoser, der kan gøre bæreren "mere intelligent". Disse vil også kun være til rådighed i de rige

lande, og vil medvirke til at gøre gabet mellem rige og fattige lande større.

Endelig er det værd at overveje, hvor det største marked for kunstige organer er. Er det organer til de relativt få mennesker der er syge og har brug for en organtransplantation, eller er det "organer" til de mange der kan gøre brug af en sanse eller en intelligens-udvidende protese? Måske ligger fremtiden i kunstige organer slet ikke i at hjælpe de syge, men i at forbedre de raske? Måske har science fiction forfatterne alligevel ret, når de forudsiger at vi alle i fremtiden vil gå rundt med kunstige organer?!?

---

## ***Kend dig selv - kend dine gener?***

En ensidig fokusering på resultater fra genforskningen kan føre til en alt for forenklet opfattelse, der måske kan føre til uheldige markedsføringer af gentest for "disposition for visse adfærdsformer", fremfører Karen Brøndum-Nielsen. Hun slår derfor til lyd for dialog mellem forskere, sundhedsmyndigheder og befolkning til sikring af de faglige og etiske aspekter.

Af KAREN BRØNDUM-NIELSEN  
Overlæge ved John F. Kennedy Institutet

I slutningen af januar 2000 var over en tredjedel af menneskets arvemasse (DNA) kendt i en første version, og i løbet af de næste par år vil information om hele arvemassen være tilgængelig via internettet. Det vil givetvis føre til en bedre forståelse af det biologiske grundlag for sygdomme og til bedre behandlinger. Det vil også på kortere sigt give øgede muligheder for at undersøge, om den enkelte person er bærer af arveanlæg med betydning for sygdomme eller evt. andre tilstande. Eksempler på sidstnævnte finder vi i medierne, hvor "genet for" f.eks. fedme, alkoholisme, ordblindhed m.m. skulle være opdaget.

Gentestning anvendes allerede på flere områder i dag og anses af de fleste for at være uproblematisk. Men der kan være etiske problemer, både når sygdomsanlæg undersøges hos raske mennesker og især hvis vi vil forsøge at bruge den fremtidige viden om generne til at forudsige adfærd.

Arvematerialet består af DNA, som befinder sig i 23 kromosom-par inde i cellekernen. Gener er stykker af DNA, som ved hjælp af den genetiske kode oversættes til proteiner, der udfører cellens "arbejde". Fire kemiske forbindelser (baser) benævnt A,T,C,G er bogstaverne i denne kode. Det samlede antal DNA baser (den fuldstændige sekvens af DNA molekylet) er ca. tre milliarder.

Hvis DNA-basesekvensen ændres, kan det medføre, at der dannes for lidt eller et forkert protein. Det kan resultere i, at cellerne og dermed personen bliver syg. En fejl i basesekvensen, som er nedarvet, kan føre til en arvelig sygdom hos personen. Fejlen vil findes i hver eneste cellekerne i kroppen. Man taler om en mutation i et gen, og sådant et muteret gen kan kaldes et sygdoms-gen. Mutationer i enkeltgener fører til omkring 5000 arvelige sygdomme, f.eks. cystisk fibrose, blødersygdom, Huntingtons sygdom.

Mutationer i generne spiller også en rolle for mere almindelige sygdomme, som f.eks. hjerte-karsygdomme, sukkersyge og kræft. Men de fleste sygdomme er komplekse og fremkommer ved den samlede virkning af mange geners samspil med hinanden og miljøet, f. eks. livsstilsfaktorer som tobaksrøg og kost. Man kender dog også mutationer i nogle enkeltgener som medfører almindelige sygdomme. Mutationsbæreren har i de tilfælde en væsentlig øget risiko for at udvikle sygdommen.

En gentest afslører om en sygdomsfremkaldende mutation er til stede. Det gøres ved at analysere DNA fra personen.

DNA findes i alle kerneholdige celler i kroppen, og man kan derfor undersøge f.eks. en blodprøve fra personen. Det er i dag ikke praktisk muligt i en enkelt blodprøve at undersøge for mutationer i alle kendte gener, men det kan evt. ske i fremtiden. Særlige former for genetiske analyser er en kromosomanalyse, hvor cellens 46 kromosomer analyseres for større forandringer, eller gentests i form af biokemiske analyser.

Der er allerede nu mange hundrede gentests i anvendelse med det formål at diagnosticere og forebygge sygdom. Gentestning er ikke behandling, men resultatet af den kan bruges til at planlægge behandling, herunder fremtidig genterapi, og kan være med til at forudsige sygdomsforløbet.

I dag anvendes genstestning i en række sammenhænge, som kan betragtes på linje med andre undersøgelser, der udføres i sundhedsvæsenet. Fem forskellige anvendelser skal fremhæves: I forhold til sygdomsdiagnostik kan gentest f.eks. anvendes ved

Duchennes muskeldystrofi, hvor diagnosen kan stilles ved en DNA analyse af en blodprøve.

I Danmark tilbydes screening af alle nyfødte (ved en hæblodprøve) for PKU (Føllings sygdom), som er en arvelig stofskiftesygdom. Ubehandlet fører sygdommen til svært mentalt handicap, som imidlertid kan forhindres ved diætbehandling, hvis den opdages tidligt. Der screenes i dag for yderligere 2 medfødte sygdomme, og flere nye muligheder er på vej.

Alle gravide, som er over 35 år får tilbudt fosterdiagnostik ved moderkage- eller fostervandsprøve, på grund af den øgede risiko for kromosomsygdom hos fostret. Gravide med særlig risiko af anden årsag, f.eks. arvelig sygdom i familien, kan uanset alder få et tilbud om undersøgelse af den pågældende sygdom. Ved fosterdiagnostik undersøges celler fra en moderkage- eller fostervandsprøve for at påvise/ udelukke en genetisk sygdom hos fostret.

Ved anlægsbærerdiagnostik undersøges en persons blodprøve for mutationer i et vigende sygdoms-gen, som f.eks. cystisk fibrose-genet. Anlægsbærere er ikke syge, men kan videreføre deres anlæg. Hvis partneren også er bærer, har barnet 25% risiko for at modtage et sygdomsanlæg fra hver af forældrene og dermed at få cystisk fibrose. Formålet med anlægsbærerundersøgelse er at give et grundlag for rådgivning og evt. fosterdiagnostik.

Præsymptomatisk testning bruges til at undersøge om en rask person, som har en arvelig sygdom i familien, har arvet sygdoms-genet, og dermed kan udvikle sygdommen senere, samt videreføre genet til sine børn. Det kommer på tale ved sygdomme, som først bryder ud sent i livet, f.eks. Huntingtons sygdom, som begynder i 35-45 års alderen med uhelbredelig fremadskridende svækkelse af nervesystem og åndsevner til følge. Formålet med testning kunne være at skaffe sig vished, for at kunne planlægge liv og familie.

Normalt gentester man for relativt sjældne arvelige sygdomme, men det er nu også blevet muligt at genteste for mere almindelige sygdomme. Det betyder, at gentestning bliver en overvejelse for langt flere mennesker end før. Det drejer sig f.eks. om brystkræft, æggestofkræft og tarmkræft. Det må understreges, at langt de fleste tilfælde af kræft ikke er arvelige. Ca 5-10% af tilfældene tilhører en arvelig form, som kan vise sig ved at mange i en familie har sygdommen. I nogle familier kan man anvende en gentest til påvisning af om en sygdomsfremkaldende mutation findes hos en rask person.

»Mutationer i enkeltgener fører til omkring 5000 arvelige sygdomme«

En gentestning indebærer dog mulige medicinske, psykologiske og sociale konsekvenser og risikomomenter, både for personen, som testes og for hans/hendes familie.

En test, der er "positiv" (dvs sygdoms-genet er påvist), kan hos en rask person føre til tiltag som fjernelse af bryster eller æggestokke, eller årelange overvågningsprogrammer, for så vidt muligt at komme en kræftsygdom i forkøbet.

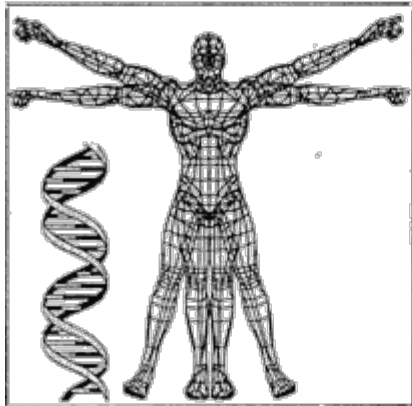
Selv om risikoen for sygdom er øget, hvis man er mutationsbærer, er den ikke 100%, og den kan formentlig variere fra familie til familie. Det betyder, at den øvrige genetiske baggrund hos personen, miljøfaktorer mv., spiller en vigtig rolle for, om en bærer af sygdoms-genet faktisk udvikler sygdommen. Hertil kommer, at en negativ gentest ikke betyder, at personen ikke kan få den pågældende kræftsygdom. Da mindst 90% af kræfttilfældene skyldes andre (ikke-arvelige) faktorer, er en negativ test ingen garanti for, at man ikke får kræft. Man har stort samme risiko som resten af befolkningen. Det er altså ingen helt enkelt sag at forholde sig til resultatet af sådan en test.

Og endelig ér vor viden om generne begrænset: I en stor del af de familier, hvor flere har brystkræft, finder man f.eks. ikke de kendte mutationer. Disse familier har muligvis andre endnu ukendte sygdomsgener

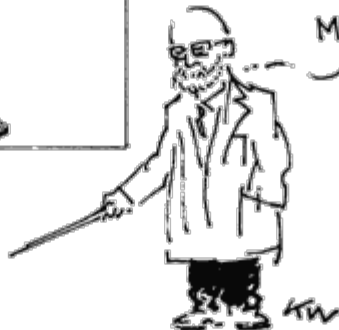
Ser vi på de psykologiske virkninger er sagen heller ikke ligetil. Et "positiv" testresultat (at man er mutationsbærer) vil naturligvis ofte føre til ængstelse. Omvendt vil et "negativ" testresultat heldigvis oftest medføre lettelse og befrielse for sygdomsangst, men for nogle kan deres 'held' medføre svær skyldfølelse over for andre familiemedlemmer. Det er meget vigtigt at gøre sig klart, at en gentest ikke kun vedrører personen, der testes, men hele familien, som man deler gener med. Derfor er rådgivning vedrørende alle disse aspekter en vigtig opgave i sundhedssektoren nu og fremover.

Som nævnt har de fleste sygdomme komplekse årsagssammenhænge. Ikke desto mindre søger forskerne at finde et genetisk 'mønster', fordi det kan bidrage til en bedre forståelse af sygdommens opståen. Ofte er der tale om en påvist statistisk sammenhæng mellem en sygdom/tilstand og nedarvningen af bestemte områder eller en variation i DNA. Det gælder f.eks. for bestræbelserne på at finde "gener for" skizofreni og maniodepressivitet, for ikke at tale om "gener for" menneskelig adfærd. Det har vist sig at være svært at eftervise disse sammenhænge, og dementi og modbevis finder sjældent vej til avisernes overskrifter. Der var således stort påstyr, da "genet for" homoseksualitet blev "fundet" på X-kromosomet, men behersket omtale, da en ny undersøgelse ikke kunne underbygge resultatet.

»En gentest vedrører ikke kun personen, der testes, men hele familien, som man deler gener med«



DEN MEDICINSKE  
FORSKNING HAR  
GJORT SÅ STORE  
FREMSKRIDT, AT  
DER EGENTLIG  
IKKE LÆNGERE  
FINDES  
SUNDE  
MENNESKER!



Menneskelig adfærd, herunder misbrug, kriminalitet og seksuel præference, er bestemt af mange faktorer, ikke mindst sociale/miljømæssige.

Det forekommer usandsynligt, at man entydigt skulle kunne forudsige kompliceret adfærd ud fra bare ét gen, eller for den sags skyld mange gener.

En ensidig fokusering på resultater fra genforskning kan derfor føre til en alt for forenklet opfattelse, der måske kan resultere i en markedsføring af "gentests" for "disposition" for visse adfærdsformer. Det må give stof til eftertanke – og i hvert fald hos undertegnede til dyb bekymring over de mulige skadevirkninger af en sådan udvikling.

Derfor er det vigtigt, at dialogen mellem forskere, sundhedsmyndigheder og befolkningen til stadighed belyser både de faglige og de mange etiske aspekter, og at genforskere formidler deres forskningsresultater, herunder hvad et "gen for ..." egentlig betyder.

---

## ***Klonerne kommer***

**Klonerne kommer, det er givet. Men hvorledes toner de frem i samfundet? Vi vil i løbet af de kommende årtier blive omgivet af kloner. Men det vil ikke være i form af tusindvis af ens køer på markerne, fastslår denne artikels forfatter. Snarere vil klonerne tage form af cellebefolkninger, som kan indsættes i vore kroppe: Biologiens virtuelle kloner.**

Af POUL MADDOX-HYTTEL  
Professor, dr.med.vet., Institutet for Anatomi og Fysiologi

Historien om klonerne starter med en af livets vigtigste byggesten: DNA-molekylet. Samt med konstateringen af at dette molekyle i sig selv er dødt, hvilket i bund og grund er et paradoks. DNA-molekylet har jo gennem millioner af år ført livet fra generation til generation, og undervejs er det gradvist blevet forfinet med arternes evolution som resultat. Men lige meget hjælper det – dødt er det i sig selv. Først når cellerne "staver" sig vej gennem genernes koder, udrulles hele det skaberværk, som evolutionen indtil nu

har resulteret i. Først da er der liv. Én celle har særlige egenskaber i den retning; er uovertruffen til på den mest ekvilibristiske måde at læse DNA: ægcellen.



Lad befrugtningen illustrere dette: Hvis man betragter sædcellen under elektronmikroskopet, står det klart, at den er designet med én ting for øje: At bringe sin kostbare last af DNA ind i ægcellen ved hjælp af en kraftfuld hale monteret på et aquadynamisk hoved. Forrest i hovedet ligger en sprængladning af enzymer, som opløser den hinde, ægcellen er omgivet af, så befrugtningen kan fuldbyrdes. Men det er ægcellen, som står tilbage med den opgave at tage både sin egen og sædcellens arvemasse i brug til at danne det unikke individ, arvemassen besidder koderne til. Og netop dette er ægcellens særlige force. Den er i stand til efter et nøje fastlagt program at tænde for generne, således at der opbygges et foster. Den har en iboende kraft til at grundlægge næste generation. Set i det lange perspektiv er kønscellerne, sædceller og altså i særdeleshed ægceller, de væsentligste byggestene i livets videreførsel. De fører DNA fra én generation til den næste; i det lys er kroppen blot det nødvendige hylster, som pakker dem ind undervejs. Hylsterets herlighedsværdi kan imidlertid være afgørende for, hvor meget afkom, der dannes.

Netop ægcellens utrolige evne til at tage DNA i brug og give det liv er grundlaget for kloningen af pattedyr. Med fødslen af det klonede får Dolly stod det klart, at ægcellen havde rammet en pæl gennem et af udviklingsbiologiens dogmer: At specialiserede celler i kroppen er låst i deres speciale, hvilket vil sige at de ikke kan "omskoles" til andre celletyper. Vi ved nu, at ægcellen kan omskole specialiserede kropsceller, og efter Dolly er der født en række dyr såsom mus, kvæg og senest svin klonet fra forskellige kropsceller.

Kloningens biologi går populært sagt ud på, at i stedet for at befrugtes med en sædcelle og tage dens DNA i brug, "befrugtes" ægcellen kunstigt med en kropscelle og tager i stedet dens arvemasse i brug. Ægcellens eget DNA er der ikke brug for, så det fjernes ved et kirurgisk indgreb i ægcellen, inden den "befrugtes" med kropscellen. Det klonede æg begynder herefter i bedste fald at udvikle sig efter samme mønster som et normalt befrugtet æg. Men så let lader naturen sig ikke snyde! I mange klonede æg lykkes processen ikke: æggene går til grunde, de udvikler sig til fostre, som aborteres, eller de udvikles til afkom, som ikke er levedygtigt.

Har de så haft nogen betydning disse klonede dyr? Ja, teknikken har vist sig meget brugbar til fremstilling af gensplejsede dyr, såkaldte transgene dyr. Det gøres ved at gensplejse kropscellerne, før de er blevet anvendt til kloning. Forud for kloningen dyrkes kropscellerne i dyrkningsmedier, og her er det muligt at indsætte nye gener i dem. Når sådanne gensplejsede kropsceller benyttes til kloning, vil de indsatte gener bringes med ind i de klonede æg og komme til udtryk i det klonede afkom. På den måde er der fremstillet bl.a. får og kvæg, som er gensplejset til at producere proteiner til lægemidler til mennesker i deres mælkekirtler. Sådant medicin fra gensplejsede dyr vil i løbet af få år være på markedet! De gensplejsede dyr har også været diskuteret i forbindelse med produktion af organer til transplantation til mennesker. Normalt ville organer fra f.eks. grise, som transplanteres til mennesker, afstødes øjeblikkeligt. Meget tyder dog på, at det inden for en kortere årrække vil blive muligt at fremstille transgene svin, som kan donere organer som f.eks. hjerter og nyrer til mennesker. Der findes i svinets arvemasse nogle virusgener, som frygtes at kunne aktiveres, hvis de overføres til menneskeceller. Dette og andre sikkerhedsmæssige spørgsmål må afklares inden svineorganerne kan benyttes.

»Vi kommer ikke til at se tusindvis af klonede køer på markerne«

Vi kommer ikke til at se tusindvis af klonede køer på markerne. Kloning strider mod det princip, som er grundlaget for al husdyravl: at kun de bedste hanner og hunner fra én generation giver deres arvmasse til næste generation, som derfor bliver endnu bedre. Ved kloning går arvmassen videre til næste generation uden at forbedres. Kloning kan muligvis komme til at spille en birolle i avlsarbejdet, men fænomenet vil aldrig komme til at sætte noget markant præg på markens dyr.

»Medicin fra gensplejsede dyr vil i løbet af få år være på markedet«

Og så til det væsentligste: De virtuelle kloner. De kloner, som ikke optræder som klonede individer, men som klonede celler. Som befolkninger af celler, muligvis samlet til organer, der vil fungere som reservedele til os i fremtiden. Det er i denne rolle, kloningsbiologien kommer til at yde sit væsentligste bidrag til vort fremtidige samfundsbillede. Et konkret eksempel: Et udvalg i England har vurderet de biologiske og etiske konsekvenser af at tillade forskning i de tidligste faser af kloning af mennesker. Den konkrete idé er følgende: Hvis f.eks. en leukæmipatient mangler knoglemarvsceller til at danne blodlegemer med, kan disse celler fremstilles fra andre af patientens egne celler ved kloning. Dette vil kunne lade sig gøre ved at udtage kropsceller, f.eks. bindevævsceller, fra patienten, "befrugte" menneskeægceller med bindevævscellerne og hermed frembringe klonede æg. Ægcellerne vil nulstille patientens arvmasse, DNA, og tage det i brug efter det program, som styrer fosterudviklingen. Der vil i bund og grund være dannet klonede æg, som potentielt vil kunne udvikle sig til klonet afkom af patienten, hvis æggene blev overført til rugemødre. De klonede æg udvikler allerede i løbet af de første to leveuger de stamceller, som danner ophav til alle kroppens celletyper inklusive knoglemarvscellerne. Det betyder, at der fra de klonede æg vil kunne "høstes" stamceller til reparation af patientens knoglemarv, hvilket har den fordel, at cellerne er fuldt ud forenelige med vedkommende, da de er fremstillet fra patienten selv. På den måde kan vi i fremtiden komme til at bidrage med reserveceller og måske – organer til os selv. Det skal understreges, at stamcellerne kan høstes fra de klonede æg allerede indenfor de første to leveuger, hvilket betyder, at de klonede æg aldrig vil udvikle sig til egentlige fostre med menneskelige træk. At fremstille reserveceller på denne måde vil være muligt indenfor en overskuelig tidshorisont, mens det at fremstille kunstige organer stadig er en fremtidsvision. Organer er nemlig opbygget af flere forskellige celletyper, som skal bringes til at fungere sammen som et kompliceret samfund.

At anvende kloning til, som beskrevet, at fremstille reservedele til mennesker byder på mange etiske udfordringer. Min sidste pointe er imidlertid, at fortsat forskning i kloningsbiologien kan overflødiggøre brugen af ægceller og klonede æg fra mennesker. Som allerede nævnt vil det være muligt at frembringe reserveceller fra klonede æg. Det kræver imidlertid for det første, at kvinder vil være villige til at donere ægceller til at producere de klonede æg fra; nemlig de ægceller, som skal "befrugtes" med patientens kropsceller. For det andet kræves det, at der frembringes klonede menneskeæg ved befrugtning af ægceller med patientens kropsceller. De klonede æg kan, hvis de ikke bruges som stamcellekilde, potentielt udvikle sig til menneskefostre og ultimativt til klonede børn. Det anføres, at frembringelse af klonede menneskeæg og hermed kimen til klonede menneskefostre er en glidebane, som uvægerligt vil bringe os frem til kloning af mennesker: Det klonede menneske venter på os for enden af glidebanen! Men lad os skue lidt længere ud i horisonten. En ny viden gemmer sig i disen af kloningsbiologiens gåde: ægcellens forunderlige evne til at nulstille og omskole arvmassen. Hvis kloningsforskningen styrkes vil det blive muligt at aflure ægcellen dens særlige evner; det vil blive muligt at forstå de biologiske mekanismer, som nulstiller og påny programmerer arvmassen. Kan vi forstå disse mekanismer, vil vi også kunne kopiere dem. Det betyder til syvende og sidst, at vi kan blive i stand til at udtage specialiserede kropsceller fra en patient, kunstigt nulstille arvmassen uden brug af ægceller og kloning for derefter at omskole eller nyprogrammere arvmassen, således at de ønskede reserveceller kan udvikles til transplantation til patienten.

Set gennem horisontens dis kan kloningsforskningen således overflødiggøre kloning som sådan til fordel for de virtuelle kloner; kloner som kun eksisterer som celler og ikke som individer. Brugen af ægceller og klonede æg fra mennesker bliver i det lys kun et forbigående fænomen, som baner vejen for fremtiden.

Set i dette perspektiv byder kloningsforskningen på den mulighed, at glidebanen i stedet for at føre brat nedad mod det klonede menneske på et tidspunkt vender og kommer til at gå op mod de virtuelle kloner fjernt fra klonede mennesker.

---

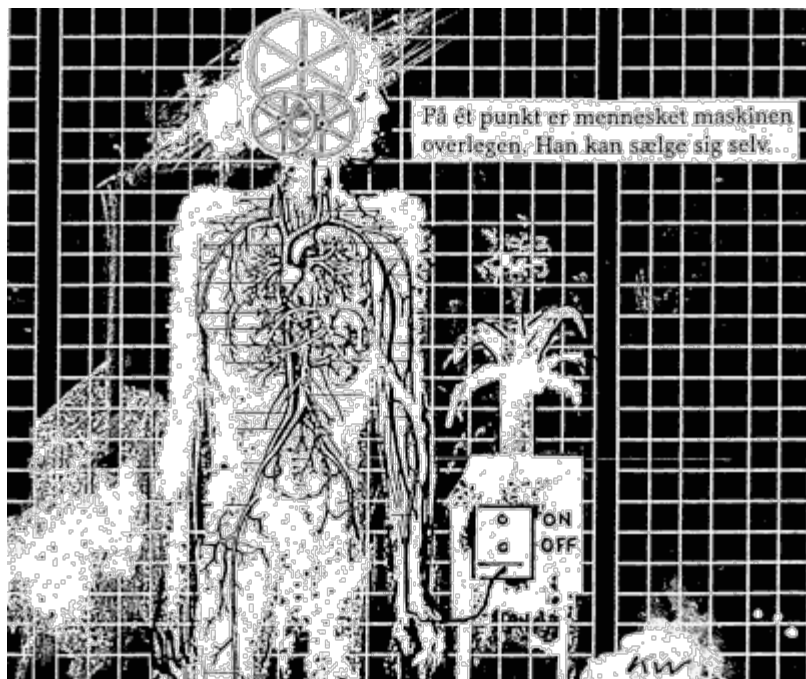
## ***Er mennesket en maskine?***

Vi står os ved at erkende, at teknologien bliver en stadig større del af os – og samtidig tage afstand fra, at det teknisk rationelle perspektiv uden videre, er sandhedens målestok, konkluderer artiklens forfatter.

Af GERT BALLING

Cand. mag. Ph.D.-stip. IT-Højskolen København

Begrebet system kommer af græsk og betyder samlingen af enkeltdele til et sluttet og ordnet hele. Systemer kan derfor både være noget, vi kategoriserer efter, og noget vi bygger helheder op over. Når vi bygger tekniske mekaniske systemer som maskiner, så er de pålidelige, fordi de er bygget over vores tekniske enhedssystem, med grundlæggende enheder som meter, kilopond og sekund. Det vil sige, at man gennem udregninger kan forudsige, hvordan en maskine vil reagere i forskellige situationer, den fungerer nemlig efter bestemte logiske og mekaniske regler, hvilket gør reaktionerne beregnelige inden for et system.



Vi vil også gerne beregne verden som et system for bedre at kunne agere i den. Problemet er bare, at vi for at finde frem til et muligt bagvedliggende naturligt system må forudsætte et andet system, nemlig et menneskeskabt kunstigt system. Dvs. at man, før man måler på verden, har en idé om, hvordan den hænger sammen. Den danske atomfysiker Niels Bohr gav et fint billede på denne systemtvang. Han sagde, at vi skaber måleapparater i forlængelse af vores vante rum-tids-strukturer. Dvs. at der er forskel på verden og det sprog eller de redskaber, vi forsøger at gribe verden med – det fremgår, hvis man kigger på den historiske udlægning af menneskekroppen.

Den franske filosof, matematiker og naturforsker René Descartes fastsatte i 1641 menneskets krop som et stykke mekanik i et mekanisk fungerende univers – et univers hvor Guds placering i kraft af den moderne naturvidenskab blev ændret. Den danske fysiker Jens Martin Knudsen forklarer dette "systemskifte" med, at Gud i overgangsfasen fra det religiøse til det videnskabelige verdensbillede blev forstået som en slags maskinmester, der står ved siden af den universelle maskine og ser til, at alt forløber, som det skal. Han blander sig altså ikke, men understøtter den mekaniske sammenhæng.

Når videnskabsmanden forstod såvel naturen som menneskets krop i et mekanisk perspektiv, var det jo oplagt at afsløre naturens hemmeligheder gennem samme mekanik, f.eks. ved at bygge kunstige mekaniske mennesker. I 1700-tallets oplysningsperiode var målet at skabe en beskrivelse af verden som var klar, gennemskuelig og fornuftsbetonet – og det var derfor ikke overraskende finmekanikere, der udfra ideen om en mekanisk fungerende krop i et mekanisk fungerende univers, prøvede at eftergøre naturens funktionsmåde. En af de største automatbyggere var franskmændene Jacques de Vaucanson, der i 1700-tallet både skabte utroligt veltillignende kunstige dyr, der f.eks. kunne spise, og kunstige mennesker der bl.a. kunne spille på instrumenter.

Hvor disse automater i høj grad fungerede som forklaringsmodeller for et verdensperspektiv og var med til at befæste fremskridtstanken på grundlag af teknikkens udvikling, så blev 1900-tallets robot et udtryk for det modsatte. Robotten blev en skrækkfigur i fiktionen lige efter første verdenskrig, som en reaktion på krigens rædsler, forårsaget af den effektive teknik. Robotten personificerede den teknologiske trussel og åbnede for spørgsmålet: er det teknologien, der styrer os, eller er det os, der styrer teknologien? Fiktionens robot blev snart computerstyret, hvilket syntes at give den en større grad af autonomi. Hvor maskinen kun kunne udføre én proces, så kunne computeren styre alle de processer, man kunne programmere den til. Derfor kalder man den en universel maskine, ligesom den menneskelige hjerne – faktisk er computeren opbygget efter hvordan man i samtiden troede, at den

menneskelige hjerne fungerede.

»Derfor er myten om den tænkende computer også noget sludder«

Denne sammenstilling af menneske og maskine føres videre efter anden verdenskrig i teorien om kontrol og kommunikation, bedre kendt som "cybernetics", eller kybernetik. Her sidestilles computeren med den menneskelige hjerne, idet de begge kan beskrives ud fra deres informationsstruktur. Ikke at de er lige komplekse, men de fungerer indenfor samme system. Måske er det derfor, vi har et billede af, at den forbedrede maskine haler ind på os. Det oplevede vi meget direkte, da IBMs Deep Blue-computer slog verdens bedste skakspiller Gary Kasparov.

Var Deep Blue mennesket overlegent, når nu computeren netop var modelleret over hjernens neurale netværk? Nej, for hjernen og vores forståelse af hjernen, er ikke det samme. Når man efterligner hjernen, sker det på baggrund af vores tekniske horisont. Derfor er Kunstig Intelligens et meget godt billede på, hvad vi kan, men ikke på hvad vi er. Vi bygger kort sagt det, vi teknisk forstår.

»Vi har aldrig kunnet hamle op med maskinen på maskinens præmisser«

Vi vil gradvist blive klogere på hjernens funktion, fordi vi kan se hvornår det kunstige system ikke står mål med virkeligheden. Vi vil derfor til stadighed nærme os en forståelse af hjernen, fordi vi kan justere på det kunstige system, men vi kommer aldrig til at forstå hjernen helt, idet vi kun kan aflæse den med det sprog, vi allerede har til rådighed – det var dét, Bohr mente med, at vores udgangspunkt er det velkendte system. Derfor er myten om den tænkende computer også noget sludder. Deep Blue kan ikke tænke selv. Til gengæld blev den russiske stormester Kasparov kritiseret for at have spillet som en maskine, altså uden den såkaldte menneskelige kreativitet og intuition. Og det er måske her, hunden ligger begravet, nemlig i at teknikken i dagligdagen næsten umærkeligt får os til at handle på en særlig måde – at vi retter os ind efter teknologien snarere end omvendt.

Den ydre sammensmeltning med teknologien kender vi fra skolen, kontoret og hjemmet. Der mærker man i ryg, håndled og hoved, at kroppen ikke er kompatibel med maskinen – at kroppen er i vejen for vores optimale kommunikation mellem hjerne og cyberspace. Men gennem maskinen bliver kroppen sat fri og får større rækkevidde: Derfor kan mange af vores gøremål nu ordnes over nettet; aftaler, møder, banken, supermarkedet, brevskrivning, bog-, hus-, musik-, tøj køb etc.

Den indre sammensmeltning med teknikken fik sit gennembrud med det klonede får Dolly og har siden affødt diskussioner om kloning og gensplejsning af både mennesker og dyr. I lyset af den globale økonomiske og teknologiske udvikling har genteknologiens brug på menneskekroppen typisk affødt to typer af scenarier: På den ene side det skrækscenarie, de fleste af os vel frygter, med hjernedøde tvillingekroppe man har liggende i tilfælde af organsvigt, eller masseproduktion af identiske kopier af mennesker. På den anden side et mere acceptabelt scenarie, der åbner for muligheden af at skifte de kropsdele ud, der ikke fungerer optimalt... eller måske blot at få nogle bedre end dem man nu engang har fået. Selv om de to typer af billeder er meget forskellige, peger de på den samme udviklingslinie i forståelsen af menneskekroppen. For på baggrund af bl.a. kloningens muligheder og organtransplantationsforskningens bedrifter, er det nu muligt at anskue mennesket som en samling af kropsreservedele – en vare, som på markedet er blevet en efterspurgt ressource. Vi er blevet kompatible med teknologien, fordi vi kan beskrives som informationsstrukturer. Det kan man direkte aflæse i sproget, hvor f.eks. gener beskrives som programmører, immun- og nervesystemet forarbejder informationer, arveegenskaber ligger i den genetiske kode, skæbnen der afgøres af livets program etc. Når disse såkaldte koder kan isoleres udenfor mennesket, betyder det, at den genetisk modificerede krop kan patenteres – altså mønsterbeskyttes lige som alle andre varer. Det skete allerede i 1987, da Harvard University tog patent på liv i form af en genmodificeret mus, og genlyder i Det Etske Råds advarsler mod implementeringen af et EUdirektiv om genpatentering.

Men menneskemaskinen, eller cyborg, som den også kaldes, er ikke kun en fremtidsvision. Vi kender vel alle nogen i omgangskredsen, der har fået indopereret mekaniske, elektroniske eller kunstige organiske dele i kroppen som hofter, knæ, blodkarproteser, høreproteser, pacemaker, kranieplader, øreknogler, korsbånd, kunstige hudkulturer osv. Gennem tekniske indgreb i den naturlige krop er vi blevet modstandsdygtige over for naturens luner og har dermed forlænget livet og udskudt døden – men på bekostning af hvad? Var Kasparovs nederlag et udtryk for, at mennesket har underlagt sig teknologien og nu ikke længere kan hamle op med maskinen?

Nej, vi har aldrig kunnet hamle op med maskinen på maskinens præmisser: vi skal motiveres, vi kan distraheres, vi husker dårligt, vi formidler og opfanger stærkt subjektivt osv. Men det åbner for et andet interessant spørgsmål, nemlig, hvorfor et skakspil er det ultimative instrument til måling af menneskelig intuition eller kreativ åndfuldhed. Maskinen ville stå anderledes på bar bund, hvis vi mødte den i poetiske dyster, hvor disciplinerne hed kærlighedssange, dagdrømme eller musik. Men indrømmet, sådan et forslag vil



mange sikkert finde lettere absurd – eller useriøst. Vi forfordeler skakbrættet, og det gør vi nok, fordi den logik, der ligger bag spilllets regler, bedre samstemmer med et teknologisk rationale end med den poetiske tanke. Virkeligheden bliver stadig mere teknologisk, og vi bliver stadig mere effektive. Ved at opretholde dyster som den store skak dyst, kan vi stadig foregive at stå overfor maskinen, selv om den allerede er en uadskillelig del af os.

Så lad os indrømme, at teknologien bliver en stadig større del af os, men samtidig tage afstand fra, at det teknisk rationelle perspektiv uden videre, er sandhedens målestok. Et system er blot et perspektiv på verden, der skaber en sammenhæng mellem forskellige størrelser. En sammenhæng, man ofte forveksler med sandheden. Der findes ikke nogen endegyldig absolut sandhed, kun systemer der hjælper os til at skabe sammenhænge i en kaotisk verden – det gjorde Niels Bohr os opmærksom på for snart 75 år siden.

---

## ***Respekt for kroppen***

Lad os respektere mennesker, der "irrationelt" frygter, at vi med konstruktionen af fremtidens krop overskrider etiske grænser. Det kunne jo tænkes, at de har ret. Vi må blive bedre til at forstå denne frygt og forstå, hvad det er for zoner af urørlighed, videnskaben tilsyneladende truer. De er ikke indskrevet i biologien, men i kroppen som socialt og kulturelt system. De handler om myter, og de handler om respekt.

Af CLAUS EMMECHE

leder af Center for Naturfilosofi og Videnskabsteori ved Niels Bohr Institutet

Det er prisværdigt, at Experimentariet gennem udstillingen "Fremtidens Krop" (14. april 2000 –4. februar 2001) sætter fokus på de fagre nye muligheder som tegner sig, når bioteknologi går sammen med lægevidenskab om at overvinde den naturlige krops mangler.

Forskning og udvikling af bioteknologi muliggør bekæmpelse af sygdomme vi før stod magtesløse overfor, men også nye koncepter som forebyggelse gennem frasortering af det defekte ved hjælp af genetisk screening. Ægteskabet mellem læger og bioteknologer er ved at føre til et gigantisk marked for viden og services, der ikke blot handler om helbredelse, smertelindring og forebyggelse, men også om en perfektionering uden lige af menneskekroppen.

Selve udstillingen fremstår umiddelbart som en videnskabsbaseret introduktion til den fremtid, vi står midt i uden løftede pegefingre. Ved en af standerne kan man få udleveret sit Genetiske Pas med eget foto og plads til at "Genregistret" angiver ens forventede levealder, intelligensniveau og de anlæg man måtte have for allergi, fedme, alkoholisme og andre egenskaber, som hævdes at være delvist genetisk bestemte. Det er vel ment som en provokation – eller er det?

Det kan lige så vel opfattes som et led i en langsom tilvænning til en uafvendelig teknologisk udvikling, hvor et sådant pas og, som det hedder, »de gode råd, der følger med, skal hjælpe dig til at få det bedste ud af dit liv og bl.a. forebygge sygdomme «.



Hensigten er nok den sobre, at oplyse om udviklingen, men er der ikke gået lidt for meget mus, skærm og www i pædagogikken? Bliver man f.eks. klogere på det komplicerede samspil mellem arv og miljø, når man foran en af skærmene får at vide, at forskerne siger, at den genetiske arv har 25 pct. betydning mens miljøet har 75 pct. Et udsagn, der i virkeligheden er lige så meningsfuldt som at sige til en troende, at Faderen, Sønnen og Helligånden hver udgør 33,3 pct. af Gud. Det havde været bedre at forsøge at formidle et kritisk indblik i kompleksiteten af selve spørgsmålet – at en så grov opdeling intet siger om årsag og virkning af de enkelte faktorer i det enkelte individ. Der bliver mere og mere brug for en sådan indsigt, nu hvor hele vores arvemateriale snart er kortlagt, og konsekvenserne af den tekniskmedicinske brug af heraf for alvor begynder at vise sig.

Indrømmet, formidling er svært, og man kan ikke presse et kompliceret videnskabeligt emne som bioteknologi ned på to sætninger i et hjørne af et skærbillede (og der er vitterlig mere skærm end krop i udstillingen). Men selvom det er muligt at opsøge den virtuelle debatbog til udstillingen, hvor man kan læse om de bioetiske problemer, kan jeg ikke undslippe den fornemmelse, at udstillingen bidrager til at udbrede et rent mekanisk billede af mennesket og kroppen:

Kroppen er i bund og grund en maskine, en robot, hvor vi efter behov vil kunne udskifte reservedele. En genstand, som vi kan styre, skille ad og sætte sammen igen, og snart give det helt perfekte design vi nu ønsker.

Et sådant billede af kroppen er usandt. Det er sært, at det stadig er så udbredt (det skal Experimentariet jo ikke lastes for), for på mange måder har den moderne naturvidenskab selv overskredet et rent mekanisk verdensbillede, hvor selv mennesket ses som en maskine, der styres af de rent fysiske love, og hvor vi gennem indsigt i disse love med stor sikkerhed kan forudsige og dermed kontrollere og beherske naturen. Men ved naturerkendelsens fronter er man i dag klar over, at maskinmetaforen har en stærkt begrænset gyldighed. Det gælder i fysikken for kaosteori og kvantemekanik, og det gælder for den biologiske udvikling. En maskine sat sammen og designet af mennesker, selv en robot der ser ud til at "bevæge sig selv", er noget radikalt andet end en levende organisme.

»Ægteskabet mellem læger og bioteknologer er ved at føre til et gigantisk marked for viden og services«

Ganske vist beskyldes den moderne molekylærbiologi ofte for at være reduktionistisk, som når den overilet påstår, at et menneske bare er en klump programmerede molekyler, og at vi med kortlægningen af det humane genom får kodenøglen til det program, der bestemmer, hvem vi er. Påstanden er meget misvisende.

Det billede, man indenfor biologi og medicin er ved at danne sig af de komplicerede samspil mellem kroppen, dens celler, og dens omgivelser, tyder ikke på, at kroppen blot er en automat, som vi kan styre på samme måde som vi styrer en computer eller en bil. Komplexitet er nøgleordet og peger på det endnu uløste problem, der bl.a. handler om at forstå hvordan organismen selv udnytter informationen i DNA.

Men hvis kroppen ikke er en maskine, hvad er den så? Vi har vel trods alt nået en vis indsigt i kroppen, netop ved at studere den

på reduktionistisk manér, og analysere os frem til det, lægerne netop kalder virkemekanismer i organer, væv og celler?

Spørgsmålet er ganske centralt, ikke mindst når vi skal til at diskutere kroppens etik i forbindelse med velsignelser som organ donation og xenotransplantation (af organer fra dyr til mennesker), eller genterapi, eller kunstig befrugtning, eller genetisk diagnostik og andet godt. Hvad er en krop? Er den andet end hvad molekylærbiologer siger, den er? Og hvad er forholdet mellem krop, person og organisme? Og mellem robot og krop?

Robotsnakken lyder søgt, men faktisk er der forskningsprojekter, som sigter på at sammensmelte menneske og maskine, ikke som ren science-fiction, men f.eks. for at give blinde eller døve syntetiske sanser, som består af kunstige sensorer og af mikroelektronik, der forbinder dem med kroppens eget nervesystem.

Lad mig forsøge kort at besvare spørgsmålet. Det er nemlig meget banalt, så indlysende, at videnskabsfolk ofte glemmer det, og tror mere på illusionerne fra science-fiction end på deres egen fornuft og intuition.

Kroppen er selvfølgelig ikke en maskine! Både kroppens organer som hjerte, lunger og lever, og maskinens dele, som hjul, drivremme og motor, har ganske vist funktioner i forhold til en helhed, men i maskinen er funktionaliteten afledt af en menneskelig designer, som er noget rent ydre i forhold til helheden af dele. Anderledes med organismen. Vores krop er først og fremmest en levende og oplevende helhed, uadskillelig fra vores person og hele liv. Vi kan i anden omgang begynde at forstå den videnskabeligt som en biologisk organisme, et system af organer og processer i et indviklet hierarki af balancer og reguleringer, et netværk af signaler og tegn, mættet med biologisk betydning, som forskeren kan finde og genbeskrive, men som virker direkte i organismen selv.

Der er flere niveauer på spil, helt bortset fra den krop, der bare umiddelbart lever og oplever. Tager vi de analytiske briller på, indser vi, at i modsætning til en robot, hvis dele er bygget og samlet udefra (som enhver anden maskine), er organismen en helhed, hvis dele langsomt vokser frem indefra, gennem vækst, celledeling, differentiering og formdannelse, og i denne proces – når vi ikke blot taler om rent vegetativt levende organismer som planter, men om dyr som os selv – i denne vækstproces dannes også et differentieret register af aktive sansninger og handlinger. Vist har dyreorganismen mekaniske aspekter, men den er mere end ren mekanik: Den oplever, bevæger sig selv, sanser, føler smerte, går, søger, løber bort, bliver tørstig, har lyster, føler ubehag, vil noget, finder noget, kæmper, sover, drømmer, ønsker ... hvordan beskrive alt det i rent mekaniske termer?

Er kroppen så det samme som den biologiske organisme? Ikke helt, for vi må igen skelne, denne gang mellem det som alle levende individer er, nemlig en organisme, og det som specielt mennesket er, denne særegne blanding af dyr og kultur. Dyret er allerede en ganske særlig slags organisme – selvbevægende, følende, oplevende, osv. Mennesket er dét dyr, der med krop og sjæl (dvs. som person) indgår i et samfund, og hvis særlige form for liv er meningsløst, hvis det ikke var for forbindelserne med andre medlemmer af dette samfund. Kroppen er altså det sted, hvor organismen som biologi, som dyr, møder personen som kommunikerende og reflekterende samfundsindivid. Derfor iagttager vi særlige, kulturspecifikke kropssprog, og særlige måder at være en oplevende organisme på, som afhænger af, om man har gjort sig selv til sumobryder, salsadanser eller diplomat – tre forskellige sæt af vaner, der sætter hver deres signaturer på en menneskelig organisme og derved gør den til krop.

»Lad os ikke tro vi kan vide alt – der er måske endda ting i vores gener, som vi ikke selv ønsker at vide«

Skal vi forstå hvad ny videnskab og ny teknologi gør ved kroppen, er det altså ikke tilstrækkeligt alene at se på kroppen som en mekanisk ting, eller bilde os ind, at vi er ved at have greb om ethvert virkeligt aspekt af vores krop, når bare vi får kortlagt det sidste gen eller fundet den sidste defekt, som vi så kan skære væk eller omforme med knoglecement og silikone. Lad os endelig bruge det tekniske grej vi opfinder med fornuft så godt vi kan, men lad os også ydmygt klappe hesten og spise respektens brød til.

Lad os ikke tro vi kan vide alt – der er måske endda ting, der står skrevet i vores gener, som vi ikke selv ønsker at vide, og som skal forblive "forbudt viden" – et begreb der er et kors for videnskaben, men næppe for en dybere erkendelse. Og lad os respektere mennesker, der "irrationelt" frygter, at vi med konstruktionen af fremtidens krop overskrider etiske grænser.

Det kunne jo tænkes, at de har ret. Vi må blive bedre til at forstå denne frygt, og forstå hvad det er for zoner af urørlighed, videnskaben tilsyneladende truer. De er ikke indskrevet i biologien, men i kroppen som socialt og kulturelt system. De handler om myter, og de handler om respekt.

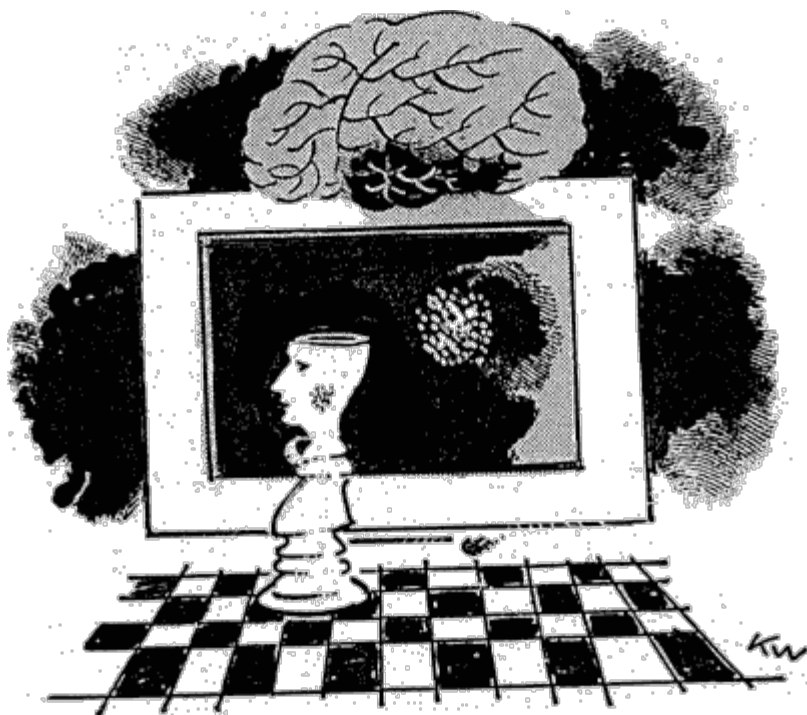
## **Computeren i hjernen**

Den 11. maj 1997 blev verdensmesteren i skak, Gary Kasparov, for første gang besejret af IBM's computer, Deep Blue, i en regulær turnering. Hans umiddelbare reaktion var vrede og frustration, og en kort overgang en påstand om, at det ikke var maskinen, men mennesker bag den, der havde besejret ham. Det blev dog hurtigt klart, at denne påstand var uholdbar, fordi han var jo faktisk verdens bedste menneskelige skakspiller, så hvem skulle IBM dog have benyttet. IBM vandt reelt verdensmesterskabet i skak, men forstår på grund af programmets kompleksitet egentlig ikke hvorfor!

Af BENNY LAUTRUP,  
lektor ved Niels Bohrinstittet

og LARS KAI HANSEN,  
lektor ved DTU

Hvordan kan man i det hele taget skelne mellem en computer og et menneske? Alle har oplevet skuffelsen over at blive mødt med en indtagende kvindestemme i telefonen, for derefter at konstatere, at det må være en maskine, fordi den ikke kan svare på selv de mest elementære spørgsmål.



Dette er essensen af den test, som den britiske matematiker Alan Turing opstillede i 1950. En maskine må betragtes som svarende til en person, hvis det gennem verbal kommunikation på ingen måde er muligt at afgøre, at den ikke er en person.

Vi vil i denne artikel pege på nogle grundlæggende naturvidenskabelige træk, som har betydning for diskussionen af forholdet mellem maskine og menneske. Vi vil argumentere for, at fysikken ikke lægger væsentlige begrænsninger på computerens fremtidige udfoldelsesmuligheder, og at menneskets så højt besungne fri vilje muligvis er en illusion.

Man hører ofte, at den væsentligste forskel på et menneske og en moderne computer er, at computeren er digital, mens mennesket er analogt. En digital maskine kan kun optræde i et endeligt antal tilstande, ligesom et datostempel, der kun kan indstilles på endeligt mange datoer. Biler, cykler og de fleste af de maskiner, vi ellers benytter os af, er derimod analoge, hvilket vil sige, at deres bevægelige dele kan indstilles på uendelig mange måder. Set fra et fysisk synspunkt er mennesket også et analogt system med uendelig mange indre tilstande.

Men vi betjener os på den anden side af sprog med et endeligt antal ord, og vi kan kun nå at ytre et endeligt antal ord i løbet af vores liv.

Sprogligt set er vi derfor digitale. Vi kan ikke sprogligt udtrykke noget, som en digital computer ikke kan bringes til at sige, fordi digitale computere er universelle, hvilket blandt andet vil sige, at de kan frembringe enhver rækkefølge af ord.

På samme måde som visse sider af mennesket er digitale, så har den digitale computer altid en underliggende fysisk analog side. De mønstre af nuller og ettaller, som en computertilstand består af, opnås fysisk oftest i form af elektriske spændinger, der i princippet kan have uendelig mange indstillinger.

Men computeren er konstrueret således, at den inden for et ret snævert område af temperatur, fugtighed og magnetfelt er i stand til at opretholde en skarp adskillelse – for eksempel et par Volt – mellem nuller og ettaller. Hvis denne adskillelse svigter, giver det anledning til fejl, som afslører det underliggende analoge niveau. Det samme kan såmænd også ske for mennesket, hvis alkoholemængden ("fugtigheden") overstiger et par promille, så sproget bliver til snøvlende fuldemandsnak.

»Hjernen er mindst en milliard gange hurtigere end en PC«

En menneskehjerne består af omkring 100 milliarder nerveceller. Hver af disse er forbundet med op mod 10 tusinde andre nerveceller, hvilket giver en million milliarder forbindelser i hjernens neuralge netværk, og en total ledningslængde på over en million kilometer. Gennem disse forbindelser, kaldet synapser, kommunikerer de adskilte nerveceller henover et lille gab. I synapserne er der en kemisk aktivitet, som kan ændres af de signaler, der passerer igennem, og dette danner grundlaget for vores permanente hukommelse.

Den typiske tidscyklus for en nervecelle ligger på lidt over et millisekund, altså en tusindedel sekund. Ingen nervecelle kan derfor udsende mere end tusind signaler per sekund. Hvis man ønsker at simulere hjernen i realtid i en digital computer, så skal hver simuleret synapse "besøges" af programmet mindst tusind gange i sekundet. Det betyder, at programmet skal udføre en milliard milliard "besøg" per sekund.

Til sammenligning kan den hurtigste moderne PC maksimalt udføre en milliard operationer per sekund, så hjernen er mindst en milliard gange hurtigere end en PC. På denne baggrund kan vi ikke konkludere, at en maskine aldrig kan simulere en person. Selv om en PC virker aldeles uintelligent, så er det svært at forudsige, hvordan en milliard samarbejdende PC'er vil virke.

»Hjernens dynamik er kaotisk og ikke til at forudsige ret langt frem«

At generalisere med en faktor en milliard er faktisk ganske utilladeligt. Det ville svare til at forudsige, hvad menneskeheden kan finde på, ud fra kendskabet til seks tilfældige personer! Ydermere er der et samspilsproblem. En milliard millimeterstore rundorme har det samme antal nerveceller som Mozart's hjerne, men kan sikkert ikke skrive en symfoni.

Hvis den nuværende vækst i computerhastighed fortsætter cirka 45 år endnu, vil hjemmecomputeren have en beregningskapacitet, der tillader realtidssimulering af menneskehjernen i software. Hjernen vil imidlertid aldrig kunne simuleres i realtid i en seriel computer af samme type som vores nuværende PC. Dette kan vises ved et simpelt og fundamentalt argument, der benytter både kvantemekanik og relativitetsteori.

Argumentet går på følgende måde. En seriel simulator skal, som vi har argumenteret for, mindst udføre en milliard milliard operationer per sekund. En operation foregår derfor i så kort et tidsrum, at lyset kun når at bevæge sig et stykke på størrelse med et enkelt atom. Det betyder, at computeren må være mindre end et atom for at kunne gennemføre en fuldstændig tilstandsændring. Både højre og venstre side af computeren skal helst være enige om, at operationen er udført, og det tager ifølge Einstein mindst lyspassagetiden. Men atomer er på grund af kvantemekanikkens begrænsninger forholdsvis simple systemer, der ikke kan foretage vilkårlige digitale beregninger. Konklusionen er derfor uundgåeligt, at enhver computer, der kan simulere hjernen i realtid, nødvendigvis må benytte sig af parallel processering, hvor mange computere samarbejder.

Et alvorligt problem med parallelsystemer er synkronisering af de mange processorer. Opgives denne, vil der kunne optræde tilfældige variationer i beregningerne, fordi processorerne kommer lidt ud af takt. Det kan måske til gengæld give anledning til, hvad vi vil kalde fri vilje.

Skakcomputeren Deep Blue havde en sådan fri vilje. Op til 32 hurtige specialprocessorer samarbejdede om at udføre beregningerne, og hver processor blev tildelt sin del af beregningsarbejdet. Den processor, der havde det bedste forslag til næste træk, fik lov til at flytte brikken.

I en skakturering spilles der på tid, så når et træk nødvendigvis skulle udføres, var man nødsaget til at afkræve processorerne et

svar. Disse svar kunne variere en smule afhængigt af processorernes og deres omgivers fysiske tilstand, især temperaturen. Selv om hver af processorerne til slut ville komme til et entydigt resultat, tog det ikke nødvendigvis den samme tid. Så det var ikke givet, at den samme processor ville vinde konkurrencen om at få lov til at flytte brikken, selv om udgangspositionen var den samme.

Når Deep Blue bagefter analyserer partiet under mindre tidspres, vil den formodentlig kunne afgøre, om den valgte rigtigt. Den vil ligesom et menneske hævde, at den kunne have valgt anderledes, og måske også hævde, at det trukne træk var det bedste på det tidspunkt. Vi ved imidlertid, at dens "valg" var betinget af tilfældige variationer i de fysiske omgivelser ganske uden for dens kontrol. Er vores situation i grunden så forskellig?

Nu har menneskets fri vilje faktisk to sider.

For det første kan vi ikke gøre rede for de fysiologiske processer, der fører til en beslutning. Hjernens dynamik er – i lighed med vejret – kaotisk og ikke til at forudsige ret langt frem. Dette giver en oplevelse af uforudsigelighed, både når vi vekselvirker med andre og med os selv, selv om den underliggende kaotiske dynamik strengt taget er deterministisk.

Hertil kommer den indeterminisme, som stammer fra for eksempel varmebevægelser i hjernen og som Deep Blue's tilfælde førte til "valget". Måske allervigtigst, er der en uundgåelig (og principiel) kvantemekanisk indeterminisme i de basale atomare processer.

Uanset at hjernen er deterministisk, har vi dog en klar oplevelse af, at "kunne have gjort noget andet", når vi handler. Men måske er det en illusion.

Vores hjerne har nemlig en ubændig trang til at skabe forklaringer på ethvert forløb. Vi anerkender simpelthen ikke tilfældighedernes spil, men forsøger at finde en underliggende forklaring, hvad der end sker. Gennem evolutionen har det været en kæmpefordel at kunne aflure årsagssammenhænge, at tænke "baglæns" fra virkning til årsag. Men det har også den ulempe, at vi ofte finder forklaringer, hvor der ikke er nogen.

Fra et naturvidenskabeligt synspunkt må oplevelsen af fri vilje altså ses som et samspil mellem tilfældige hændelser og søforklaringer. Der er ikke plads til, at ånd kan påvirke stof gennem viljen. Det ville svare til telekinese, som på trods af mange forfinede eksperimenter aldrig er blevet påvist. Ikke desto mindre må vi dog indrømme, at det er svært for os at fatte, at denne kronik blot er et produkt af til dels deterministiske processer i vore hjerner og omgivelser.

---

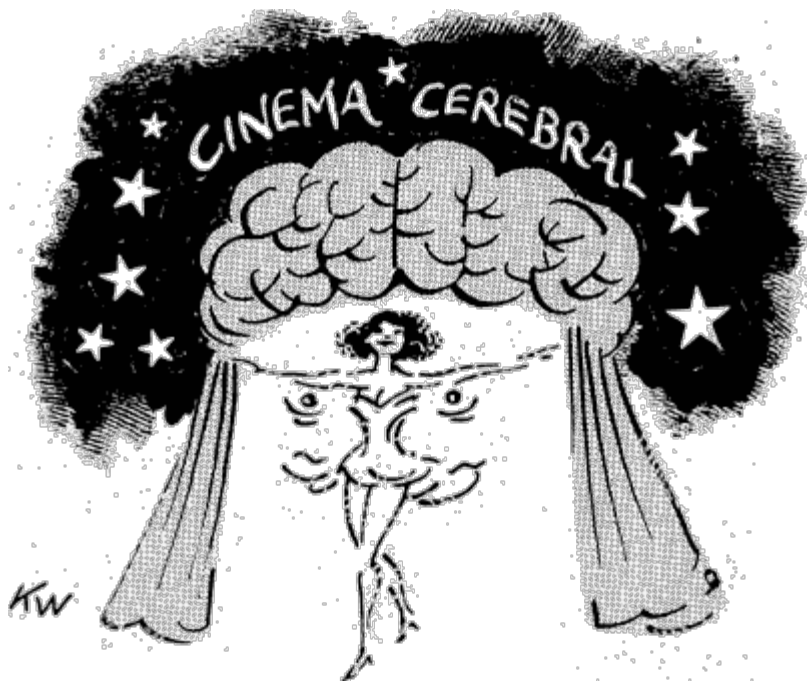
## ***Hjernen i Computeren***

Artiklens to forfattere sætter fokus på hjernen. De fastslår, at hjernen er det mest avancerede informations-behandlende system, vi kender. Vore dages computere har en million gang mindre regnekraft end hjernen. Den menneskelige hjernes databehandling er enormt følsom og dynamisk og kan slet ikke realiseres i computere endnu. Det vil måske kræve, at fremtidens computere er drømmere, der som mennesket kan bruge natten til at simulere og planlægge.

AF LARS KAI HANSEN  
Lektor Ph.D ved DTU og

BENNY LAUTRUP  
Lektor ved Niels Bohr Institutet

I 1989 udnævnte USA's daværende præsident George Bush og den amerikanske kongres halvfemserne til hjernens årti, og den amerikanske beslutning om at satse store midler på hjerneforskning blev hurtigt fulgt op af tilsvarende beslutninger i Europa, hvilket har affødt mange nye resultater. Den amerikanske neuropsykolog Antonio Damasio påstår ligefrem i bladet Scientific American fra december 1999, at vi har lært mere om hjernens funktion i det seneste tiår end i hele den forudgående periode op til 1989.



Damasios egne resultater inden for bevidsthedsforskning er et godt eksempel på det nye billede af hjernen, der er ved at tegne sig. Ved detaljeret analyse af ældre og nye sygehistorier og ikke mindst ved brug af hjernescanning har han påvist, at følelseslivet spiller en afgørende rolle for vores evne til at tage beslutninger. Patienter med skader i frontal- lappen, den store foldede del af hjernen bag pandebenet, får karakteristiske personlighedsforstyrrelser, der bedst kan beskrives som mangel på følelsesliv. Man skulle måske så tro, at de ville blive 'kolde' og beregnende individer, men det mest karakteristiske ved deres adfærdssændringer er faktisk, at de har meget svært ved at træffe beslutninger, og simpelthen bliver forvirrede. Uden følelser ser man måske verden i et for klart lys. Patienterne fornemmer, at de ikke har tilstrækkeligt grundlag for at træffe en 'rigtig' beslutning, og de syge hjerner kaster sig ud i endeløse diskussioner med sig selv.

Hjerneforskningen har tidligere været fokuseret på hjernens funktion på det cellulære niveau, de såkaldte neurale netværk. I halvfemserne har man for eksempel fuldstændig kortlagt visse rundormes og iglers nervesystem. Dele af de langt mere komplicerede nervesystemer i højerestående dyr, som for eksempel primaternes synsapparat, er efterhånden også forstået, men der er langt til at opnå et cellulært matrikelkort over menneskets hjerne. Ved at lytte med på grupper af nerveceller er der opnået viden om deres signalering, informationsbehandling og arbejdsdeling.

Ligeledes er der opbygget omfattende modeller til at simulere nervesystemer i computere. I sådanne modeller, kunstige neurale netværk, efterlignes nervesystemets evne til indlæring, men modellerne er også blevet brugt til i helt andre sammenhænge at løse komplicerede tekniske problemer. Den danske forskning i kunstige neurale netværk har især fundet anvendelse indenfor det biomedicinske område.

Den hastige ingeniørmæssige udvikling af nye målemetoder og analyseteknikker er en afgørende faktor i de mange nye gennembrud i forståelsen af hjernen. Hjernescanning med PET (positron-emissionstomografi) har givet stor indsigt i hjernens funktionelle opdeling, og denne forskningsaktivitet er yderligere accelereret siden 1991-92 da tre, tæt konkurrerende amerikanske grupper opfandt den revolutionerende teknik som kort betegnes fMRI (funktionel- magnetisk-resonans-billeddannelse). Med fMRI kan man bogstaveligt talt se ind i den levende, arbejdende hjerne.

Med hjernescanning undersøger man områder ned til ca en mikroliter – et område der er een millimeter på hver led. I et sådant volumen kan der være helt op til en million nerveceller, og informationsbehandlingen er ganske kompleks. Med fMRI kan sådanne områder studeres med en tidlig nøjagtighed på cirka 1 sekund.

Ved brug af hjernescanning er det blevet opdaget, at blodgennemstrømningen ved forestillingsbilleder med lukkede øjne, er næsten identisk med den, der opstår, når man har åbne øjne. Det betyder, at hjernen så at sige kan fremvise erindrede billeder i sit eget synsapparat, en slags indre biografforestilling. Ved måling på sovende forsøgspersoner har man fundet, at hjernens tilstand under drømmesøvn faktisk ikke adskiller sig fra, hvad man måler, når hjernen er vågen. Under drømmesøvn fortsætter hjernens informationsbehandling rent internt og man kan undre sig over, at hjernen spilder energi på informationsbehandling, som ikke ser ud til at være direkte relevant.

Det interessante ved hjerneceller – frem for andre celletyper i kroppen – er, at de i deres netværk kan repræsentere information om omverdenen, herunder kroppen. De lysfølsomme celler i øjet og de lydfølsomme i øret er måleinstrumenter, som sender deres

målinger videre til behandling i hjernebarken. Disse signaler repræsenterer verden direkte på analog form, i modsætning til digital eller symbolsk form. En mere interessant informationsbehandling finder sted i de højere, abstrakte, niveauer i hjernebarken, som er et tyndt lag af nerveceller i de yderste millimeter af hjernens overflade. I de visuelle områder bag til i hovedet dannes der en række afbildninger af den scene, som hjernen er i gang med at analysere. I et område lægges der for eksempel vægt på dybdeafstand mellem objekter, i et andet lægges der vægt på farveforskelle, i et tredje er det kanter og hjørner. Opdeling af billedet og genkendelse af objekter finder ligeledes sted i hjernebarken.

»Det kan være, at vi i drømmesøvnen simulerer mulige fremtidige scenarier og danner strategier, som skal hjælpe os til at begå os i dem«

Hjernebarken har to funktioner, analyse og syntese. Hjernen analyserer data gennem opsplnitning i komponenter, for eksempel dybde og farveforskelle, og disse komponenter fortolkes ved sammenligning med data fra tidligere oplevelser. Efterhånden som flere og flere neuroner drages ind i databehandlingen bliver repræsentationerne mere og mere "abstrakte". Desuden bliver komponenterne mere og mere "digitale", forstået på den måde at informationen bliver opfattet som bestående af skarpt adskilte kategorier: mand eller kvinde, indenfor eller udenfor, mængde eller individ, og så videre. I computersprog kaldes dette mønstergenkendelse eller klassificering. I sidste ende er en beslutning altid digital, for enten handler man eller også lader man være.

I disse højere områder af hjernen findes der for eksempel netværk, som er specialiseret til afgøre, om et objekt er naturligt eller menneskeskabt, eller til at genkende ansigter. Det forunderlige er, at hjernen ikke bare kan genkende og reagere på ydre påvirkninger, den kan som nævnt også lave "snydedata" og danne sine egne billeder, lyde og fornemmelser. I moderne ingeniørpraksis anvendes ofte simuleringer, som prøver at efterligne nogle egenskaber ved virkeligheden. På samme måde kan vores hjerne simulere data i den indre "biograf". Dette kunne være en mulig forklaring på spørgsmålet om, hvorfor hjernen spilder energi på at drømme. Det kan være, at vi i drømmesøvnen simulerer mulige fremtidige scenarier og danner strategier, som skal hjælpe os til at begå os i dem.

I Damasio's bog om bevidsthed "Descartes Error" skriver han ligefrem, at det er bevidsthedens rolle at skabe fremtiden. I vores indre film forestiller eller drømmer vi os mange mulige fremtidige scenarier, og det er disse simuleringer, som giver os evnen til at kortlægge, forstå og begå os i verden. Damasio taler om at "Selvet" simpelthen er forestillingen om ejerskabet af filmen. "Dette er min film, og min film kan indeholde en scene af dig og den scene, som jeg tror, du spiller i din biograf, herunder hvad min film tror, at din film tror, der foregår i min film... ". Prøv selv at lave tankeeksperimentet: Forestil dig at du spiller kort med dine venner. Hvor mange "lag" af film har du egentlig kørende i den indre biograf, når du tager pokerfjæset på?

Hjernen er et informationsbehandlerende system, og som sådan det mest avancerede vi kender. Vore dages computere har i hvert fald en million gange mindre regnekraft end hjernen. Alletiders film-computer, HAL, fra Kubricks værk 2001, blev i filmen "født" i 1997. I anledning af fødselsdagen udgav den amerikanske fysiker David Stork en bog, hvori han lod en række af USA's førende computereksperter beskrive, hvor langt de er kommet med at realisere en computer med "personlighed".

Der er faktisk flere områder, som computeren allerede har indtaget. HAL kan forstå tale og selv udtrykke sig i følelsesfuld tale. HAL kan se, og som bekendt er det en vigtig pointe i filmen, at HAL selv lærer sig mundaflæsning. Næsten alle bogens eksperter er optimister og gør detaljeret rede for de mange fremskridt i deres respektive områder. Talegenkendelse, billedbehandling og mundaflæsning er faktisk blevet implementeret, ja kan fås til PC'er i dag! Men de vender tilbage til et fælles problem. Computeren kan genkende ordene og se objekterne, men den har svært ved at forstå dem. Ordet "forstå" skal her opfattes som det at danne en forbindelse mellem det genkendte ord og en indre model af verden, altså den sammenhæng ordet optræder i. Man taler om, at computerprogrammerne skal være "kontekst"- afhængige. Der foregår da også en intens udforskning af, hvordan man bedst giver computeren en alsidig kontekst. Om nogle år vil et TV-signal, for eksempel, ikke bare bestå af billede og lyd, men derudover af en bred vifte af baggrundsoplysninger. TV-stationerne har allerede taget hul på denne udvikling ved at etablere omfattende hjemmesider på internettet, hvor man kan finde kontekst.

Hjernen kan ikke bare genkende og relatere indtryk til en model af verden (den indre film). Der er også et afgørende feedback, så den basale måling og databehandling indstilles efter, hvad hjernen for øjeblikket "tror", der foregår: Vi ser det, vi tror vi skal se. Dette kontekstafhængige feedback gør hjernens databehandling enormt følsom og dynamisk, og kan slet ikke realiseres i computere endnu. Måske kræver det, at fremtidens computere er drømmere, der som os blandt andet bruger natten til at simulere og planlægge.



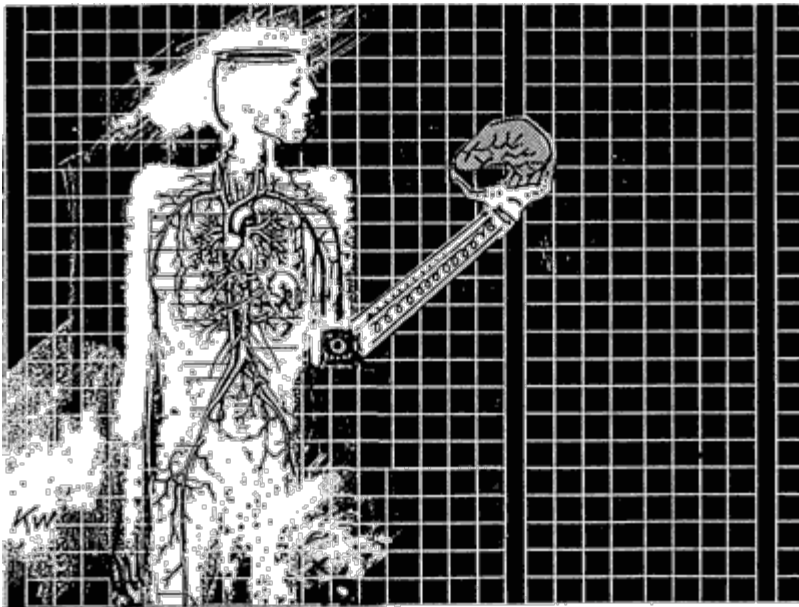
## ***Robotter med kropslig kunstig intelligens***

Forståelsen af intelligens kræver en kropslig forståelse – computerprogrammer alene kan ikke give maskiner intelligens. Det kropslige aspekt opnås ved konstruktionen af robotter. Gennem konstruktion af f.eks. edderkoppe- eller rotterobotter kan vi opnå en biologisk forståelse af dyrs kontrolmekanismer og af fysiske og matematiske koncepter. Den nye forskning i Kropslig Kunstig Intelligens medfører derfor fornyet pædagogisk fokusering på robotter i undervisningen.

Af HENRIK HAUTOP LUND

professor ved Mærsk Mc-Kinney Møller Institutet for Produktionsteknologi

Modsat den traditionelle IQ-test fokuseres der i den nyeste Kunstig Intelligens forskning på kroppens betydning for intelligens. Det hævdes indenfor forskningsområdet Kropslig Kunstig Intelligens, at kroppen og dennes samspil med det omgivende miljø er en nødvendig byggesten for intelligens. Intelligens kan ikke reduceres til f.eks. matematiske evner, manipulation med symboler, osv., men er snarere bestemt gennem evnen til tilpasning og indlæring. Derfor forkastes IQ-testen af forskere indenfor den nye form for Kunstig Intelligens, da en persons intelligens ikke kan reduceres til en generel intelligenskapacitet. En IQtest giver et billede af succes indenfor det begrænsede område, som opstilles i IQtestene, men intet billede af motoriske evner, sanser, overlevelse i komplekse miljøer, bevidsthed, osv. I en IQ-test undervurderes samspillet med det omgivende miljø. Det begrænsede miljø i IQ-testen er problematisk, da Kropslig Kunstig Intelligens forskning viser, at der ved opstilling af begrænsninger af miljøet opnås systemer, som kun kræver formindskede evner for at klare sig. Hermed forkastes også Herrnstein og Murray's kontroversielle bog *The Bell Curve*, hvori forfatterne hævder, at den betydende faktor for et menneskes succes her i livet er den nedarvede, genetisk bestemte intelligens, som målt ved IQ.



Indenfor den nyeste Kunstig Intelligens forskning antages det ofte, at intelligens ligger i at kunne reagere passende i givne situationer og tilegne sig nye evner i andre situationer. Dermed er der også her et fokus på adfærd i det omgivende miljø. Hovedpointen ligger i at kunne generere forskellighed, medens der samtidig rettes ind efter de givne forhold.

I denne form for Kunstig Intelligens studeres intelligens derfor ved at se på hvilke mekanismer, der tillader organismer at tilpasse sig ændringer i omgivelserne. Hermed følger det også, at intelligens karakteriseres som evnen til tilpasning uafhængigt af hvilket niveau det foregår på. Det gælder for matematikeren, der udfører abstrakt tankevirksomhed, for barnet som taler med sine forældre, og for dyret som flygter fra et rovdyr eller søger efter føde.

Forskningen indenfor Kropslig Kunstig Intelligens frembringer en syntetisk metode (f.eks. opbygningen af et system) til at undersøge intelligens, medens man traditionelt har benyttet en analytisk metode. Den analytiske metode består typisk i at udføre eksperimenter på et eksisterende system (f.eks. et menneske, dyr, nervesystem), hvorefter man analyserer resultaterne med forskellige metoder. Målet er ofte at udvikle en model, som kan forudsige resultatet af fremtidig eksperimenter. Derimod tillader

den syntetiske metode skabelsen af kunstige systemer, som reproducerer bestemte aspekter af et naturligt system. Fremfor at forsøge at fokusere på de endelige resultater, fokuserer man på de indre mekanismer. Man forsøger at genskabe de mekanismer, som fører frem til resultatet. Dvs. at man i stedet for at fokusere på resultatet forsøger at forstå, hvorfor dette resultat fremkommer.

Som eksempel kan en adfærdsbiolog studere en rottens bevægelsesmønster i en labyrint og vil måske ønske at kunne forudsige rottens bevægelse. Adfærdsbiologen kan ved en traditionel fremgangsmåde benytte statistisk modellering, men kan også vælge den nye, syntetiske metode, hvor man forsøger at modellere de adfærdsregler, hvorigennem rotten er i samspil med omgivelserne.

I modellering kan man vælge at simulere rotten, labyrinten, og deres samspil i en computersimulation. Men man kan også vælge at konstruere en robot, der besidder de nødvendige karakteristika for rotten, overføre adfærdsreglerne til robotten og derefter placere robotten i den samme labyrint, som de adfærdsbiologiske eksperimenter blev foretaget i.

Fordelen ved at benytte den fysiske robot er, at den eksperimentelle opsætning er fuldstændig ens for de to test-objekter (rotten og robotten) – påvirkningerne er de samme for de to testobjekter, hvilket sjældent vil være tilfældet i computersimulationer. En bestemt lugtkilde, som eventuelt kan have indflydelse på rottens bevægelsesmønster, eksisterer på tilsvarende måde, når robotten testes i præcis den samme labyrint. I computersimulationer eksisterer kun det, som er designet til at eksistere, medens der i den virkelige verden eksisterer mange kræfter, f.eks. støjkilder, som forskeren ikke er opmærksomme på (eller ikke kan modellere). Generelt for både computersimulationerne og roboteksperimenterne benyttes den syntetiske modellering, der kan betegnes som at opnå forståelse gennem konstruktion.

I den traditionelle Kunstig Intelligens forskning har computermodeller været det foretrukne værktøj, men den syntetiske metode tillader også brugen af fysiske systemer (robotter) i den virkelige verden. Den vigtigste egenskab ved robotter er, at de gennem deres krop (dvs. gennem deres sensorer og motorer) kan indgå i et samspil med deres omgivelser, og at de er autonome (dvs. selvstyrende). Robotterne er i modsætning til de traditionelle computersystemer kropslige, hvilket er vigtigt. Skakspillet, som har været et Kunstig Intelligens milepælsprojekt siden 50'erne, kan illustrere denne forskel. Man mente, at hvis en computer kunne opbygges til at slå en stormester i skak, så ville man have opnået menneskelignende intelligens i maskinen. Dette skete så 11. maj 1997, da IBM's skakcomputer Deep Blue slog stormesteren Kasparov. Men IBM's computer besidder ikke menneskelig intelligens af den grund! F.eks. kan computeren ikke genkende brikker eller flytte brikker rundt på skakbrættet. Dens samspil med omverdenen sker gennem en IBM-programmør, som skal fortolke omverdenen og repræsentere denne i en form, der er genkendelig for en computer, for at computeren kan udtænke sit næste træk. Skakcomputeren har ingen kropslighed. Desuden kan skakcomputeren ikke lære af sin erfaring. Den har nogle (mange!) regler, som er indtastet ved konstruktionen af skakprogrammet. I en given situation kan disse regler senere gennemses for at finde den regel, der ifølge de indtastede regler, giver det bedste træk. Men reglerne kan ikke ændres, hvis Kasparov pludselig opfinder en ny strategi. Disse to problemer betyder, at skakcomputeren ikke kan generere forskellighed (f.eks. opdage nye strategier), medens der rettes ind efter de givne forhold. Uden indlæring kan skakcomputeren ikke tilegne sig nye evner, og uden kropslighed kan den ikke i traditionel forstand reagere passende i givne situationer, fordi dette kræver IBM programmørens hjælp.

»Den vigtigste egenskab ved robotter er, at de kan indgå i et samspil med deres omgivelser, og at de er autonome«

Den nye Kunstig Intelligens forskning sætter således fokus på kropslighed og forståelse gennem konstruktion. Denne fokusering er interessant nok også grundlaget for undervisningsfilosofien, der kaldes konstruktionisme. I konstruktionismen fremhæves det, at børn bedst lærer om artefakter (kunstigt frembragte objekter) ved selv at forsøge at konstruere disse artefakter. Som eksempel er matematisk differentiering en matematisk lærdom, som er svær at viderebringe til en elev ved den traditionelle tavle-skolebænk opsætning. I en konstruktionistisk pædagogisk fremgangsmåde ville man bryde denne opsætning og f.eks. give eleven opgaven at konstruere en LEGO robotbil, der skal køre så præcist som muligt hen til et bestemt sted. I konstruktionen af robotbilen vil eleven støde på problemer omkring, hvorledes en gearing opbygges ved kombinationen af forskellige størrelser tandhjul. Eleven vil først afprøve én gearing på bilen, derefter en anden, osv. indtil eleven finder en passende gearing, der tillader hurtig og præcis kørsel hen til det givne punkt. Dette giver eleven praktisk indsigt i differentiering, uden at dette svære matematiske navn overhovedet har været bragt på banen. Hermed får eleven en fundering i en praktisk anvendelse, som kan benyttes, når den teoretiske matematik senere eller sideløbende skal indlæres. Den teoretiske matematik og fysikken bliver derfor i dette tilfælde ikke abstrakt. I konstruktionismen sikrer den praktiske anvendelse med konstruktion, at eleven ikke vil spørge forarget: Men hvad skal jeg bruge det til? Der sker også her en forståelse gennem konstruktion.

Det bør derfor overvejes og undersøges, hvorvidt man lærer mest ved udelukkende at benytte en traditionel analytisk tilgangsvinkel eller ved en kombination af den analytiske og den syntetiske metode. Man kunne f.eks. i faget biologi direkte eksperimentere med kroppens indflydelse på en organismes adfærd ved brug af robotter. Vil en robot med den samme kontrolmekanisme, men med en ændret fysisk struktur resultere i en ny, ændret adfærd i de samme omgivelser? Dette er et studium som både forskere og børn kan foretage ved at ændre udseendet på f.eks. en LEGO robot. Hvis en sensor flyttes blot 2

cm til den ene side, vil robotten få en ny adfærd. Dette ville også være tilfældet med en biologisk organisme, hvis vi flyttede en af dens sensorer. Men vi har færre etiske problemer ved at foretage et sådant indgreb på den kunstige organisme i form af en robot.

---

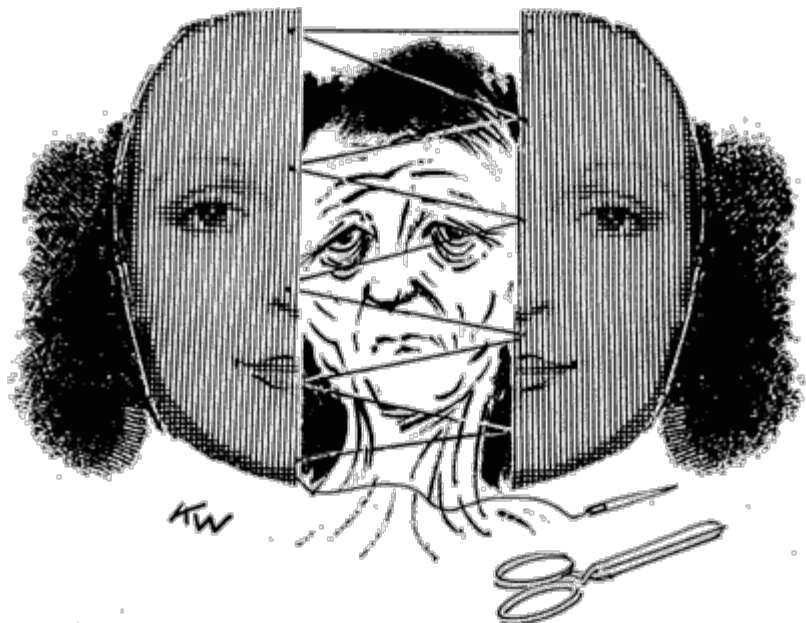
## ***Kosmetisk kirurgi***

Plastikkirurger skal ikke indtage formynderrollen og bestemme, hvad et andet menneske må og ikke må. Men det er en af plastikkirurgens vigtigste pligter at sikre sig, at patienten har realistiske forventninger og dermed vil blive glad for resultatet.

Af BENEDIKTE THUESEN

Speciallæge i plastikkirurgi ved Erichsens klinik, Charlottenlund

Mange opfatter interessen for udseendet som et produkt af vor tid. Dette er ikke korrekt. Man har altid været interesseret i skønhed.



Skønhedsidealene blev tidligere især skabt af kunstnere, forfattere og samfundets magthavere. I dag er det overvejende medier og film som præger vore skønhedsideal. Skønhedsidealet har som anført gennem tiderne varieret meget, f.eks. hvad angår ideal kropsvægt. Endog fedme har i mange tidsperioder og kulturer været et skønhedsideal. I perioder med knaphed på føde har fedme signaleret rigdom og magt.

I dag har dette helt klart ændret sig, idet en slank og veltrimmet kropsbygning signalerer, at man har tid til at pleje og dyrke sin krop, og derfor udstråler sundhed. En mager krop er ligefrem noget der stræbes efter, således vejer skønhedsdronninger nu mere end 10 kg mindre end for 20 år siden.

En lang række skønhedsideal er gået igen i historien. Således har et rundt fast bryst stort set altid været et ideal undtagen i Charleston-perioden i 1920'erne og i Twiggy-æraen i 1960'erne, hvor små bryster var attraktivt. Denne tendens er ved at opstå igen, idet kvinder igen beundrer de mindre bryster, som bl.a. dem der sidder på supermodellen Kate Moss og skuespilleren Gwyneth Paltrow.

Vi lever mere end nogensinde i en verden, hvor der fokuseres på udseendet. Dagligt udsættes vi for tips om skønhed og slankemidler i aviser, TV og ugeblade. Vi bliver så godt som konstant påmindet om udseendets betydning ved at fremhæve skønhedsideal hos skuespillere og fotomodeller. Kvindens store interesse for udseendet mærkes tydeligt i udviklingen af kosmetik- og tøjindustrien. Også kosmetisk kirurgi er blevet langt mere accepteret indenfor blot de sidste ti år.

Kvinder finder sig ikke længere i at se deres bryster slappe og triste, bare fordi de har født børn og ammet. Mænd finder sig ikke i poser under øjnene eller den med tiden ændrede fedtfordeling på kroppen, når det nu er muligt ved hjælp af kirurgi effektivt og sikkert at foretage korrektion.

Der er fortsat en klar overvægt af kvinder som henvender sig med henblik på et kosmetisk indgreb – kun omkring 15 pct. af de personer, der henvender sig, er mænd. Tendensen er dog let stigende. Ganske almindelige mennesker henvender sig: unge, gamle, smukke, grimme, veluddannede, mindre veluddannede, personer med selvtillid, personer uden selvtillid osv.

Operation for tunge øvre øjenlåg eller poser under øjnene er meget hyppig. Mænd og kvinder henvender sig med henblik på operation, idet de synes de ser trætte og uoplagte ud, og fordi deres omgivelser spørger dem om de har været ude at buldre hele natten. I ekstreme tilfælde kan de tunge øvre øjenlåg bevirke at synsfeltet bliver indsnævret. Operation foregår i lokalbedøvelse og efterlader næsten usynlige ar.

Med årene mister bindevævet sin elasticitet, og huden i ansigtet bliver slap og rynket. Mange vælger at acceptere ændringerne, mens andre vælger at få foretaget en ansigtsløftning eller en laserbehandling. Når laserlyset rammer huden, omdannes energien til varme. Når collagenet og elastinet i læderhuden udsættes for en temperatur på mellem 50 og 70 grader, vil huden trække sig sammen, ligesom når man vasker en ulden sweater i for varmt vand, og huden vil herefter fremtræde mere fast og glat.

Brystoperationer er en af de mest almindelige kosmetiske operationer i Danmark, hvilket er forståeligt idet brystet er symbol på kvindens køn og spiller en afgørende rolle i seksuallivet. Man regner med at 2-3 millioner kvinder i verden har fået foretaget en brystforstørrende operation, og tallet er i kraftig stigning. I Danmark foretages omkring 1000 brystforstørrende operationer om året. Langt de fleste foretages ved hjælp af et silikonebrystimplantat.

Det modsatte kan dog også være et problem. Store og tunge bryster kan være både fysisk og psykisk belastende for en ung pige. De gemmer sig i alt for stort tøj og går foroverbøjet for at skjule barmen. Motion er en plage, de føler alles øjne er rettet mod det gyngende forparti.

BH-stropperne kan med årene give dybe furer i skuldrene. Både BH'ens træk og brystets direkte træk kan give anledning til smerter i nakke og ryg samt hovedpine. En brystreducerende operation efterlader et ar rundt omkring brystvorten samt et ar, der strækker sig fra brystvorten og ned til folden under brystet.

»Hvis Michael Jackson er et eksempel på hvad der er muligt indenfor moderne plastikkirurgi, er man som fagmand jo ikke ligefrem stolt«

Ønsket om en harmonisk krop er stor, at bruge str. 36 foroven og str. 42 forneden er ikke attraktivt. Med den enorme udvikling der er sket indenfor teknik er det muligt ved hjælp af en kanyle tilknyttet en sugeanordning (liposuction) at fjerne lokaliserede fedtdepoter. Dette medfører at antallet af fedtceller i det område, hvor man har foretaget en fedtsugning, permanent er reduceret. På denne måde kan man reducere antallet af fedtceller.

Liposuction er bedst egnet til normalvægtige personer, der har lokaliserede fedtdepoter på bestemte steder på kroppen, som ikke forsvinder ved hjælp af diæt eller motion. Liposuction kan ikke erstatte fornuftige spisevaner og er ikke en slankekur. Det hjælper ikke meget at fjerne f.eks. et kilo fedt på maven og 800 g på hofterne, såfremt man vejer 20 kg for meget.

Det er almindeligt, at huden på maven med alderen bliver slap. Dette ses især efter et stort vægttab eller efter graviditet. Såfremt der er rigelig løs hud på maven både over og under navlen, kan denne overskydende hud fjernes kirurgisk.

Disse var blot nogle eksempler på, hvad man kan foretage indenfor kosmetisk kirurgi, men er det rimeligt at få foretaget et kirurgisk indgreb, for at gøre sig pænere på den ene eller den anden måde? Det kan der ikke gives et entydigt svar på. Folk har forskellige holdninger til det, såvel som til andre måder at ændre udseendet på. Og det er faktisk ikke så lidt, vi mennesker igennem århundreder har fundet på for at ændre på vores udseende. Vi går til frisør for at få ny hårfarve eller får en permanent for at få krøller, bruger makeup, går i solarium, får rettet tænder, går til fitness, går på slankekur, får en tatovering på skulderen, får huller i ørerne og en piercing i navlen osv. Hvilke af disse ting er det rimeligt at benytte sig af og hvilke er det uetisk at anvende?

Svaret er helt afhængig af personens smag, indstilling og kultur.

Nogle vil sige at man kun må benytte sig af det, der lægges uden på hud og hår, f.eks. at ændre på frisuren eller at bruge makeup. Men det, som ændrer kroppen under huden, er at gå over stregen. I givet fald er tandregulering, slankekure, fitness, tatovering og kosmetisk kirurgi uetisk, idet man jo her bevidst ændrer på sin krop.

Der findes situationer, hvori det kan være vanskeligt for plastikkirurgen at bedømme om et indgreb skal udføres eller ej. Dette gælder når afvigelsen fra det normale eller æstetiske ideal er meget lille.

Det er i disse situationer meget vigtigt, at man er overbevist om, at patienten har en realistisk forventning til resultatet af indgrebet, og at patienten er informeret grundigt om fordele og ulemper ved det operative indgreb. Såfremt det drejer sig om større afvigelser fra det normale eller det æstetiske ideal, betragtes fordelene ofte som betydeligt større end ulemperne ved operationen.

En anden patientgruppe, som kan udgøre et etisk dilemma for plastikkirurgen, er de patienter, der ønsker en overkorrektio. De ønsker ikke bare noget normalt, men at operationsresultatet overdrives.

Michael Jackson er nok den mest kendte plastikkirurgiske patient. Hans negroide træk med mørk hud, store læber og stor næse blev forvandlet til en hvid persons ansigtstræk med en lille spids deform næse. Hvis det er et eksempel på hvad der er muligt indenfor moderne plastikkirurgi, er man som fagmand jo ikke ligefrem stolt.

Derfor er det vigtigt som plastikkirurg at have lov at sige fra, såfremt patienten beder en om at lave et indgreb, som man ikke synes er pænt eller passer til patientens krop som for eksempel gigantiske bryster på en spinkel kvinde eller en lille feminin næse i et stort maskulint ansigt.

Plastikkirurger skal dog heller ikke indtage formynderrollen og bestemme, hvad et andet menneske må og ikke må. Men det er en af plastikkirurgens vigtigste pligter at sikre sig, at patienten har realistiske forventninger, og dermed vil blive glad for resultatet.

Kirurgen kan fjerne overskud af hud og små fine rynker. Det medfører at mange synes, at de kommer til at se friskere og lidt yngre ud. Men – kirurgen kan ikke gøre mirakler. Man kommer ikke til igen at se ud, som da man var ung. Man kommer heller ikke til at ligne Cher, selv om hun jo også har fået lavet en ansigtsløftning. Man kommer naturligvis ikke til at ligne en anden, end den man i virkeligheden er. De træk personen nu engang har bevarer han eller hun. En kort bred hals vil stadig være kort og bred, er øjnene placeret for tæt ved næsen, vil de også være det efter operationen osv.

Før man foretager et kosmetisk indgreb, bør kirurgen først og fremmest sikre sig, at ønsket om en operation, er vel gennemtænkt og ikke blot en fiks ide, fordi man måske lige har set Baywatch eller lignende.

Kirurgen må sikre sig, at et reelt behov ligger til grund for operationen og at personen har forstået hvorledes operationen udføres. Desuden er det vigtigt, at man som kirurg føler at man kan indfri personens forventninger til operationsresultatet. Og sidst men ikke mindst, at operationen ikke må være forbundet med nogen risiko.

---

## ***Fremtidens medicinsk optimerede krop***

Lægemedlernes anden revolution betegner et skifte fra kemien til biologien, herunder genetikken, som udgangspunkt for lægemiddelforskningen. Lægemedelforskningen har bevæget sig fra at "bade hele kroppen i lægemidler til mere specifikt at kunne ramme det enzym eller den DNA-sekvens, som skaber problemer.

Af CLAUS MØLDRUP

Lektor ved Danmarks Farmaceutiske Højskole, Institut for Samfundsfarmaci

At begive sig ud i en beretning om fremtidens krop kræver overordnet, at man tør! Tør at beskæftige sig med ting som dybest set er antagelser og derfor uvirkelige – endnu!

Videnskabsmænd/kvinder tør ofte ikke, fordi vi er opdraget til at forlange uomtvistelige fakta og kontrollerede betingelser. Husk på, at de videnskabelige lærebøger dikterer, at konsekvenserne af teknologier jo først kan studeres konkret, når de er taget i anvendelse. Indtil da er der, i følge videnskaben, tale om ren spekulation. Problemet er jo bare, at hvis vi ønsker at kende det fulde omfang af konsekvenserne, så kan skaden jo allerede være sket. Man behøver ikke at være atomfysiker med hang til kaosteori for at se farerne ved at tænke på den måde.

Ved begyndelsen af dette årtusinde er det da heldigvis også sådan, at man i højere grad forsøger at udforske fremtiden. Det sker som en erkendelse af fremtidens betydning for nutiden og omvendt. amfundsteoretikeren Ulrich Beck (1997) udtrykker det således:

»I risikosamfundet mister fortiden sin determinationskraft over for nutiden. I stedet bliver fremtiden – dvs. noget ikke-eksisterende, konstrueret og fiktivt – "årsag" til vores aktuelle oplevelser og handlinger. Vi er aktive i dag, for at forhindre, mildne og forebygge problemer eller kriser i morgen og i overmorgen. «

»Ønsket om at tage medicin er måske det vigtigste træk, der adskiller mennesket fra dyret«

"Futurologen" – det hedder det, hvis man forsker i fremtiden – Gaston Berger beskrev i 1964 behovet som: »Jo hurtigere bilen kan køre, desto længere skal forlygterne lyse i forsøget på at undgå at køre galt«.

Med andre ord, vi har en forpligtelse til at skue ind i den medicinske krystalkugle og se, hvordan fremtidens medicinske teknologier vil influere på krop og samfund. Hvis vi negligerer dette, opstår faren for, at vi udvikler teknologier, som vi egentlig ikke ønskede os, og det er nu engang lettere at opfinde end at nedfinde en teknologi!

Hvor lægemidlernes første revolution var kemiens indtog i stedet for plante- og naturstoffer, betegner lægemidlernes anden revolution et skifte fra kemien til biologien, herunder genetikken, som udgangspunkt for lægemiddelforskningen. Lægemiddelforskningen har bevæget sig fra at 'bade' hele kroppen i lægemidlet, til mere specifikt at kunne ramme dét enzym, den neurotransmitter eller den DNAsekvens, som skaber problemer. Det er i dag tanken, at et lægemiddel skal virke specifikt på den tilstand, der er skyld i sygdommen. Derfor ser vi i dag lægemidler, der har langt færre alvorlige bivirkninger end tidligere. Fremtiden er DNA-prøver, kromosomer, og læren om hvordan vores individuelle genetiske dispositioner har indflydelse på, om lægemidlet har den tiltænkte effekt, eller vi er særligt udsat for bivirkninger.



Revolutioner fører ofte til dybtliggende forandringer. Lægemidlernes anden revolution er ingen undtagelse. Moderne og fremtidens lægemidler vekselvirker dybere med den menneskelige organisme end tidligere medicin. Denne fremtid vil tilbyde individuelle lægemidler baseret på den enkeltes biokemi. Lægemidlerne vil i større udstrækning kunne forebygge frem for at symptombehandle. Men der er endnu et aspekt i denne specifikke lægemiddelterapi, som er vigtigt at gøre sig klart. En række af lægemidlerne virker ikke kun på den syge tilstand, men også i nogen udstrækning på den raske, normale tilstand. Moderne lægemiddelterapi tager nemlig udgangspunkt i enten at bruge et for organismen kendt stof eller også at anvende stoffer, som fremmer eller hæmmer optagelsen af organismens egne stoffer.

I den forstand er det de normale kropslige processer, der angribes, og i den forstand virker lægemidlerne også på raske mennesker.

Nogle af lægemidlerne er faktisk udviklet og designet til det raske menneske, og flere vil i de nærmeste år komme i vores hænder. I fremtiden vil vi selvfølgelig se en masse lægemidler, der kun behandler sygdomme, men i denne sammenhæng er de jo ikke så

kontroversielle. For lægemiddelindustrien er fremtidens patient os alle sammen. Det er ikke fordi de er nogle skurke, men borgere er patienter, fordi vi stiller krav om forebyggelse frem for at symptombehandle. I fremtiden må man forvente, at grundlaget for, hvem der kan og bør behandles, vil blive ændret. Det skyldes, at vores diagnoseapparat bliver mere og mere fintfølede. Det, der er normalt i dag, kan med andre ord være sygt i morgen.

Vi har altid brugt forskellige stoffer til at forbedre forskellige normale menneskelige evner, så det er ikke noget nyt fænomen. Vi er blot blevet mere raffinerede med tiden. Altid har vi forsøgt at få mere ud af livet eller at bearbejde vores evigt tilbagevendende følelse af ikke at slå til. Det, der er interessant i begyndelsen af dette årtusinde, er karakteren af den livseliksir, der anvendes. Livseliksir for det moderne menneske er nemlig noget så familiært som lægemidler. Som Sir William Osler, canadisk læge og kemiker, udtalte i begyndelsen af dette århundrede: "Ønsket om at tage medicin er måske det vigtigste træk, der adskiller mennesket fra dyret".

Military Health Services System fra USA's forsvarsministerium i Pentagon udførte i 1997 et såkaldt fokusstudie på bioteknologi og nanoteknologi. Som en af de tre mest betydningsfulde forudsigelser finder man følgende:

Forecast 19: Over de næste 20 år vil genetisk manipulation og vævsmanipulation samt andre områder af bioteknologien føre begrebet sundhed videre end det traditionelle behandlings koncept med afhjælpning af symptomer, helbredelse og forebyggelse og mod et nyt koncept indeholdende forbedring af menneskelige vilkår. Det medfører at forbedring af hukommelse, indlæring og fysisk formåen gradvist vil blive accepteret som normalt. Om nogle århundreder vil udviklingen inden for bioteknologi og elektronik muliggøre så dramatiske forbedringer af menneskets evner, at vores efterkommere vil finde det vanskeligt at forestille sig et liv med vores nuværende begrænsninger.

Baggrund: Forbedringen af mennesket tager vi allerede for givet. Vores middelalder er steget ganske betydeligt. Vi skærper rutinemæssigt vort immunforsvar ved brug af vacciner, der giver vores organisme resistens overfor sygdomme, som vi aldrig har mødt. Prozac og andre psyko-farmakologiske redskaber bruges til at manipulere med det menneskeligt humør samt vores følelsesmæssige liv, og gør dermed nogle patienter "bedre end de normale". Det er ikke svært at forestille sig bred accept af, at kunstige proteser ikke kun anvendes til korrektioner, men også til forbedringer. Med briller, kontaktlinser, høreapparater, hofteproteser, elektroniske pacemakere – og nu kunstigt skind og bruske – har vi vænnet os til korrigerende nye kunstige dele. Biokemisk forbedring er et mindre familiært koncept end kunstige proteser. Men i biomedicinsk forskning er grænsen mellem helbredelse og forbedring ofte flydende. For eksempel vil forbedret behandling af hukommelsestab i forbindelse med traumatiske hjerneskader, blodpropper, Alzheimers sygdom og normal aldring også kunne bruges til langt mere kontroversielle formål, nemlig at optimere hukommelsen for normalt fungerende mennesker.

»I dag skal et lægemiddel virke specifikt på den tilstand, der er skyld i sygdommen«

Vi har alle en forestilling om, at vi ikke bør fylde os med medicin. Men at opretholde denne forestilling bliver sværere, hvis lægemidlerne får færre bivirkninger, hvis effekterne rammer mere præcist, og hvis det kan afhjælpe vores almindelige traumer. Det er med denne medicinske fremtid in mente, at begrebet "medicinsk forstærket normalitet" er blevet til. "Medicinsk forstærket normalitet" er det klinisk raske individs brug af lægemidler til at forstærke/forbedre normale menneskelige egenskaber.

I 90'erne blev vi vidne til brugen af lægemidler som forstærkning af vores normale evner eller mangel på samme. Om det er vores vinderinstinkt, nysgerrighed, perfektionisme eller ganske enkelt magelighed, der har fostret denne trang, står uvist og er i princippet uinteressant.

Faktum er, at det normale raske menneske anvender lægemidler som aldrig før. Udviklingen kan ikke isoleres til brugen af steroider og EPO hos elitesportsudøvere eller Schwarzenegger-wannabees.

Udviklingen berører i høj grad også hr. og fru Danmark. Midler mod hårtab, nervøsitet, depression, og slankemidler, afføringsmidler, potensmidler, hormoner i forsøget på at få ønskebarnet og forebyggende influenzavaccine til hele virksomheder – det er bare nogle af eksemplerne fra 90'erne. I denne forbindelse er det de afledte samfundsmæssige og etiske konsekvenser af anvendelsen af lægemidler som livseliksir, der er interessante. Det er ikke det, at vi bruger lægemidler til at forstærke vores evner, der er vores forbrydelse.

Det er derimod manglen på debat og refleksiv stillingtagen til de dybereliggende konsekvenser af dette forbrug. Vores forbrydelse er altså en kollektiv forglemelse. Hvad er der blevet af den offentlige debat om lægemidlernes betydning for samfundets udvikling, økonomiens begrænsninger, social ulighed og etikens skrøbelighed i forbindelse med at lægemidler introduceres og anvendes på det danske marked? Disse er blevet reduceret til vittigheder om Viagra ved enhver festlig lejlighed.

Den medicinske revolution er i fuld gang. Det er derfor vigtigt, at du som borger aktivt tager del i udviklingen og forholder dig til konsekvenserne af såvel positiv som negativ art, i forsøget på at være med til at sikre en samfundsmæssig og etisk fornuftig medicinsk fremtid.

Et skridt på vejen er, at også du aktivt tager del i debatten på det uafhængige og videnskabeligt funderede internetsite "DrugDebate.com". Prøv at være med, det er rart at få indflydelse.

---

## ***Kyborgerne kommer***

Fantasier og fremtidsforestillinger kan være magtfulde faktorer, der har en effekt på kulturen – og på forskerne. Derfor er det efter vores opfattelse en fejlagtigt puritansk holdning, når forskere afviser at diskutere de fantasier og fremtidsforestillinger, som deres forskning giver anledning til.

Af NINA LYKKE,

dr. phil. Professor ved Tema Genus, Linköpings Universitet, Sverige, og tilknyttet Center for Kvinde- og Kønsstudier, Syddansk Universitet.

og METTE BRYLD,

lektor ved Institut for Litteratur, Kultur og Medier ved Syddansk Universitet, Odense.

I 1960 offentliggjorde to forskere fra Rockland State Hospital, New York, Manfred Clynes and Nathan Kline, en videnskabelig artikel med titlen "Cyborgs and Space" i tidsskriftet *Astronautics*. Clynes og Kline forskede i menneskers og dyrs tilpasning til livsvilkårene i det ydre rum. Forskningen havde tilknytning til det amerikanske rumprojekt. I 1957 var rumalderen blevet indvarslet ved russernes opsendelse af Sputnik. Mens Clynes og Kline skrev deres artikel, var nedtællingen til de første bemandede rumrejser i fuld gang. Det første menneske i rummet, russeren Jurij Gagarin, opsendtes i foråret 1961. Kort efter holdt John F. Kennedy en berømt tale, der indvarslede kapløbet med russerne om at nå til Månen inden udgangen af 1960'erne.



Clynes og Klines artikel er præget af datidens teknologioptimisme. Oplidnet af forestillingerne om en nærtforestående "erobring" af det ydre rum udarbejdede Clynes og Kline et videnskabeligt katalog over, hvordan vi kunne redesigne vores kroppe, så det blev lettere at leve i rummet eller på andre planeter. Et af de to forskeres mest vidtløftige forslag angik vores åndedræt. I stedet for at slæbe rundt på tunge og uhåndterlige ilttanke, sagde Clynes og Kline, skulle vi simpelt hen ændre vores iltkultveilde- stofskifte, så vi



ikke længere behøvede at trække vejret: »En af de løsninger, vi foreslår for en ikke alt for fjern fremtid,« sagde de to forskere, »er relativt simpel: Hold op med at trække vejret!«

Clynes og Klines ideer om at afskaffe åndedrættet blev ikke nogen succes! Men det gjorde den overskrift, de satte på deres visioner om redesign af kroppe, nemlig begrebet "kyborg". En kyborg – forkortelse for *kybernetisk organisme* – bruges i dag som betegnelse for en menneskemaskine eller en dyre-maskine, en sammensmeltning af krop og teknologi. Kyborgen er en teknokrop, en krop, der er teknologisk forandret, så vi ikke kan skelne mellem noget "oprindeligt", "naturligt" på den ene side og noget "teknologisk", "kunstigt" på den anden. Teknologi og krop er blevet til ét.

Clynes og Klines forslag om reorganisering af åndedrætsfunktionerne siger en del om, hvor vidtgående tanker om kropsdesign og teknologisk forandrede kroppe, som de to forskere forbandt med begrebet, kyborg. De mente, at mennesket stod på tærsklen til en æra, hvor vi ville gå over til aktivt og bevidst at forme vores biologiske evolution – en æra, hvor basale, "naturlige" barrierer ville blive overskredet. Rumfarten var jo på vej til at demonstrere, at vi teknisk kunne overvinde tyngdekraften, som siden tidernes morgen havde bundet vores kroppe til Jordens atmosfære; var det derfor urealistisk at tænke sig, at åndedrætsfunktionerne kunne ændres?

Det gentages ofte, at populærvidenskaben skaber falske forestillinger om, hvad videnskab og teknologi kan. Clynes og Kline var imidlertid seriøse forskere. En del af det, de tog med i deres katalog over muligheder for rumteknologisk nydesign af kroppe var spekulation, en form for science fiction; men det var spekulation på baggrund af, hvad de som forskere faktisk mente ville blive muligt i en ikke-fjern fremtid. Kritikerne af populærvidenskabens såkaldt "urealistiske" eller "falske" billeder af fremtiden glemmer ofte, at mange forskere selv finder det interessant og vigtigt at spekulere og fantasere om fremtiden.

Da vi ikke er naturforskere, vil vi ikke vurdere, om fremtidsforestillinger, udviklet af forskere som Clynes og Kline, er mindre vidtløftige end den egentlige populærvidenskab. Men som kulturforskere vil vi slå til lyd for, at de spekulationer, fantasier og fremtidsforestillinger, som teknik og naturvidenskab fremprovokerer – herunder naturforskernes egne fremtidsforestillinger – ikke er ligegyldige udenomsværker, men faktorer, der kan påvirke den retning, udviklingen bevæger sig i.

»En af de løsninger, vi foreslår, er relativt simpel: Hold op med at trække vejret!«

Fantasier og forestillinger kan materialisere sig videnskabeligt og teknologisk. De amerikanske rummuseer gør f.eks. gerne opmærksom på, hvor mange detaljer i Jules Vernes roman *Rejsen til Månen* (1865), som faktisk blev virkelighed, da amerikanerne 104 år senere landede på Månen. Måske materialiserer fantasier og fremtidsforestillinger sig ikke i deres oprindelige form. Den kan være naiv, set i lyset af eftertidens videnskab. Men det ændrer ikke på, at fantasier og fremtidsforestillinger kan være magtfulde faktorer, der har en effekt på kulturen – og på forskerne. Derfor er det efter vores opfattelse en fejlagtigt puritansk holdning, når forskere afviser at diskutere de fantasier og fremtidsforestillinger, som deres forskning giver anledning til. Det er naturligvis vigtigt i et demokratisk samfund, at offentligheden bliver i stand til at skelne mellem det, der nu og her er videnskabeligt og teknisk muligt, og det, der ikke er det. Men det er også vigtigt at undersøge, hvad "vilde" fantasier og forestillinger siger om de udviklingsretninger og værdigrundlag, hvad kulturens forskellige aktører, herunder videnskabens udøvere, anser for ønskværdigt eller ikkeønskværdigt.

På sin vis kan vi sige, at Clynes og Klines indimellem "vilde" forestillinger om fremtidens kyborg-liv og nydesign af kroppe er ved at blive til virkelighed – omend sammenhængen er en anden, end de forestillede sig. De rumkolonier, som Clynes og Klines kyborger skulle befolke, har ladet vente på sig. Til gengæld har udviklingen omkring de ny reproduktionsteknologier og reprogenetikken fået kyborgerne til at myldre frem – ikke ude i rummet, men midt iblandt os.

I 1978 fødtes det første reagensglasbarn, Louise Brown, i England, og på baggrund af Clynes og Klines gamle definition kan reagensglasbørn faktisk betragtes som en slags kyborger. De er blevet til på baggrund af en fusion mellem krop og teknologi i en videnskabeliggjort og teknologificeret undfangelsesproces, der erstatter den seksuelle "naturmetode".

Siden Louise Browns fødsel er udviklingen gået stærkt. Så stærkt, at Folketinget i 1997 fandt det nødvendigt at lave en detaljeret lov om kunstig befrugtning og anvendelsen af ny reproduktionsteknologier i lægelig behandling og forskning. Samtidig med, at Folketinget hidsigt debatterede kyborg-babyer og kunstig befrugtning, kom en anden berømt kyborg til verden. Klon-fåret Dolly mæhede begejstret, mens verdenspressen knipsede med kameraerne og noterede, at endnu en såkaldt "naturlig" grænse var blevet overskredet. At kønnet forplantning kan erstattes af ukønnet, idet materiale fra en voksen organismes kropscelle bruges som byggesten til at skabe en ny organisme, havde man ikke hidtil troet muligt.

Vi har argumenteret for, at det er vigtigt at tage fantasier og fremtidsforestillinger alvorligt og ikke begrænse teknologidebatten til, hvad der nu og her er teknisk og videnskabeligt muligt. Som et led i dette er det også vigtigt at se på de angstfantasier, som kyborgificeringen fremkalder. Den sætter jo nogle radikale spørgsmålstegn ved, hvad der er "naturligt"; det skaber angst, og en af reaktionerne er at prøve at opstille værdigrundlag, der bygger på "det naturlige".

Et eksempel er Folketingets debat omkring Loven om kunstig befrugtning. Her blev "det naturlige" ofte gentaget som argument for forbud og restriktioner. Men samtidig var det svært for politikerne at definere, endsige blive enige om, hvordan de skulle trække grænsen mellem "det naturlige" og "det kunstige". Er det f.eks. mere "naturligt" at nedfryse befrugtede, menneskelige æg i 2 år end i 4 år? Er det mere "naturligt" at give kunstig befrugtning til f.eks. kvinder, hvis menopause er indtrådt unormalt tidligt (30-40-årsalderen) end at behandle kvinder over 45, som stadig er fertile, men hvis mænd har nedsat sædkvalitet? Loven fra 1997 tillader det, der omtales først i de to spørgsmål, mens den i begge tilfælde forbyder det sidstnævnte.

Men de meningsbrydninger, vi så i debatten, viser, at den underliggende værdimålestok var svær at definere endsige skabe enighed om. Her gav det populære argument om "det naturlige" ingen støtte. Folketingsdebatten var fanget i et dilemma, der er typisk for teknologidiskussionen herhjemme. På den ene side vil det store politiske flertal ikke for alvor standse videnskabens frembringelse af stadig nye former for teknokroppe. På den anden side får angsten for, hvor udviklingen vil bringe os hen, mange politikere til at prøve at skabe et bolværk ved at argumentere med, at kun det, der er tæt på "det naturlige", kan tillades. Men da teknologi og videnskab hele tiden flytter grænserne for, hvad vi oplever som "naturligt", så bliver argumentet uholdbart.

Med udgangspunkt i den amerikanske biolog og kulturteoretiker Donna Haraways konstruktive tænkning omkring kyborgerne som en integreret del af moderne kultur vil vi derfor slå til lyd for et ændret argumentationsgrundlag. For at kunne håndtere de politiske konsekvenser må teknologidebatten seriøst diskutere kyborg-kulturen såvel som de fantasier og forestillinger, den blanding af angst og fascination, den afføder. Haraway understreger, at mennesker, dyr og maskiner er så sammensmeltede i kyborg-verdenen, at det er umuligt at skelne det "rent" naturlige fra det "rent" kulturelle, det "rent" kropslige fra det "rent" teknologiske, det "rent" menneskelige fra det "rent" maskinelle. I teknokroppenes verden er biologien på godt og ondt indspundet i teknologien og "det naturlige" sammenvævet med "det kunstige". Her må en ny værdidiskussion tage sit udgangspunkt. Det er en romantisk illusion at argumentere med "det naturlige".

---

## ***Hen mod en europæisk bioetik***

Hvilken slags mennesker ønsker vi at være, spørger denne artikels forfatter og sætter den bioteknologiske udvikling til debat.

Af JACOB DAHL RENDTORFF,  
Ph.D., adjunkt ved Institut for samfundsvidenskab og Erhvervsøkonomi

Den bioteknologiske udvikling har ført til et behov for øget retlig beskyttelse af menneskets krop. Spørgsmålet er, hvilken slags mennesker, vi ønsker at være, og hvordan vi anvender bioteknologien til samfundets bedste. Det drejer sig om at undgå genetiske manipulationer, som præget af en utopisk drøm om at skabe bedre mennesker, fører til større lidelse på grund af utilsigtede konsekvenser af de bioteknologiske indgreb.



I denne forbindelse har jeg som "videnskabelig rapportør" på et EU-finansieret forskningsprojekt om bioetik ved Center for Etik og Ret, Københavns Universitet (1995-98) været med til at udvikle et forslag til fælles etiske principper, som kan hjælpe os til at anvende bioteknologien i menneskehedens tjeneste. Vi har netop udgivet bogen "Basic Ethical Principles in European Bioethics and Biolaw", Vol III (2000) (Red. Jacob Dahl Rendtorff & Peter Kemp), som argumenterer for principperne om respekt for menneskets autonomi, værdighed, integritet og sårbarhed som grundlæggende værdier for en fælles europæisk lovgivning om bioetik.

Principperne kan opfattes som udtryk for en udvidelse af menneskerettighederne til også at gælde beskyttelsen af menneskets krop i medicin og biologi.

Autonomi-princippet defineres som respekt for menneskets ret til frihed og selvbestemmelse over sit liv. Alle mennesker bør anerkendes som moralske væsner, der er ansvarlige for deres egne handlinger. Vi har forskellige opfattelser af det gode liv, og man kan ikke tvinge et menneske til at leve på en bestemt måde. Respekt for alles ret til frihed er grundlæggende i et pluralistisk samfund, der hævder, at enhver må vælge sin religion og livsstil. Kroppen hører til denne private sfære, som individet selv må bestemme over. Her sættes grænser for samfundets ret til at styre individets ønsker og behov.

Retten til selvbestemmelse er blevet en del af de europæiske lovgivninger om bioetik. Det stadfæstes, at ingen behandling må finde sted uden patientens informerede samtykke, som forudsætter, at der er tale om et frit og åbent forhold mellem læge og patient, der bygger på gensidig forståelse og omsorg. Det informerede samtykke er et krav til den gode medicinske behandling, som inddrager patienten som en aktiv part i behandlingsprocessen.

»Vi har en forpligtelse til at værne om den genetiske struktur både hos nuværende og fremtidige generationer.«

Autonomi-idealet har imidlertid i stigende grad mødt kritik. Når man undersøger de kliniske realiteter, opdager man, at den ægte kommunikation er vanskelig på grund af de usagte magtforhold mellem læge og patient. Hertil kommer, at selvbestemmelsen forudsætter mennesker med en vis kontrol over deres situation. Med hensyn til genetiske indgreb i det ufødte liv, de handicappede, børn, døende, sindssyge eller demente er autonomien begrænset. Heller ikke døde kroppe, fostre, embryoer i reagensglas eller fremtidige mennesker kan selv bestemme om de ønsker at blive genetisk forandret. Derfor kan autonomi-princippet ikke stå alene, men må suppleres med nogle andre etiske principper, når det drejer sig om at beskytte det levende i den bioteknologiske udvikling.

Et andet vigtigt princip er derfor respekt for menneskets værdighed og uendelige værdi. Det betyder, at alle mennesker er uden en pris og aldrig må gøres til slaver. Også de syge, svage eller vanvittige, har en egenværdi og er et formål i sig selv. Mennesket har som moralsk væsen en speciel stilling i universet, som hæver det op over dyrene og den biologiske natur. I antikken betegnede værdighed et nobelt karakter træk. Mennesket var værdigt på grund af dets fornuft og indsigt i en kosmisk orden. Kristendommen hævdede, at mennesket har værdighed, fordi det er skabt i Guds billede. I renæssancen opstod forbindelsen mellem værdighed og moralsk frihed. Mennesket kan selv vælge, om det vil synke ned på de lavere biologiske og dyriske niveauer eller stige op til de højere niveauer, som er guddommelige. I dag betyder værdighed først og fremmest, at mennesket har en indre egenværdi, som gør det unikt og uerstatteligt.

Derfor er det en opgave at beskytte menneskets værdighed i den bioteknologiske udvikling. Tab af værdighed kan finde sted i alle former for degraderende behandling, hvor man ødelægger mennesket ved at krænke dets krop – at betragte det som et middel og en ting. Dette kan finde sted ved patentering, kloning og genmanipulation eller køb og salg af menneskekroppen og dens produkter. Mennesket kan miste sin værdighed både i egne og andres øjne, når det ikke længere har kontrol over livet eller har store kropslige lidelser som ved demens, alvorlig sygdom eller bare ved at blive behandlet dårligt af forskerne eller lægerne i sundhedsvæsenet.

Som centralt i de europæiske menneskerettighedskonventioner forudsætter værdighedsbegrebet, at mennesket er en enhed af krop og sjæl. At respektere menneskets krop, dvs. de samlede arveanlæg (genomet) er derfor at anerkende dets uendelige værdi som person. Værdigheden gælder ikke bare det enkelte menneske, men omfatter også hele menneskeheden som art. Vi har en forpligtelse til at værne om den genetiske struktur både hos nuværende og fremtidige generationer. At tage hensyn til menneskets værdighed i medicinsk forskning og behandling betyder, at individets uerstattelighed altid går forud for samfundets nytte og manipulation med menneskets gener.

Princippet om respekt for menneskets integritet danner grundlag for menneskets værdighed. Integritet henviser til menneskets urørlighedszone, der absolut ikke må overskrides. I et bioetisk perspektiv er der en tæt forbindelse mellem psykisk og fysisk integritet som den skrøbelige helhed, der udgør menneskets identitet. Krænkelse af menneskets kropslige integritet på sygehuset eller i forskningslaboratoriet ødelægger dets livssammenhæng og de værdier, som det opfatter som nødvendige for et lykkeligt liv.

Derfor står lægen eller forskeren over for den vanskelige opgave under hårde indgreb i den intime sfære at skulle respektere menneskets kropslige integritet. Integriteten står også på spil ved vold, tortur eller anden ødelæggende behandling, der krænker menneskets personlige sfære. Integritet er en kollektiv dyd, der kræver samfundsborgernes gensidige respekt og vilje til at sikre, at enhver behandles upartisk med "lige omsorg og respekt" i rets- og sundhedssystemet.

I den europæiske konvention om bioetik og menneskerettigheder taler man om menneskets ret til en uændret genetisk arv, dvs. retten til at blive født med arveanlæg, som ikke er blevet genetisk manipuleret. Forskerne må ikke ændre på fremtidige generationer ved at manipulere med kønscellerne, og indgreb i nulevende menneskers kropsceller må kun ske som led i en behandling af sygdomme (fx kræft, aids mv.), som ikke har til formål at ændre radikalt på mennesket personlighed. Hensynet til integriteten gør det nødvendigt at indføre en streng registerlovgivning, som giver individet ret til anonymitet og selvbestemmelse ved anvendelsen af genetisk information. Kroppens privatsfære og integritet er et intimt område, som individet selv må bestemme over.

Respekt for menneskets sårbarhed er også et af biorettens grundprincipper. I sundhedssystemet glemmer man ofte sårbarheden til fordel for en ukritisk hyldelse af sundhed og normalitet. Men i virkeligheden beskriver sårbarhed det mest universelle ved menneskelivets kropslige vilkår: at vi alle er endelige og dødelige. Samtidig vækker erkendelsen af, at noget er sårbart, en moralsk appel om hensyn og omsorg.

Det har været en udbredt tro, at det moderne samfund ved hjælp af sygdomsbekæmpelsen vil kunne eliminere menneskets lidelse. Man hævder, at genteknologien kan medvirke til at skabe et lykkeligt og perfekt samfund. Problemet er, at kampen mod sårbarheden sker på en forkert måde. Lægevidenskabens drøm om "en sund sjæl i en sund krop" betyder, at der skabes større sårbarhed, fx når den afdækker genetiske dispositioner for fremtidige sygdomme. Livet bliver "en dødelig sygdom, der overføres seksuelt"; vi er alle potentielt syge, og bioteknologiens muligheder for delvist at kurere forskellige sygdomme har i realiteten ført til, at flere mennesker lever et længere liv med et dårligere helbred.

Vi har svært ved at fatte, i hvilken grad livets mening hænger tæt sammen med vores endelighed. Derfor bliver bestræbelsen for at opnå et bedre liv til en perverteret kamp imod sårbarhed, hvor man vil gøre sig til herre over tilfældigheden og skabe det perfekte overmenneske. Dermed glemmes sårbarhedens betydning for menneskelivet. Den sårbare modtagelse af verden går forud for menneskets aktive handlen. Min egen sårbarhed er grundlag for erfaringen af det andet menneskes sårbarhed, hvilket motiverer den etiske fordring om at beskytte og hjælpe.

I modsætning til en racehygiejne, der med genetikens hjælp vil udrydde de skrøbelige og svage mennesker, udtrykker de etiske principper en bestræbelse på – uden at stille sig til dommer over kvaliteten af deres gener eller deres ret til at leve – at fundere samfundets retlige organisering på det specielle hensyn til de syge, de svage og de handicappede for at undgå diskrimination af

disse befolkningsgrupper.

Principperne om respekt for autonomi, værdighed, integritet og sårbarhed medvirker således til at menneskeliggøre den bioteknologiske udvikling, eftersom de er baseret på et humanistisk menneskesyn, der bygger på de demokratiske idealer om lighed, frihed og solidaritet.

---

## ***Ville det være dårligt, hvis vi blev bedre?***

- spørger artiklens forfatter, og sætter génforskningen til debat

Af KASPER LIPPERTRASMUSSEN,  
lektor i filosofi ved Københavns Universitet

Vores viden om menneskets gener og hvilken rolle de spiller for vores helbred og egenskaber i al almindelighed øges kraftigt i disse år. Antageligvis vil vi på lidt længere sigt være i stand til at påvirke fremtidige generationers egenskaber i bestemte ønskede retninger gennem direkte manipulation af menneskets gener. Ikke bare kan vi måske på denne måde i en forholdsvis nær fremtid udrydde en række alvorlige arvelige sygdomme. Vi vil måske også blive i stand til f.eks. at forlænge gennemsnitslevialderen og forbedre vores intellektuelle formåen. Det rejser et moralsk spørgsmål: Bør vi anvende vores viden til at frembringe fremtidige, forbedrede generationer af mennesker?



Næsten alle er enige om, at vi bør anvende vores viden til at korrigere sygdomsfremkaldende genetiske fejl. Men bør vi gå skridtet videre og ligefrem forbedre vores gener? Synspunktet, som jeg argumenterer for her, er, at vi bør forbedre fremtidige generationer af mennesker gennem genmanipulation, hvis det øger disses livskvalitet. At genmanipulation kan øge fremtidige generationers livskvalitet, forudsætter selvfølgelig, at de teknikker, som vi i fremtiden vil kunne anvende til genmodifikation, er tilstrækkeligt sikre og effektive. Men modsat af hvad mange mener, så er der intet principielt forkert ved at forbedre menneskets gener.

Det forekommer rimeligt at mene, at det er moralsk ønskværdigt at foretage korrigerende, sygdomsforebyggende gémmanipulation, dvs. genmanipulation der korrigerer fejl i fremtidige personers arveanlæg og dermed forhindrer, at de lider under eventuelt alvorlige arvelige sygdomme og handicaps. Men hvis vi medgiver, at en sådan gémmanipulation er moralsk ønskværdig, bør vi så ikke også medgive, at såkaldt forbedrende, sygdomsforebyggende genmanipulation, der bringer fremtidige personer op

over det normale helbreds niveau, er moralsk ønskværdig? Og bør vi ikke også medgive, at génetisk manipulation, der bringer fremtidige personer op på det normale niveau (eller endda over) i henseender, der ikke kan karakteriseres som helbredsmæssige, men som har betydning for, hvor gode deres liv er, ligeledes er moralsk ønskværdige. For mig at se er svaret på begge spørgsmål "ja". Tag f.eks. forbedrende, sygdomsforebyggende genetiske indgreb. Antag at vi herigennem kan gøre fremtidige generationer immune overfor HIV virus. Dette ville udgøre en forbedrende genmanipulation. For at man ikke er immun overfor HIVvirus, udgør jo ikke en genetisk fejl. Det forekommer urimeligt at hævde, at korrigerende genmanipulation, der sigter mod at udrydde muskelsvind, er moralsk ønskværdig, men samtidig benægte at en forbedrende genmanipulation, der sigter mod at udrydde AIDS, er moralsk ønskværdig.

Jeg sagde ovenfor, at det er meget plausibelt at hævde, at korrigerende, sygdomsforhindrende genmanipulation er moralsk set ønskværdig. Men hvad præcist er det, som gør en sådan form for genmanipulation moralsk ønskværdig? Svaret er enkelt. Det er det samme forhold, som begrunder anden medicinsk behandling af mennesker, f.eks. vaccination af børn. Nemlig at man forhindrer mange mennesker i at lide eller dø en tidlig død. Derved forbedrer man mange menneskers liv. Det er kort sagt et hensyn til menneskers livskvalitet, der taler for korrigerende, sygdomsforhindrende genmanipulation. Men dette hensyn taler også for forbedrende genmanipulation.

Nu er det naturligvis korrekt, at vi aldrig kan vide med sikkerhed, om et givent genetisk indgreb rent faktisk vil fremme fremtidige generationers livskvalitet.

Der er kort sagt risici forbundet med brugen af genteknologi på mennesker. Dette er naturligvis ikke specielt for brugen af genteknologi. Enhver ny teknologi rummer risici. Så når vi spørger os selv, om det er moralsk forsvarligt at indføre en ny teknologi, bør vi veje de forventede positive konsekvenser mod de forventede negative konsekvenser. De risici, der er forbundet med brugen af f.eks. computere, har ikke overtal os til at lade være med at bruge dem. Omkostningerne ved at undlade at bruge dem ville være for store, og de risici, der er forbundet med at bruge dem, for små. Noget tilsvarende vil antageligvis på lidt længere sigt gælde livskvalitetsforbedrende eugenik (arvehygiejne). Så hvor de risici, der knytter sig til brugen af genteknologi på mennesker taler for forsigtighed og for at forbyde visse former for genetisk manipulation, så vil de næppe kunne begrunde et totalt forbud mod samme.

»Motsat af hvad mange mener, så er der intet principielt forkert ved at forbedre menneskets gener«

Der er imidlertid mange hvis vigtigste indvendinger mod brugen af genteknologi på mennesker ikke går på disse risici, men derimod har en mere principiel karakter. Den nok mest almindelige indvending består i at drage en forbindelse mellem eugenik i al almindelighed og den form for eugenik, der foregik i Nazi Tyskland. Denne forbindelse er for nogen nok til, at de vil afvise enhver tanke om at forbedre mennesket.

Den reaktion er imidlertid forhastet. Formålet med den form for eugenik, der foregik i Det Tredje Rige, var primært at frembringe mennesker med rendyrkede ariske træk. De fleste vil i dag sige, at et sådant projekt er moralsk kritisabelt. Men dette synspunkt er imidlertid fuldt ud foreneligt med, at det har moralsk værdi at sikre, at fremtidige generationer af mennesker ikke lider under arvelige, lidelsesfulde og livsforkortende sygdomme. På tilsvarende måde kan man mene, at de medicinske forsøg, der blev foretaget i Auschwitz, moralsk set var horrible uden at man dermed er forpligtet til at mene, at alle medicinske forsøg moralsk set er problematiske.

En anden forholdsvis almindelig indvending er, at genetiske forbedringer involverer, at vi sætter os som dommere over, hvilke egenskaber der er værdifulde. Dette synes ubestrideligt. For det er jo ikke tilfældigt hvilke egenskaber man vil søge at fremme ved genetiske indgreb i menneskets arvemasse. Indvendingen siger videre, at det er moralsk forkert at sætte sig til dommer over, hvilke egenskaber der er værdifulde.

Denne indvending er stærkt problematisk. Indvendingen finder nemlig anvendelse på en hvilken som helst form for medicinsk behandling af en sygdom eller et handicap. En tredje indvending, som mange er umiddelbart tilbøjelige til at fremføre, er, at manipulation med menneskets gener er et unaturligt indgreb, og at det derfor er forkert.

Et afgørende problem ved dette argument er, at det er aldeles uklart, hvornår noget er unaturligt. Et forslag her kunne være, at et indgreb er unaturligt, hvis det involverer anvendelse af videnskabeligt baserede teknikker til at ændre begivenhedernes gang. Dette forslag er måske rimeligt klart. Men det synes problematisk af en anden grund. Det er nemlig svært at se, hvad der er moralsk forkert ved, at noget er unaturligt i denne forstand. Tag f.eks. vaccinationer. Vaccinationer er unaturlige, hvis noget er unaturligt, når det involverer anvendelse af videnskabelige teknikker til at redde mennesker, der ellers ville være omkommet som følge af infektionssygdomme. Men det forekommer urimeligt at sige, at det derfor er moralsk forkert at vaccinere folk.

Udfordringen til dem, som anvender indvendingen omkring unaturlighed, er derfor at redegøre mere præcist for hvad, der ligger i at noget er unaturligt. Min mistanke er, at ingen vil være i stand til at give en sådan redegørelse, der samtidig indfanger en moralsk relevant dimension.

En fjerde indvending går på at genmanipulation er krænkende for vores menneskesyn. Mennesket synes at reduceres til en noget, vi kan manipulere med på samme måde som en maskine. Men mennesket skal respekteres som noget andet og mere end blot en maskine.

Det vigtigste problem ved denne indvending er, at det næppe er genmanipulation som sådan, der er krænkende for vores menneskesyn. Det er derimod snarere det forhold, at vores gener bestemmer så mange af vores egenskaber. Men hertil er blot at sige, at hvis vores menneskesyn er uforeneligt med, at mange af vores egenskaber er genetisk bestemte, så hviler det på forkerte empiriske præmisser. Helt på samme måde som det før- Darwinistiske religiøst baserede menneskesyn gjorde. Hvis man derfor ønsker at have et menneskesyn, der ikke hviler på falske antagelser, så bør man forkaste ens menneskesyn, hvis det er uforeneligt med at mange af vores egenskaber er delvist bestemt af, hvilke gener vi har. At forbyde genmanipulation synes at være samme irrationelle reaktion, som den en evældig hersker udviser, når han beordrer budbringeren af dårlige nyheder henrettet.

Ingen af de argumenter mod livskvalitetsforbedrende eugenik, som jeg har beskrevet ovenfor synes holdbare. Tilbage står at de fleste af os ikke kan sige os fri for en vis følelsesmæssig afstandtagen til eugenik. Da den afstandtagen imidlertid ikke kan bakkes op af argumenter, bør man frigøre sig fra den. En god måde at gøre det på er ved at tænke på begivenhederne i f.eks. det 20. århundrede og spørge sig selv om det virkeligt ville have været dårligt, hvis man gennem genmanipulation havde forbedret mennesket.

---

## ***Kroppens teknikker og de nye teknologier***

Vor første erfaring med den "multimodale multimedie kommunikation" er hverken fjernsyn eller computer, men netop den der formidles af en af kroppens ældste teknikker: talen. Vor talende krop er den første form for multimodal multimedie kommunikation, som vore teknologier blot mere eller mindre klodset søger at efterligne.

Af MICHAEL MAY,  
seniorpsykolog, Ph. D. ved Dansk Maritim Institut

Nye teknologier og videnskabelige opdagelser bliver ofte "overeksponeret" i kulturen, hvor de forstås i sammenhæng med enten håbet om eller frygten for, hvad fremtiden vil bringe. Går vi blot 50 år tilbage i tiden, bringer det dog mest latteren frem, når vi ser gamle science fiction film fremstille den "fagre nye verden".

Det er trivielt, at det er svært at spå om fremtiden. Men min pointe er her også en anden, nemlig at vi ikke bør stole så meget på vores følelsesmæssige reaktioner på de nye teknologier og opdagelser. Går vi 150 år tilbage, ser vi det samme mønster af håb og frygt over for nye teknologier og opdagelser. Opdagelsen af elektriske og magnetiske fænomener i naturen og den begyndende teknologiske udnyttelse af elektromagnetismen fremkaldte netop en sådan blanding af håb og frygt i kulturen. I datidens reklamer kunne man f.eks. finde alt fra badekure, baseret på "animalsk magnetisme" til "elektriske børster", der skulle helbrede alt fra træthed til mavebesvær. Samtidig blev de nye teknologier, der opstod i kølvandet på opdagelsen af elektromagnetismen omgærdet med mystik, ærefrygt og ængstelse.



Man kan sige, at vi desværre har en tendens til at overfortolke nye teknologier. Teknologi og videnskab bliver omdannet til en form for "ideologi", når vi i hverdagen og i populærkulturen skal tilegne os det nye. Nyttige redskaber og begreber bliver pludselig til fortættede billeder af samtiden, og de bliver tildelt fantastiske egenskaber, som intet har at gøre med deres reelle egenskaber: den statiske elektricitet der opstår i børster er nu engang ikke en magisk kilde til helbredelse, og simuleringen af beregnbare modeller via en computer betyder ikke, at computeren "tænker" som vi.

Efter nogen tid bliver teknologien imidlertid en naturlig del af vores hverdag, og vi mister den overdrevne frygt og mistillid såvel som de ubegrundede håb om, at teknologien kan løse alle vore problemer i et enkelt "teknisk fix". Desværre flytter vi imidlertid blot vor frygt og håb, efterhånden som gårsdagens teknologier bliver til trivielle redskaber, som vi alle benytter os af på arbejdet eller i hjemmet. Ny teknologi bliver til en kulturel – og dermed for os en "naturlig" – forlængelse af vores krop, vores tanker og handlinger. Bag teknologierne har der hele tiden været det, vi kunne kalde "kroppens teknikker": måder at gøre noget på, som vi ønsker at gøre, men som kræver en teknisk beherskelse af os selv og eventuelt anvendelsen af et ydre redskab. Al teknologi er fra dette synspunkt "prostetisk", hvilket vil sige en kunstig udvidelse af kroppen og af sindet. Brugsgenstande, redskaber og maskiner kan enten udvide kroppens funktioner (som f.eks. huse, der bl.a. beskytter os mod det ydre miljø lige som huden), eller de kan forbedre effektiviteten af kroppens funktioner (som f.eks. kraner, der løfter bedre end armen gør alene) eller de kan aflaste funktioner, der er belastende eller skadelige for kroppen.

Vi kan vælge at anskue de nye informationsteknologier som "medier" i stedet for som redskaber, fordi de udvider vores muligheder for at få information om verden (som måleinstrumenter) eller for at kommunikere (som telefon, radio, TV og internet). En beslægtet måde at anskue teknologien på er som "grænseflader", der formidler verden til os via repræsentationer og modeller, som vi kan handle igennem. Det er de tekniske grænseflader vi møder dagligt, lige fra computerskærmen til mekaniske maskiner. Et traditionelt komfur har f.eks. en teknisk grænseflade, der skal gøre det muligt for os at forstå, hvilke knapper der styrer hvilke kogeplader.

Massemedier og kunst har i en række år været meget optaget af "det kunstige" i forhold til kroppen og virkeligheden. Der tales om "det kunstige menneske", "den kunstige krop" og "den kunstige virkelighed". I denne betoning af "det kunstige" i forhold til det formodede "naturlige" glemmer vi, at der er en form for iboende kunstighed ved kroppen i og med at den altid er en kulturel krop. Den naturlige krop findes ikke: den eneste rent "naturlige" krop er så at sige den døde krop. Som levende er vi derimod alle og altid kulturvæsner, hvis kroppe nødvendigvis er "kulturelle" – og i den forstand kunstige – snarere end blot "naturlige". Kroppen er bl.a. kroppen, der er påklædt og sminket, kroppen, der udtrykker sig gennem manerer og kulturelle konventioner. Men kroppen er også den "prostetiske" krop, der må støtte sig til redskaber, hvad enten det er en stok, et par briller, en kunstig hjerteklap eller en kunstig høresnegl. Kroppen kan være dannet fra en organisme født uden for livmoderen ved "kunstig befrugtning", eller kroppen kan være det for tidligt fødte barn beskyttet i sin kuvøse. Vi bedrager os selv, hvis vi tror, der er en klar grænse her for, hvad der er "kunstigt" og hvad der er "naturligt". Teknologier er nødvendigvis prostetiske udvidelser af kroppen, og det var de også længe før der var noget der hed "kunstig befrugtning", "kunstig intelligens" eller "virtuel realitet".

En anden konsekvens af dette synspunkt er, at mange af de teknologier, der bliver anset for at være så radikalt nye, at de stiller



mennesket over for hidtil ukendte udfordringer, måske slet ikke er nye betragtet som teknikker, det vil sige som grundlæggende måder at gøre noget på. Den franske antropolog Marcel Mauss indførte i 1935 et generelt begreb om "teknikker", som ikke er det samme som teknologier. Teknikker refererer ikke blot til brugen af redskaber, instrumenter og maskiner, men også til "kroppens teknikker", hvori kroppen tænkes som et redskab i sig selv.

»Den eneste rent "naturlige" krop er så at sige den døde krop«

Teknikker ændrer sig ikke nødvendigvis, fordi vi udvikler nye teknologier. Man kan ikke sige, at en gravemaskine benytter en helt anden teknik end en skovl. Fundamentalt set gør vi det samme med en gravemaskine, som vi kan gøre med en skovl. Vi kan blot gøre det mere effektivt med en maskine, fordi den lægger mere energi i gravearbejdet, end vi kunne gøre med en skovl, og den flytter større mængder af jord på en gang.

Nogle teknikker er udformet som procedurer, vi kan følge for at opnå et bestemt resultat, som f.eks. madopskrifter. Et andet eksempel er de checklister, der anvendes i et fly ved klargøring til afgang. Checklister er et eksempel på, at teknikker kan være "kognitive teknikker", hvilket vil sige teknikker, der hjælper os til at huske noget, beregne noget eller forudse noget. Disse teknikker benytter sig ofte af det vi kunne kalde en yderliggørelse af procedurer, som vi ellers skulle udføre helt uden hjælpemidler. Vil vi udføre et simpelt regnestykke som f.eks. 5 x 7, så kan vi udføre det i tanken uden brug af hjælpemidler, når vi først har lært at regne.

Vi kan imidlertid også skrive det ned på et stykke papir med en blyant. Endelig kan vi benytte en lommeregner, der simulerer de samme regneoperationer og viser os det samme resultat på sit display: "35". De to teknologier i vores eksempel har ikke ændret på den grundlæggende teknik, det vil sige de operationer, hvorved vi når frem til resultatet. Teknologierne har blot ændret på, hvordan de bliver udført. Således forholder det sig også med megen af den moderne informationsteknologi, som umiddelbart kan forekomme så radikal ny. "Multimedier" synes f.eks. at være opstået med computeren.

Men hvis medier drejer sig om muligheden for at kombinere lydlig og billedlig kommunikation og brug af forskellige udtryksformer i disse medier ("multimodale medier"), så må vi ikke glemme, at fjernsynet allerede var en multimedie teknologi.

Vor første erfaring med den "multimodale multimedie kommunikation" er imidlertid hverken fjernsyn eller computer, men netop den, der formidles af en af kroppens ældste teknikker: talen.

Vor talende krop er den første form for multimodal multimedie kommunikation, som vore teknologier blot mere eller mindre klodset søger at efterligne. Talen benytter både lydlig og billedlig (mimik, gestik, kropssprog) kommunikation såvel som forskellige udtryksformer (symbolsk kodet sprog og følelsespræget betoning). Også teknologier der ligger helt på forskningens forkant som f.eks. "udvidet realitet" (augmented reality), hvor man til forskel fra "virtuel realitet" overlejrer den direkte sete virkelighed med repræsentationer, svarer til en teknik, der har fulgt os siden civilisationens fødsel, skriften.

Vi skriver nemlig allerede direkte på den sete virkelighed, f.eks. når vi skilter på butikker, huse og veje for at finde rundt i vore storbyer.

Virkeligheden er allerede fuld af overlejrret betydning. Jeg siger ikke hermed, at der intet nyt er ved de elektronisk manipulerede former for medier og udvidet realitet, men blot at disse teknologier ikke er så radikalt nye, som man vil gøre dem til. De er nye måder at realisere gamle kendte teknikker på. Det er derfor, de er så nyttige for os.

Omend vi nemt imponeres eller skræmmes over, hvad vi formår med moderne teknologi, så var kroppen her først, så at sige, og vi vil bedre kunne forstå vores muligheder for at forbedre de smarte teknikker og teknologier og skabe bedre design af deres grænseflader, hvis vi har et mere nøgternt syn på vores forhold til teknikker og teknologier. Det løser ikke vore etiske valg i forhold til teknologien, men det giver et nøgternt udgangspunkt.

---

## ***Nanoteknologi - faktum eller fiktion?***

Selv om nanoteknologi har haft et lidt science fictionagtig rygte i det sidste årti vil dens industrielle og samfundsmæssige påvirkninger begynde at slå igennem over det næste årti. Og dermed er uskyldighedens alder for nanoteknologi og dens tilhængere sikkert snart forbi.

Af FRANCOIS GREY,  
vicedirektør for MIC, gruppeleder af nanoteknologi-afdelingen ved DTU

Ordet nanoteknologi blander en nanometer – en milliontedel af en millimeter – sammen med teknologi. Nanoteknologi drejer sig derfor om at fremstille små ting... meget små ting.

Ordet "nanoteknologi" er blevet en del af dagligdagssproget på en overraskende hurtig måde. Det bliver tit brugt i den populære TV-serie Xfiles og i Superman-tegneserier, for ikke at tale om en række science-fiction bestsellers. Også blandt forskere er nanoteknologi et meget populært ord. Mange videnskabelige kongresser handler nu kun om nanoteknologi. Og selv politikerne er bidt af nano: i Bill Clintons State of the Union Address i januar 2000 talte præsidenten varmt for de medicinske mirakler vi forventer os af nanoteknologien. Og når USA begynder at bevæge sig markant i én teknologisk retning, har resten af verden en tendens til at følge med – se bare på internettets succes.

Men hvad er nanoteknologi? Hvorfor er ordet blevet så populært? Hvad kan nanoteknologi bruges til? Og hvad vil denne teknologi betyde for mennesket – og verden?

Begrebet nanoteknologi stammer oprindeligt fra fremskridt indenfor finmekanik, hvor en præcision på nogle få tusindedele af en mikrometer kan være afgørende. Men i dag er den mekaniske verden kun en relativ beskedent del af alt det, der beskrives med ordet nanoteknologi.

Konceptet har bredt sig til kemi og biologi, hvor man i de mere vilde fantasier kan læse om nanoroboter som svømmer rundt i menneskers blod og fjerner kalk og kræftceller uafbrudt. Hovedkilden til disse futuristiske scenarier er den amerikanske forsker Eric K. Drexler, som er blevet til en slags "nanoguru". En kerneidé i Drexlers tanker er, at udvikle nanomaskiner af enkelte molekyler, som vil efterligne mekaniske systemer, såsom gear og tandhjul. Drexler kalder sine nanomaskiner for "assemblers", fordi han forestiller sig, at de af sig selv vil kunne bygge alt fra plastikbiler til kunstigt kød, gerne et atom ad gangen.

Drexlers kritikere er mange, og de har også nogle udmærkede videnskabelige argumenter, som viser hvor upraktiske, og tit fysisk umulige, "assemblers" er. Drexlers popularisering af nanoteknologi har sikkert meget mere med science fiction at gøre, end med egentlig videnskab. Men inden for det sidste årti har forskere rent faktisk udviklet teknologier som for første gang nogensinde giver dem mulighed for at bygge strukturer et atom ad gangen.

Gennembruddet kom i 80'erne, ved hjælp af en nye type mikroskop opfundet af forskerne Gerd Binnig og Heinrich Rohrer på IBM's forskningslaboratorium i Zürich. Mikroskopets navn på engelsk er "scanning tunneling microscope" – forkortet normalt til STM. Et STM-mikroskop består af en meget skarp metalspids som man fører meget tæt på en overflade. En elektrisk spænding mellem spidsen og overfladen giver anledning til en meget lille strøm, cirka en milliardtedel af en ampere, der flyder mellem spidsen og overfladen. Ved at måle strømvariationer, mens spidsen kører frem og tilbage over overfladen, kan man måle strømstigninger hver gang spidsen befinder sig lige over et atom på overfladen. Disse strømmålinger kan fremstilles på en computerskærm, så man efterhånden skaber et kort over de steder, hvor der er strømstigninger – et kort over atomerne.

Kun nogle få år efter STM-mikroskopet blev udviklet, opdagede man en pudsigt effekt. En gang imellem kom spidsen til at flytte nogle af de atomer, den bevægede sig over, mens den dannede et billede. Nøjere undersøgelser viste, at det var muligt at flytte atomer på en forholdsvis kontrolleret måde fra ét sted til et andet. Det er ikke nemt, og forskernes evner til at bygge med atomer ligner på nuværende tidspunkt et femårigt barns evner til at bygge med LEGO-klodser. Men ligesom med et barn vil forskernes talent også hurtigt vokse med tiden.

»Forskernes evner til at bygge med atomer ligner et femårigt barns evner til at bygge med LEGO-klodser«

Hvis man allerede nu kan flytte atomer og fremstille nanostrukturer på en kontrolleret måde, er visionerne om nanoroboter måske alligevel ikke så langt ude endda, vel? Pudsigt nok er den stærkeste kritik af sådanne nanomaskiner ikke, at de er for radikale, men tværtimod at de er alt for konservative. Fordi en nanorobot tager udgangspunkt i mekaniske koncepter fra det 19. århundrede, som man så prøver på at implementere på atomar og molekylær skala i det 21. århundrede. Dermed går man glip af en fantastisk inspirationskilde fra det 20. århundrede: molekylærbiologien.

I hver enkelt celle i vores krop er der en yderst avanceret biokemisk nanofabrik, som bygger tusindvis af komplekse molekyler næsten et atom ad gangen med en utrolig høj nøjagtighed, hver eneste dag i vores liv. Et enzym er en avanceret "nanoassembler"

bestående af typisk nogle få tusinde atomer, som kan bygge og omdanne andre molekyler til nye funktioner. Et virus er en slags nanorobot som kan reproducere sig selv gentagne gange i cellerne.

Sammenlignet med et virus er forskerens evner til at bygge nanomaskiner på et meget primitivt niveau i dag. I den forstand kan man sige at forskellen mellem bioteknologi og nanoteknologi i dag ligner forskellen mellem engros- og detailhandel – og nanoværktøjerne til at lave detailhandel i bioverden er først ved at blive udviklet på nuværende tidspunkt.



Et andet område hvor nanoværktøjer kommer til at spille en store rolle er inden for mikroelektronikkens udvikling. PC'ere, mobiltelefoner, biler og vaskemaskiner er efterhånden proppet med mikroelektroniske kredsløb på små terninger af siliciumkrystaller de såkaldte "silicium chips". Byggeklodsen i alle disse elektroniske kredsløb er transistoren, hvis hovedformål er at fungere som en mikrokontakt. I de sidste 30 år er antallet af transistorer per chip fordoblet cirka hver 18. måned. Den regelmæssige fremgang har fået navnet "Moore's lov", efter Gordon Moore, som var med til at danne firmaet Intel, og i dag er Californiens rigeste entreprenør.

Flere transistorer betyder større regnekapacitet, og det er blandt andet denne eksplosive vækst i regnekapacitet, som har ført til Internettets overvældende succes. For at kunne fordoble antallet af transistorer uden at chips – og dermed PC'erne – bliver væsentlig større, er det nødvendigt at formindske transistorerne og ledningsbanerne, der forbinder dem regelmæssigt. Bredden af de mindste ledningsbaner var cirka en mikrometer i 1985 (dvs. tusind nanometer), og nærmer sig 100 nanometer i dag. Hvis alt fortsætter på samme måde som over de sidste 30 år, er man nede på ledningsbaner, som kun er 10 nanometer brede i 2015, og kun 1 nanometer – et par atomer – brede i 2030. Til den tid vil nanoværktøjer såsom et STM-mikroskop sikkert være afgørende.

Mens mikroelektronikken hastigt udvikler sig i retning af nanoverdenen, er andre teknologier end elektronik efterhånden modne til miniaturisering. DNA chips kan gøre det nemmere at analysere om en patients DNA indholder en bestemt genetisk fejl eller ej. Optiske chips er bedre til at processere lyssignaler end elektroniske signaler, og er derfor en nøgleteknologi for fremtidens kommunikationssystemer. Mikromekanik gør det muligt at integrere gyroer og andre mekaniske systemer på en chip. Alle disse nye former for chips vil efterhånden udvikle sig i to retninger. For det første vil de blive billigere og dermed efterhånden kunne bygges ind i selv de mest banale produkter, såsom briller, skjorter og prisetiketter. For det andet vil de blive mindre – og mindre – og mindre. Dermed går alt i retning af nanoteknologi.

Selv om nanoteknologi har haft et lidt science fictionagtig rygte i det sidste årti vil dens industrielle og samfundsmæssige påvirkninger begynde at slå igennem over det næste årti. Og dermed er uskyldighedens alder for nanoteknologi og dens tilhængere sikkert snart forbi.

Vil nanoteknologi være en god eller en dårlig teknologi? Ofte prøver man at lægge ansvaret for fremtidige teknologiers succes eller fiasko på forskernes skuldre. Det skyldes måske det faktum at man ikke taler samme sprog – at man ikke forstår forskerne, hvilket jo uægtelig besværliggør en debat. Derfor vil jeg slutte med en – sikkert lidt kontroversiel – sammenligning mellem problemerne som samfundet oplever med forskerne og deres nye teknologier, med de problemer samfundet har med indvandrere og deres anderledes kultur.

Forskerne benytter ofte et fremmed videnskabeligt sprog, og selv når de gør sig umage, kan deres videnskabelige accent være svær at forstå for en almindelig dansker. Derudover har forskerne rent faktisk en anden kultur, som de har udviklet igennem århundreder, hvor begreber som lov, bevis og sikkerhed tit har nogle helt andre betydninger end for almindelige mennesker.

Endelig kommer forskerne med nogle underlige visioner fra et fremmed land, som tit ligger langt væk – ikke målt i kilometer, men i år. Landet hedder fremtiden.

Det kræver derfor et åbent sind og gensidig respekt, hvis en værdig debat skal opstå mellem forskere og samfundet, om fremtidige nanoteknologier og deres integration i samfundet. Det er nemt at sige, men desværre minder holdninger på begge sider tit om racismen i deres mangel på tolerance for "den anden kultur", hvor forskerens egen racisme ofte kommer til udtryk i arrogante holdninger overfor ikkeeksperterets bekymringer. En bedre dialog er dog absolut nødvendig, fordi nanoteknologi på mange måder repræsenterer den ultimative teknologi. Vi taler om den endelig sejr over den atomare og molekylære verden, som vi alle lever i og består af. Og det er da et vigtigt samfundsmæssigt spørgsmål.

---

## **Menneskehed 2.0**

Vi har i dag adgang til en teknik, som kan anvendes til at ændre os selv, så vi nu står foran den største udfordring nogensinde, nemlig at skitsere det nye menneske. Det er forfatterens opfattelse, at vi i fremtiden vil udfolde os i mange arter, i mange menneskeheder så at sige. Nogle vil ændre sig så radikalt, at de måske ikke engang vil ligne mennesker.

Af ANDERS SANDBERG,  
ekstern lektor ved NADA, Institut for numerisk analyse og datalogi, Stockholm

For 2,4 millioner år siden opstod Homo habilis, det første menneske som anvendte redskaber. Efter en million års udvikling endte vi op med Homo erectus, som selv bestod i 1,5 millioner år.

For omtrent 200.000 år siden opstod Homo sapiens, det moderne menneske. Formodentlig vil denne art forsvinde i løbet af dette århundrede. Men menneskeheden består, eller rettere menneskehederne.



Hvad er det der sker?

Hvis man ser på det i et større perspektiv, så har det meste af menneskets udvikling været temmelig trist – som samlere og jægere overlevede vi gennem udvikling af simple redskaber. Men pludselig sker der noget. For 10.000 år siden dukker landbruget op. Befolkningstallet stiger mærkbart, byer opstår og viden akkumuleres. Filosofi og videnskab begynder at blive udviklet, først

langsomt gennem århundrede og siden hurtigere og hurtigere år efter år. Alt dette sker indenfor få tusinde år – et øjeblik i evolutionens målestok. Og alene inden for de sidste par hundrede år, har vi oplevet en mangedobling af jordens befolkningstal, og vores samlede vidensmængde er øget eksplosivt.

Det, der sker, er at nye opfindelser ser dagens lys – opfindelser som ændrer menneskets måde at leve på. Opfindelser som gør det muligt at gemme, sprede og bearbejde viden i et stadigt højere tempo. Vidensmængden accelererer, for jo mere man ved, desto mere kan man opdage og sætte i værk. Traditionel teknik har hjulpet os til at forandre vores omverden. Takket være denne teknik bor der mennesker fra Arktis til Sahara, i Amazonas jungler og Europas storbyer.

Mennesket er ganske særligt, idet vi kan overleve og trives i flere miljøer end nogen anden art. Det er muligt i kraft af vores redskaber, som vi kan forme vores omverden med, eller som vi udvikler for at gøre det muligt at leve i klimaer der reelt er uegnede for mennesker.

I dag har vi fået adgang til en teknik, som kan anvendes til at ændre os selv og nu står vi foran den største udfordring nogensinde: at skitsere det nye menneske.

Vi bygger i dag et "exoselv", en diffus skal af digital teknik rundt om os for at understøtte vores liv: mobiltelefoner, bankkonti, websider og e-mails. Dette exoselv kan delvist handle på egen hånd (telefonsvarere, automatiske udbetalinger etc.) og vil blive stadig mere integreret i vores tilværelse.

Indenfor de næste 10 år vil vi formodentligt bære en slags computer (wearables), lige som vi i dag bærer rundt på vores mobiltelefoner. Computeren vil hele tiden give os adgang til information. Informationsagenter vil understøtte vores hukommelse og sortere information for os, så vi ikke bliver overvældede af de informationsmængder vi fodres med. Agenterne vil foreslå gode løsninger og fungere som en udvidet hjerne. På den måde øges den effektive intelligens for den enkelte person. Vi har længe kunnet forebygge sygdomme, hvilket gør mennesket til noget unikt i naturen – gennem brug af medicin har vi ændret den naturlige evolution af menneskeheden. Naturen har ingen moral, ingen medfølelse for de svage og syge, som udrenses til fordel for de stærke. Vi mennesker har dog andre værdier end naturen og forsøger at hjælpe dem, der står os nært. Derfor har vi ændret den naturlige selektion ved delvist at bremse for naturens grumhed. I dag er evolutionen i vores egne hænder. Vi kan vælge vore børn gennem fosterdiagnostik, og genteknik gør det muligt ikke bare at modificere celler i vores egen krop, men også gennem at forandre kommende generationers arveanlæg.

Længere ude i fremtiden skimter vi muligheden for at erstatte naturlige organer med kunstige organer dyrket på vore egne celler, men med nye egenskaber. Forsøg med f.eks. gærceller, bananfluer og mus har vist, at livslængden kan forlænges gennem genetiske modifikationer, og der er ingen grund til at antage at det ikke også skulle være muligt med mennesker. Yderligere vil mikroskopiske maskiner kunne reparere vore kroppe og forbedre dem, og selv den direkte kobling mellem hjerne og computer syntes at være mulig.

Det er den overvældende mængde af muligheder, som alle fundamentalt kan ændre mennesket: Intelligensforstærkning, kunstig intelligens, nanoteknologi, genteknik, bionik, livsforlængelse – bare én af disse muligheder bliver til virkelighed, så vil spillereglerne for alt menneskeligt liv ændres. Og udviklingen sker over så bred en front at det virker usandsynligt, at det ikke skulle ske.

Humanismen opstod under renæssancen, idet tænkere begyndte at bekræfte mennesket og dets potentiale. Mennesket kunne udvikle sig til hvad som helst, som Giovanni Pico della Mirandola entusiastisk beskriver.

Man kan sige, at transhumanismen er en fortsættelse af oplysningstidens humanisme. Den omfatter humanismens vurderinger af menneskelivets værdi, fornuft, frihed, udvikling og demokrati. Der, hvor den adskiller sig fra vore dages humanisme, er tanken om, at vi radikalt kan forbedre den menneskelige tilstand på en fornuftig måde – gennem teknikken, men også gennem "bløde" metoder som f.eks. psykologi.

Transhumanismen forsøger at bygge bro over kløften mellem de to kulturer, naturvidenskab og humaniora: begge behøves for, at vi skal kunne håndtere de nye muligheder.

Transhumanismen sætter spørgsmålstejn ved menneskets tilstand på baggrund af nye videnskabelige forsøg. Man skitserer fremtidige muligheder, men diskuterer også praktisk, hvad man kan gøre her og nu for at kunne fungere bedre. Transhumanismen er praktisk optimistisk – fremtiden bliver ikke god, vi gør den god. Det duer ikke at vente på en god fremtid, man må selv tage ansvar for at forme sin egen fremtid. Hverken individer eller menneskeheden er afsluttede ting, de er et fortløbende projekt: vi skaber os selv.

Centralt for meget af dagens etiske diskussion er den menneskelige værdighed: at det er særligt for mennesker, at vi har et unikt selvværd. Mange traditionelle humanister føler at den menneskelige værdighed trues af de nye muligheder – for hvis menneskets arvmasse er lige så simpel at ændre som en bananflue, og hvis vores personlighed kan ændres med prozac, hvor er så det der skiller os fra dyr og døde ting? Men de overser at den menneskelige værdighed ikke behøver at blive baseret på at mennesket er bedre end andet, det kan i stedet baseres på vores unikke frihed til at vælge, hvad vi vil blive. Vi får ikke vores værdighed fordi vi

accepterer vores begrænsninger, men fordi vi udvikler os. Det som hindrer os fra at udvikle os er den virkelige trussel mod den menneskelige værdighed.

Mange mennesker frygter fremtiden, fordi den er ukendt og usikker. Mange har måske lyst til at stoppe og kontrollere udviklingen. Man siger helst nej tak til de nye muligheder for at undgå nye trusler eller nye moralske problemstillinger. Men man kan ikke undgå forandringer, man kan højst få det bedste ud af dem.

I transhumanismens perspektiv er det først nu mennesket har mulighed for at blive virkelig frit. Vi kan befri os fra de begrænsninger, evolutionen har sat for os og blive til det, vi ønsker. Det er ikke let, og der vil altid være risici forbundet med det. Men vi kan bruge vores fornuft til at finde gode løsninger, både individuelt og fælles.

Det er bedre at være tolerant og give folk frihed til at afprøve forskellige metoder end at forsøge at tvinge alle til at gøre det samme – dels fordi vi er individer med forskellige mål, og dels fordi det let kunne få katastrofale følger at påtvinge alle en dårlig løsning. Vi har brug for mangfoldighed: på samme måde som økosystemer med mange arter har bedre overlevelsesmuligheder, så fungerer et samfund bedre hvis der er mange forskellige synspunkter som kommer til udtryk, så længe de respekterer hinandens forskellighed.

Jeg tror på at arten Homo sapiens overlever dette århundrede. Der vil altid findes forsigtige eller konservative mennesker som af forskellige grunde afstår fra at nyde frugten fra kundskabens træ. De kommer til at leve omtrent, som mennesket lever nu. Men hvad med resten af menneskeheden? Jeg tror, vi vil udfolde os i mange arter, mange menneskeheder. Nogle vil nøjes med noget fra småtingsafdelingen: et langt liv, frihed fra sygdom og en høj intelligens; de vil ikke være meget forskellige fra det billede, vi har af de græske guder. Andre vil ændre sig mere radikalt og vil måske ikke engang ligne mennesker. Nogle vil f.eks. kopiere deres bevidsthed til computere og vil udvikle sig til et digitalt menneske. De vil måske komme til at ligne maskiner, vækster, tåge eller udvikle sig i retninger, vi i dag ikke kan gøre os forestillinger om.

Er de mennesker? Måske ikke i biologisk forstand. Men hvis man anskuer mennesket som værende et væsen, der værdsætter egen og andres eksistens, så er de mennesker. Mennesker i tusinde former og med millioner af kulturer.

»Mennesket kan, hvis det ønsker, transcendere sig selv – ikke bare sporadisk [...], men som menneskehed. Vi mangler et navn for denne nye tro. Måske vil transhumanisme være brugbart: mennesket forbliver menneske, men overskrider sig selv ved at indse de nye muligheder i og for den menneskelige natur.« (Julian Huxley)

»For omtrent 200.000 år siden opstod Homo sapiens, det moderne menneske. Formodentlig vil denne art forsvinde i løbet af dette århundrede«

---

## ***Fremtidens krop version 2.0***

Krop skal der til, skrev H. C. Andersen. Men – man ved, hvad man har, og ikke, hvad man får – og det er om denne kombination af kroppens nødvendighed og uvisheden om dens fremtid, man kan læse i denne række artikler, som tidligere har været offentliggjort som kronikrække i Jyllands-Posten.



Af ERLING TIEDEMANN,  
formand for Det Ethiske Råd

Vi bruger tit det udtryk, at et mennesket har kropsbevidsthed. Alligevel kniber det tit for mange af os med at have en klar bevidsthed om kroppen og om dens egenart. I den dualisme mellem sjæl og krop, der er så karakteristisk for vores kultur, bliver

kroppen let til en ting – til et noget, som personen har.

Men kroppen er ikke min, kroppen er mig – derfor er jeg heller ikke en ting, men et menneske.

Man kan ikke slå på Jensens krop uden at slå på Jensen selv. Alligevel føler vi mennesker nok, at vi er vores krop på en anden måde, end dyrene er deres krop på. Vi er vores krop, og dog fornemmer vi, at vi er mere end den krop, som vi dog er.

Mange er de tanker, som religioner og filosofier gennem årtusinderne har gjort sig om dét, og ingen af dem synes at have forklaret tingene så godt og udtømmende, at spørgsmål om, hvad et menneske er, og hvad livet egentlig går ud på, alligevel ikke bliver ved at rejse sig for enhver af os.

Men én ting forekommer dog – om jeg så må sige: veldokumenteret, nemlig at mennesket er sin krop. Temaet i denne avis er således fremtidens menneske – og fremtidens menneskesyn.

Men hvad er det så, vi ser, når vi kikker i fremtidens krystalkugle? Hvordan vil fremtidens krop mon komme til at adskille sig fra nutidens?

Vil fremtidens krop for eksempel være sundere? Meget kunne tyde på, at genteknologien vil give mulighed for at diagnosticere sygdomme, men også for at konstatere sygdomsdispositioner langt tidligere end nu. Vil vi dermed også kunne forebygge bedre? eller vil vi bare vide mere tidligere?

Vil fremtidens krop lettere kunne kureres, hvis den skulle blive syg? Vi hører løfter om langt mere effektiv og individuelt tilpasset medicin, som virker helt på génniveau. Og længere fremme venter måske muligheden for at kurere nu uhelbredelige sygdomme ved hjælp af genterapi på kroppens celler.

Vil fremtidens krop blive ved at være sig selv? kunne man såmænd også spørge – forstået sådan, at kroppen ikke blot ændres gennem de forandringer, som alderen medfører, men også fordi den gennem en stadig øget anvendelse af organtransplantation måske løbende vil få en ændret – som det hedder i computersproget: konfiguration – en ændret kropskonfiguration? Og for nu at blive i computerjargonen: Vil vi kunne bruge plug-in and update i forbindelse med xenotransplantation med dyrtil- menneske organer? Kan vi måske på den måde afhjælpe manglen på organer til transplantation – eller vil vi endda ligefrem kunne kloner celler fra vores egen krop og dyrke dem til reserveorganer?

Og endelig: vil fremtidens krop blive mindre afhængig af reparation og mere præget af forbedring – af opgradering til version 2.0? Vil den kunne gøres langt smukkere, klogere, mere atletisk og på alle måder bedre end nutidens – nogle af artiklerne i denne avis kommer også ind på den mulighed. Og måske ligger den nærmere, end vi egentlig gik og troede?

Ad medicinsk vej har vi allerede i dag mulighed for at forøge vores koncentrationsevne og vores lykkefølelse; vil fremtiden tillige byde på muligheder for at indføre denne type korrektioner på befrugtede æg, så de kommende børn vil blive født med dem gennemført?

Måske vil nogen læsere indvende, at jeg vist nu er på vej ud på science-fictionoverdrevet – og deri har de såmænd i mere end én forstand så ganske ret. Men vover de alligevel en tur med ud på overdrevet, så vil de møde forskere, som derude allerede er godt i gang – sådan som det kom frem ved en konference, som Etisk Råd holdt herom i 1999. Her berettede Lee Silver, professor i molekylær biologi ved Princeton University, at muligheden for at ændre ved egenskaber som højde og disposition for lykke ved génmanipulation af kommende børn ligger indenfor mulighedernes rækkevidde indenfor overskuelig fremtid, og han fortalte, at der forskes i det.

Vi har jo allerede set, hvordan de menneskelige æg, som i udlandet udbydes til salg på internet, er forsynet med specifikationer, så man kan krydse netop de egenskaber af, man lægger særlig vægt på. Der er naturligvis en betydelig mængde gas i det – i og med, at kun halvdelen af vores arvmasse kommer fra ægget. Alligevel må man jo nok sige, at udviklingen har givet fornyet aktualitet til en linie i det gamle børnerim om fru Hansens kælder, hvor man køber frikadeller: Når man køber æg, må man ikke lave skæg ...!

Jeg tror, at man i stigende grad kan fornemme, at det begynder at rykke i etikgénet ... – (hvis der findes sådan ét!) Hovsa! spørger man, hvor er det egentlig, vi er på vej hen? Er vi ikke lige pludselig på vej væk fra, at kroppen er mig og ingen anden, og på vej mod noget helt tredje? Begynder ikke en hel skov af advarselsblink at melde sig?

Lad mig af pladshensyn kun rejse et enkelt spørgsmål: Er det ikke ret sandsynligt, at vi, hvis vi virkelig fik frit valg på alle hylder til at vælge egenskaber til vores børn, alle ville gå efter de samme egenskaber, nemlig dem, der svarer til succeskriterierne i den verden, vi lever i? Ligger det ikke lige for, at dét, man kunne kalde MENSA-udgaven, det vil sige æggehoved-udgaven af Barbie og Ken ville blive den foretrukne?

Men derved ville vi jo afgørende indsnævre vores biologiske diversitet, som man siger, vores forskellighed – og dermed vores

samlede tilpasningsevne til ændrede forhold – og dét i dramatisk grad. Og i en verden, som skifter så hurtigt, som nutidens – og sikkert i endnu højere grad fremtidens – ville det så ikke gøre os utroligt sårbare – som menneskehed?

Det er derfor, vi skal have Etik til Tiden – et slogan, som Etisk Råd har tilladt sig at låne fra DSB. Som mennesker har vi en pligt til – i tide – at problematisere glansbillederne for at undgå, at de forfører os.

Det er flot og vi klapper, når cykelrytteren ruller over målstregen som den første og modtages med bifald, bånd og blomster, men har der været doping med i spillet, handler det jo ikke bare om sportsligt snyd; det handler også om en kropslig præstation, der er erhvervet på en afbetaling, hvis afdrag skal erlægges af fremtidens krop.

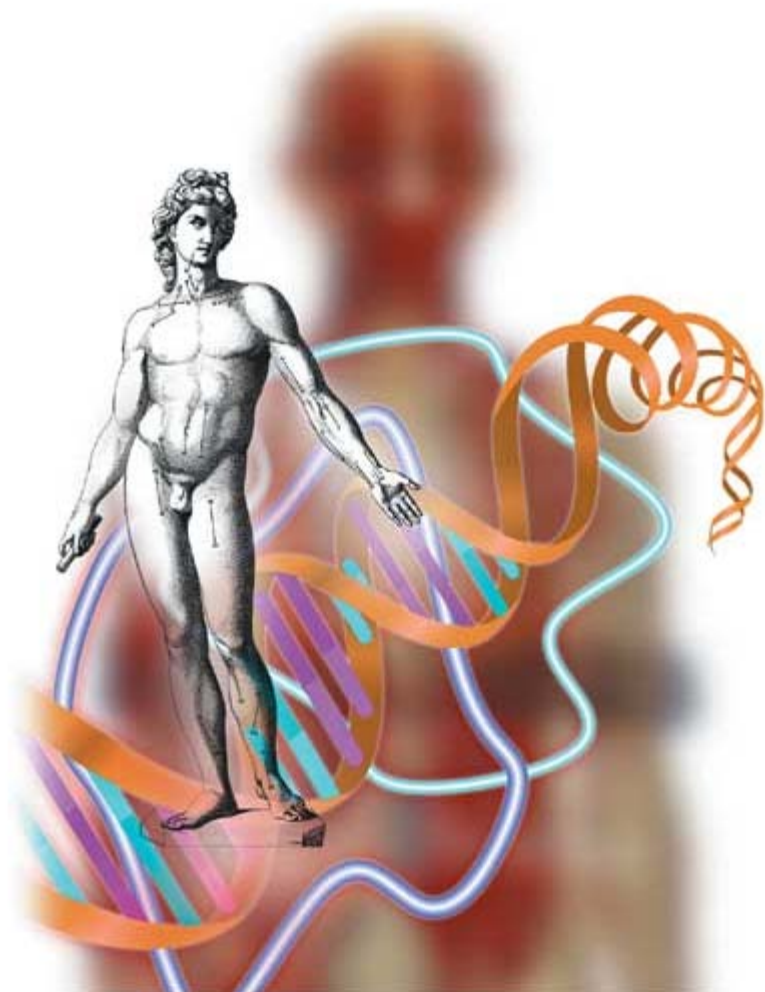
Enhver body-builder ved, at hvis den kropslige performance er bygget på anabolske steroider, så kan kroppen få ondt ved at indfri de vekslers, der er trukket på dens fremtid. Der er en pris på alt, men der er ikke nødvendigvis et prisskilt på alt; nogle gange afslører prisen sig først på kontoudskriften – og endda længe efter.

»Temaet i denne avis er fremtidens  
menneske – og fremtidens menneskesyn«

Men hvis det er rigtigt at sige, at kroppen er mig, og at begrebet "fremtidens krop" derfor også handler om fremtidens menneskesyn, så må vores overvejelser nødvendigvis grave et spadestik dybere. Så drejer det sig ikke kun om at forebygge; så drejer det sig ikke kun om at undgå at skade; så drejer det sig også om at lade være at nedskrive kursen på menneskeværd.

Selv de mest fristende og slående kvantespring må ikke få os til at glemme, at der er forskel på mennesker og kaniner, at der er ting, vi kan gøre med ting, men som vi ikke kan gøre med mennesker, fordi mennesker netop ikke må gøres til ting.

Derfor er det ikke bare væsentligt, at etik tages med i tide, det vil sige fra starten – og har det ikke været fra starten, så i hvert fald NU! Det er også væsentligt, at vi alle er med i disse overvejelser og ikke kun søger svarene under en individualistisk synsvinkel.





Andrej Sakharov bør ikke have levet forgæves med sin konstatering af, at intet menneske kan unddrage sig sin del af ansvaret for noget, der på afgørende måde berører menneskehedens fremtid.

Og vi behøver ikke lade os kue af jantelovens påstand om, at vi ikke skal tro, vi er noget, vi enkeltmennesker. Jo, sandelig er vi, og jo sandelig kan vi da være med til at tage stilling. Men det kræver information og det er det nærværende avis skal give.

For at vi kan tage stilling til den række af etiske, moralske og filosofiske dilemmaer, som fremtiden bringer, må vi vide, hvad det er, der foregår – vi må have nogle fakta. Og så må vi diskutere, hvad der er godt og hvad der er skidt blandt de muligheder, vi får tilbudt – hvad vi gerne vil have, og hvad der vil få for mange uønskede bivirkninger eller direkte betyde overskridelse af etiske grænser, som ikke må overskrides, hvis menneskeværdet ikke skal sættes over styr.

Man kan jo være sagtens positiv over for udviklingen uden dermed at være positiv over for en hvilken som helst udvikling.

Vi skal ikke blive teknologifixerede eller banalt teknologibegeistrede, men sandelig heller ikke teknologifjendske. Tværtimod i endnu højere grad teknologibevidste, teknologinøgterne, teknologireflekterende.

---

[Forside](#) - [Top/Bund](#)

Version 1.0 Maj 2002 • © Det Etiske Råd. Udgivet af Det Etiske Råd, [www.etiskraad.dk](http://www.etiskraad.dk)  
Elektronisk publikation fremstillet efter Statens standard for elektronisk publicering