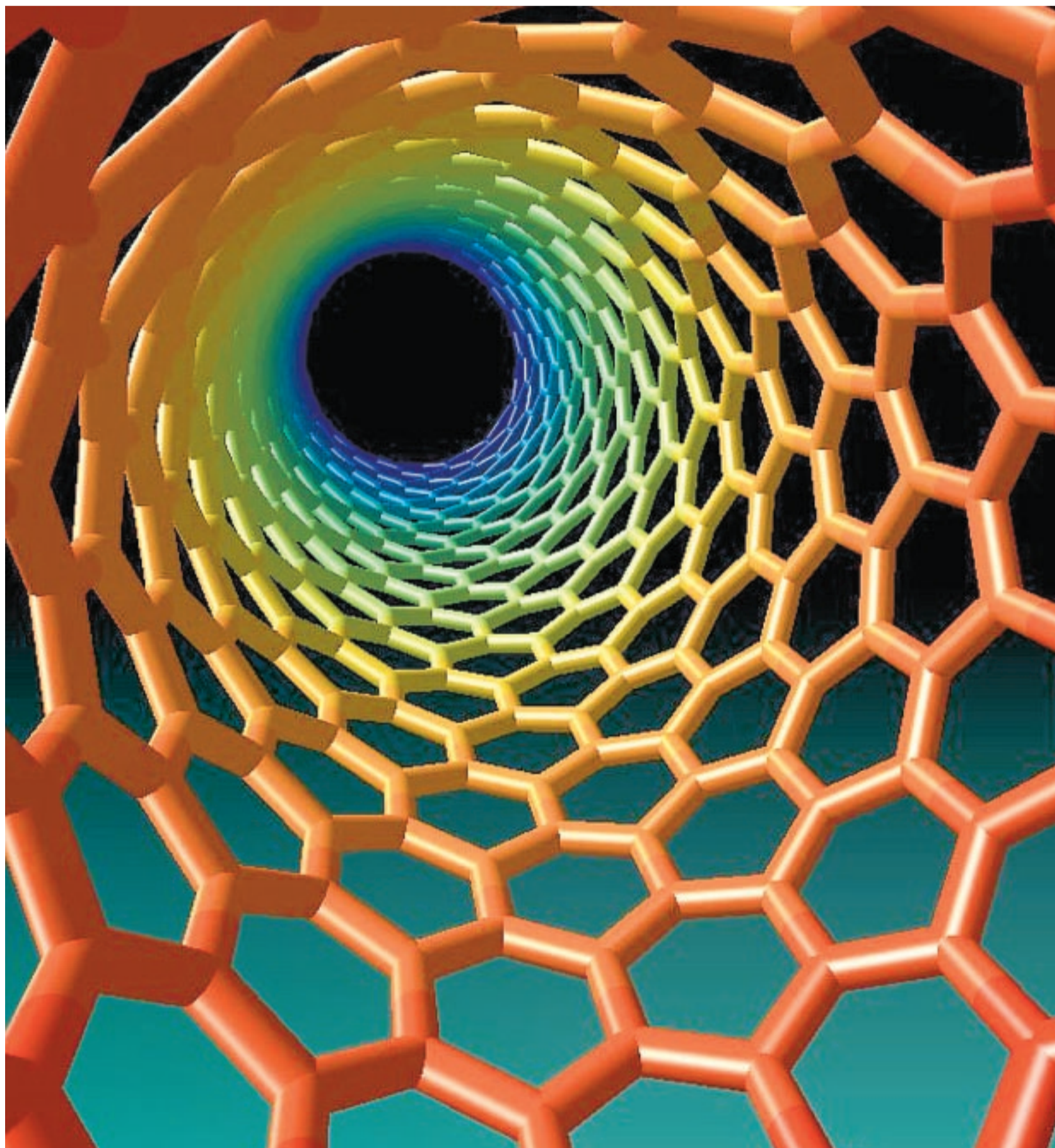


magasinet



Med atomer og molekyler som byggesteiner, er nanoteknologien på vei fra laboratoriene til industrien. Det er investorer verden over villige til å blø for.

[Teknologi]

Smart og smått

Den er umulig å se og vanskelig å fatte. Nanoteknologi foregår på atom- og molekylnivå. Nå satses milliarder på forskning verden over.

Morten Møst og Tor Einar Ljønes (grafikk)

SØKNADEN OM BØRSNOTERING av det lille teknologiselskapet Nanosys Inc kan knapt kalles uhemmet skryt:

«...vi har bare gått med netto underskudd og venter å fortsette å få netto underskudd i overskuelig fremtid...»

«...hittil har vi ikke solgt et eneste produkt, og tror ikke det vil skje på flere år, hvis det skjer i det hele tatt...»

«...vi blir kanskje aldri et lønnsomt selskap...»

Smart småtteri. Nanosys er et lite forskningsselskap i California med 34 ansatte. Det har eksistert et par år og har svidd av nesten 100 millioner kroner. Som det fremgår av søknaden om børsnotering, lover det ikke investorene i Wall Street annet enn blod, svette og tårer – i bøtter og spann.

Til tross for all denne selvpiskingen og mer til, høstet Nanosys applaus i finanspressen da nyheten om børsnotering kom for et par uker siden. Det het at selskapet på dets vei til Nasdaq-børsen i New York, vil bli fulgt nøyer enn noe annet teknologiselskap er blitt på lang tid. Nanosys driver med ting som ikke kan ses uten spesialmikroskop, en teknologi få har hørt om og enda færre forstår noe særlig av, bortsett fra det man kanskje har lest om i science-fiction og skrekklitteratur.

Fire små bokstaver – nano. Ordet er gresk og betyr «dverg». Men nanoteknologien er alt annet enn småtteri. Vi snakker om en teknologi som ingen kjenner den fulle rekkevidden av, og som forlenget har pådratt seg publikums mistenksomhet. Flere forskere og organisasjoner har krevd forbud mot videre forskning på dette feltet for viktige spørsmål omkring helse, miljø og sikkerhet er besvart.

– Nanoteknologi er egentlig et ord for veldig mange ting. Delvis beskriver det nokså ukontroversielle produkter i for eksempel maling eller bilindustri. Men det beskriver også ting som ikke eksisterer ennå, sier postdoktor Roger Strand ved Senter for Vitskapsteori, Universitetet i Bergen.

– Neste generasjon villamaling blir neppe kontroversiell. Men når det blir snakk om for

eksempel å koble nano-prosessorer til en biologisk hjerne, oppstår det fort etiske problemer.

Materialteknologi generelt og nanoteknologi spesielt står i dag frem som strategisk viktige naturvitenskapelige forskningsområde med stort industrielt potensial.

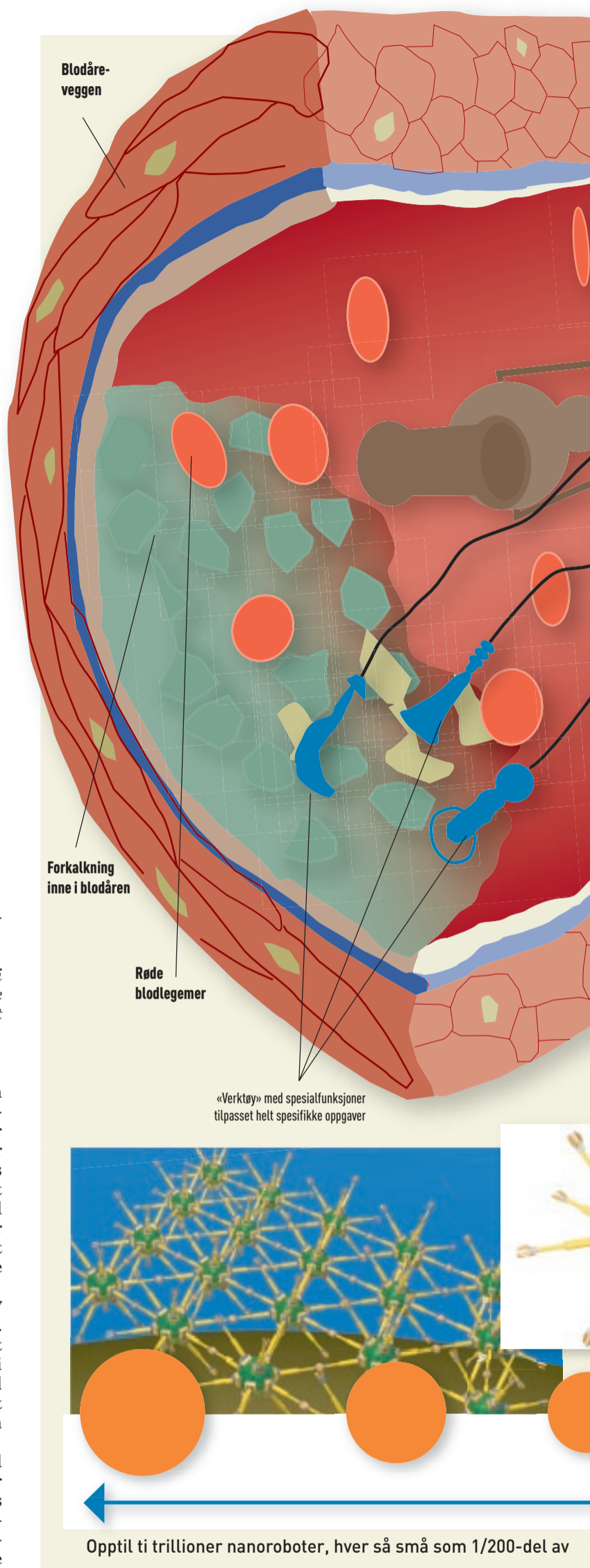
Fra statsbudsjettet for 2004

Ikke helt med? Du er ikke alene. Mens du så en annen vei, har teknologer, politikere og kapitalister i alle land – vel, nesten alle – forent seg for å utrette mikroskopiske mirakler. Fra Ansgar Gabrielsens departement til Silicon Valleys venture-kapitalister sitter pengene løst når det blir snakk om nanoteknologi. Dusinvis av land har statsfinansierte forskningsprogrammer for nanoteknologi – og en drøm om en bit av et marked som ifølge enkelte anslag kan være verdt 1000 milliarder dollar om ti år.

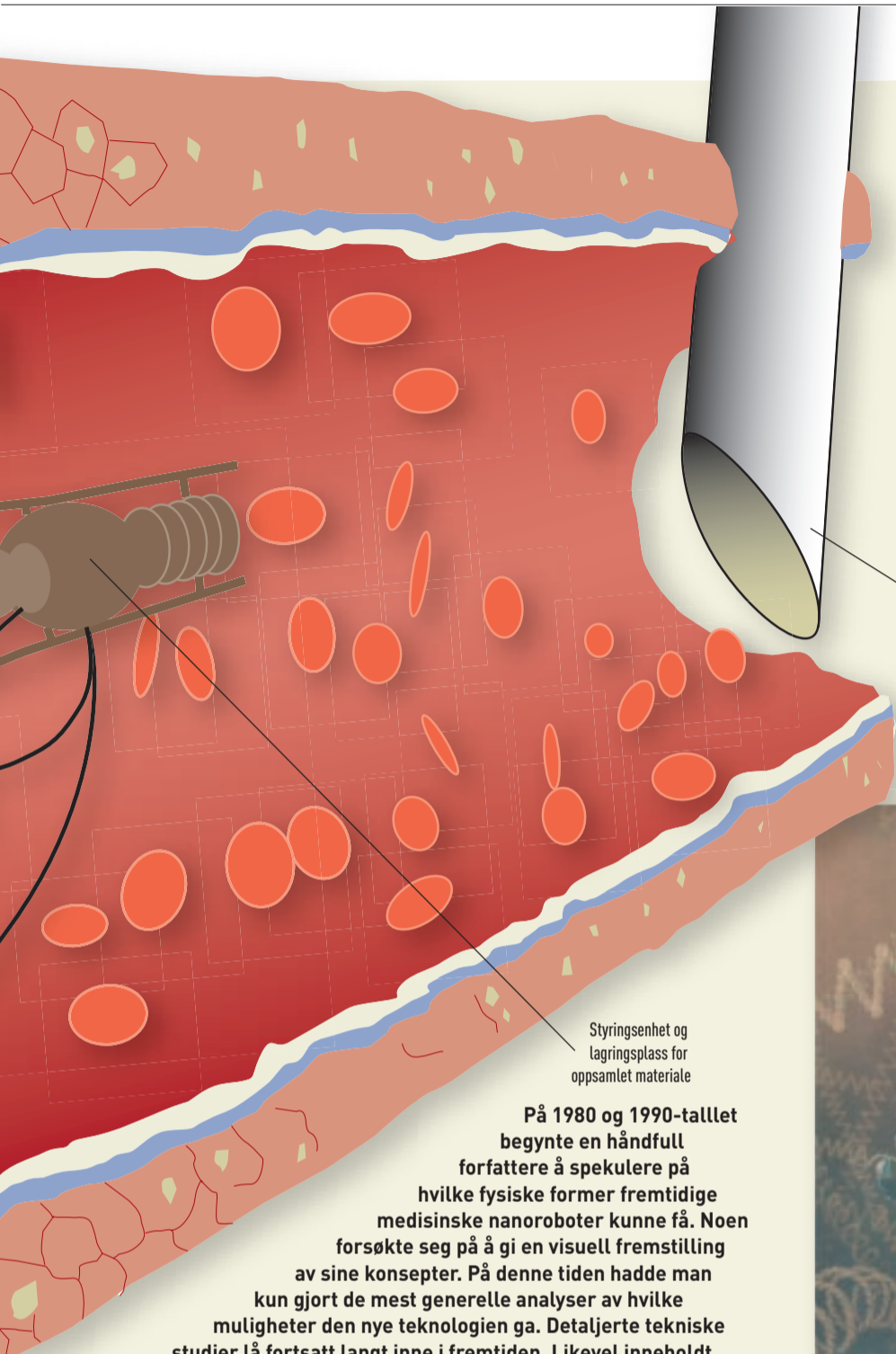
President George W. Bush bevilget nylig 3,7 milliarder dollar til nano-forskning i USA. Hans forgjenger Bill Clinton ga statssponset nanoforskning et glisende ansikt allerede i 1999 da han tok sitt «Nanotech Initiative» til 500 millioner. EU-kommisjonen har bevilget 1,3 milliarder euro til forskning i perioden 2003-2006.

I Norge er det bevilget halvannen milliard kroner over ti år til tilsvarende forskning over et program som heter Funmat. Det finnes flere midler på et nytt program i Norges forskningsråd som kalles NanoMat, og plenty forskere som mener at det likevel forskes altfor lite på dette feltet i Norge. I begynnelsen av juni holdes en internasjonal konferanse om nanoteknologi i Oslo.

Konkurransen om forskningsresultatene, og kommersialisering av dem, er steinhard. Det drives omfattende nano-forskning i mange land, inkludert Tyskland og Storbritannia, Japan, Kina og Singapore. Omkring halvparten av selskapene på New York-børsens hovedliste driver allerede med utvikling eller produksjon av nano-baserte produkter. I første rekke står industrigiganter som Hewlett-Packard, General Electric og ikke minst IBM, som alene har sikret seg flere hundre patenter på dette området.

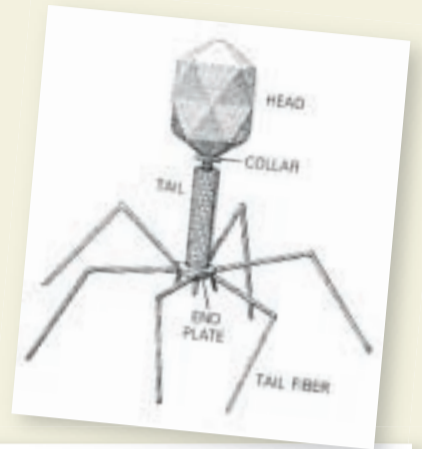


Det neste lille. Nanoteknologi går ut på å manipulere tilværelsens minste ting – atomer og molekyler. Det handler om å bruke dem til byggesteiner på en annen måte enn naturen selv gjør det, og skape materialer, produkter og ørsmå maskiner, atom for atom, med digital kontroll – mer effektivt og presist enn mennesker noen gang har gjort tidligere. Det handler en usynlig verden der størrelser regnes i nanometer – en milliarddel av en meter. Guruen Thomas Kenny ved Stanford-universitetet har forklart en nanometer slik: «Like mye som fingerne dine vokser på ett se-



Medisinske nanoroboter

Medisin er kanskje en av de mest spennende anvendelsesområdene for nanoroboter. Det kan bli mulig å injisere en hel flåte nanoroboter som kan gjøre vitalt arbeid på innsiden av menneskekroppen, uten bruk av kirurgi. Nanoroboter kan for eksempel brukes til å rense opp i forkalkede blodårer.



Sprøytespiss

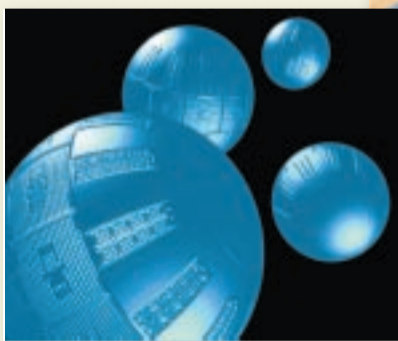
Styringsenhet og lagringsplass for oppsamlet materiale

På 1980 og 1990-tallet begynte en håndfull forfattere å spekulere på hvilke fysiske former fremtidige medisinske nanoroboter kunne få. Noen forsøkte seg på å gi en visuell fremstilling av sine konsepter. På denne tiden hadde man kun gjort de mest generelle analyser av hvilke muligheter den nye teknologien ga. Detaljerte tekniske studier lå fortsatt langt inne i fremtiden. Likevel inneholdt flere av studiene meget plausible elementer. Denne kunstneriske tilnærmingen til et komplisert vitenskapelig materiale pågår fortsatt, og resultatene dukker opp både på nettet og i trykte medier.

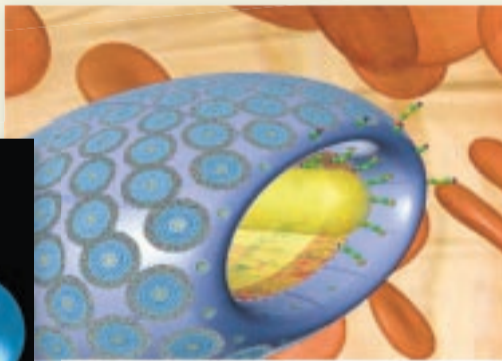
Bildematerialet stammer både fra den mekaniske og biologiske tradisjonen innen medisinsk nanoteknologi.

Forestill deg en robot på størrelse med en menneskecelle, med 12 armer. En slik robot vil kunne danne krystallinske strukturer som kan styres, og som vil ha mange nyttige medisinske anvendelser.

...Eller forestill deg et kunstig rødt blodlegeme som kan levere 236 ganger mer oksygen i forhold til størrelsen, og som kan reprogrammeres utenfra.

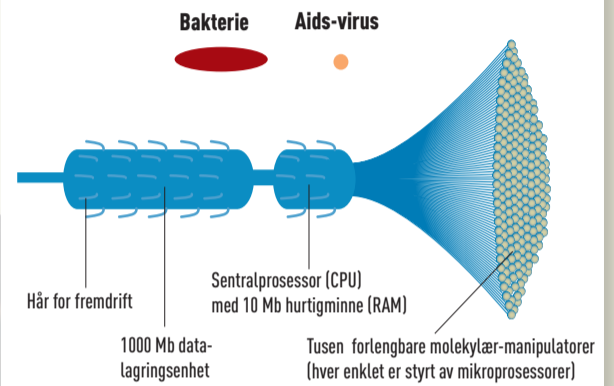


Nanorobot som reparerer skadede DNA-tråder



Det kunstige hvite blodlegemet flyter rundt i blodstrømmen til det møter det det leter etter, for eksempel en spesiell bakterie, som det så fortærer.

Cellereparasjons-enhet



Nanometer

- Ordet nano er hentet fra latin, og betyr dverg.
- Én nanometer er en tusendel av én mikrometer, som igjen er en tusendel av én millimeter.
- Tre atomer kan breie seg i lengderetningen på en nanometer.

Hvis du tenker deg en vanlig fyrstikk forstørret opp slik at den rekker fra Oslo til Trondheim, og forstørrer én nanometer tilsvarende, ville den bli én millimeter lang.



(En fyrstikk er cirka 4 cm lang, og avstanden fra Oslo til Trondheim i luftlinje er cirka 40 mil.)

● Typisk diameter på en nanorobot

Diameteren på et vanlig menneskehår

diameteren av et menneskehår, kan injiseres samtidig.

kund, eller tykkelsen av en dråpe vann fordelt på en kvadratmeter». Tre til fem atomer får plass på en nanometer. Hittil har vi hørt mye om mikroteknologien, som har banet vei for mikroprosessen, datamaskinen og informasjonssamfunnet slik vi kjenner det i dag. På en millimeter går det 1000 mikrometer. Men på en mikrometer går det 1000 nanometer. Og med mindre skala kommer nye uvante egenskaper – kjemiske, fysiske, optiske og elektriske. Gull skifter farge. Stein blir bøyeleg. Slike ting.

Ved å flytte rundt på enkeltatomer kan for

eksempel en silikonbrikke pakkes mer effektivt enn det er mulig med tradisjonelle industrielle metoder. Resultatet er mindre elektriske kretser, og mindre «død plass», som igjen betyr bedre ledeevne, større kapasitet, mer styrke.

Det betyr igjen at pc-er, telefoner og andre ting blir raskere, smartere, mindre, og mer fleksible. Utnyttelsen av nanoteknologi er ikke begrenset til elektronikkens verden, men kan utnyttes i bioteknologi, medisin og andre vitenskaper. Tar vi skrittet over i kjemien, støtter vi på nanobasert maling som er vanskelige-

re å tagge på, og nano-basert solkrem som gir bedre dekning.

Liten verden. Prosjektleder Anders Hanneborg i forskningsstiftelsen Sintef har jobbet i denne lille verdenen i mange år, og sett hvordan behovet for mindre og mindre blir større og større.

– På et eller annet punkt butter det i mikroteknologien, da kan man ikke lage disse materialene mindre. Derfor må vi ned i nanometer-skala. Dette er etter min oppfatning en av de viktigste drivkreftene bak den sterke satsin-

[Smått og smart]

Det handler om å bygge opp ting fra bunnen ved hjelp

Dag Høvik, Norges forskningsråd

gen på nanoteknologi, sier Hanneborg.

Han understreker at nanoteknologisk forskning og utvikling er godt i gang over store deler av verden, og at det for Norges del er viktig å satse i nisjer hvor Norge allerede har fortrinn, som i energisektoren, i offshore, innen miljø, sensorteknologi og medisin.

Nylig kunne Sintef og Universitetet i Oslo ta i bruk et nytt laboratoriebygg i Gaustadbekkdalen i Oslo. I støvsikre rom skal forskere i hvite laboratedrakter jobbe både i mikro- og nanoskala. Forskning og utvikling på nanoplanet foregår også ved NTNU i Trondheim og Institutt for Energiteknikk (IFE) på Kjeller. IFE er det første stedet i Skandinavia hvor det produseres nanokarbonrør – et ekstremt sterkt materiale. Det er seks ganger sterkere enn stål, men veier bare en tiendedel.

Vokser opp. En fantastisk verden, ja visst, men det som kommer ut av den kan være forholdsvis hverdagslige ting: Nanoteknologi blir allerede brukt til å forbedre en rekke materialer og produkter vi allerede har. I tilfellet Nanosys handler det om å designe molekyler som kan brukes til å lage bedre solcellepaneler og større databrikker med større minne på mindre plass. Selskapet har utviklingsavtaler med teknologigiganten Intel og driver oppdragsforskning for CIA. Det har tilgang til nye ideer fra laboratoriene ved Harvard-universitetet. Gode forbindelser og et godt utgangspunkt.

Derfor kan det som skjer med Nanosys på børsen fortelle noe om nanoteknologi-sektorens utsikter generelt. Det er ingen mangel på kritikere som vil fortelle deg at nanoteknologien er oppblåst og hypet hinsides enhver fornuft. Men det er heller ingen mangel på teorier om at denne teknologien har modnet omtrent like mye som internett-teknologien rundt 1992-93 – med levedyktige selskaper og økende anvendelse i massemarkeder. Nanoteknologien kan skape vekst og bidra til et løft i verdensøkonomien – og masse spektakkel på børsen.

Har det i buksa... Mange produkter basert på nanoteknologi er ute av laboratoriet for lengst og har enda mer praktiske bruksområder. Kanskje har du uten å tenke over det kjøpt en smart bukse, behandlet med nanomaterialer som gjør den motstandsdyktig mot krølling og flekking. Den ser ikke ut som en romdrakt, men som et vanlig plagg fra Levi's, Dockers eller Eddie Bauer. Alle er kunder hos Nano-Tex, et annet lite amerikansk selskap med svært små vyer.

Ideen bak Nano-Tex er å endre tekstilens egenskaper uten å endre følelsen av å ha på seg gode klær. Metoden går ut på å tilsette hvert bomullsfiber små kunstige hår, omtrent som på en fersken. Hårene, bygd opp atom for atom, skaper en slags luftpute rundt fibre, slik at vann preller av. Men med litt press slipper fuktighet gjennom, for eksempel svette. Et



NANOLABB. Sintefs forskningsdirektør Ernst H. Kristiansen og prosjektdirektør Anders Hanneborg tok nylig i bruk et nytt laboratorium som blir sentralt i nano- og mikroteknologiforskning i Norge.

av selskapets produkter, Nano-Care, ble kåret til et av årets kuleste produkter av nyhetsmagasinet Time i 2002.

Lignende krefter er i spill mange andre steder – i tennisballer som ikke mister spretten, eller i ekstra slitesterke bildekk. Nano-baserte materialer gir oss klarere glass, bedre briller, klarere dataskjermer og trafikklys som er lettere å se. Det finnes nanobasert skismøring som tåler store temperaturendringer uten å kladde.

...og i kroppen... De virkelige nano-miraklene vil ta noe lengre tid. Men innen et par tiår ser de aller mest nano-visjonære for seg fabrikk du kan ha på skrivebordet, håndholdte digitale pc-er med mer datakraft enn et helt universitet. Satellitter og raketter så små og lette at romfart blir lønnsomt. Ikke minst blir vi lovet veldige medisinske fremskritt, som at ørsmå roboter en dag vil reise rundt i kroppen din, reparere, inspisere og medisinerer kroppsdeler med absolutt presisjon hvor tradisjonelt utstyr ikke kommer til.

Men selv om vi ikke kommer helt dit før om et par tiår, eller kanskje aldri, er nanoteknologien på vei inn i oss. Den åpner for diagnostikk og behandling som er mindre drastisk og mindre skadelig for pasienten enn for eksempel røntgen og strålebehandling.

Nylig godkjente amerikanske myndigheter for eksempel Estrasorb, et legemiddel mot hettoktene som plager mange kvinner i overgangsalderen. Som mange eksisterende preparater er det basert på østrogen. Men her er østrogen-hormonene innkapslet i nanopartikler og blandet i en krem som påføres når symptomene melder seg. Den trekker gjennom huden og blander seg umiddelbart med blodstrømmen. Resultatet er raskere lindring enn med for eksempel piller.

Anders Hanneborg ved Sintef tror det ganske raskt vil bli vanlig å utstyre pasienter med «innebygde» måleinstrumenter som kanskje kan hente energi fra kroppens egne kilder, og sende medisins informasjon trådløst ut av kroppen til en datamaskin.

– Slik overføring av instrumenteringen til pasienten, kombinert med trådløs kommunikasjon er veldig aktuelt på sykehus, der pasi-



enter ofte flytter rundt fra en seng til en annen, sier han.

...og i krigen. Ikke overraskende er de militære interessert i nanoteknologiens muligheter. I USA finnes et eget Institute for Soldier Nanotechnologies som drives av det ledende MIT-insituttet i samarbeid med industriselskaper som Raytheon og DuPont. Igjen handler det i første rekke om å forbedre de nære ting, snarere enn revolusjonerende nye våpen i James Bond-stil.

Det offisielle hovedmålet er å bedre soldaters sikkerhet og komfort i skuddsikre vester som virkelig er skuddsikre vester, i lettere uniformer, med sensorer som sniffer gass og bakterieangrep, og utstyr som gir førstehjelp mens soldaten fremdeles er i strid. En annen idé er såkalt dynamisk rustning – uniformer med fibre som er hule, fylt med magnetiske partikler, og kan aktiveres med et magnetfelt og «blåse seg opp» hvis soldaten føler seg truet.

Selv sagt er det ingen mangel på scenarier

Ung vitenskap med store muligheter

Nanoteknologiens fremvekst og noen visjoner om hvor den kan lede de neste tiårene.

1959

Dr. Richard Feynman konkluderer i en banebrytende tale med at: «There is plenty of room at the Bottom». Han var den første som i fullt alvor slo fast at mennesket kunne arbeide i og skape helt ned i denne skalaen. Nanoteknologien var født.



1980-tallet

Dr. K. Eric Drexler var den første til å bruke termen «nanoteknologi». Han gjorde begrepet berømt gjennom sin bok: «Engines of Creation: The coming era of Nanotechnology».

1986

Dr. Richard Smalley (!) ledet en gruppe vitenskapsmenn som fant frem til en tredje form av rent karbon. De fikk etterhvert Nobelprisen for å ha funnet «fullerenene», store karbonnett-strukturer. Den mest vanlige er C₆₀.



1996

Forskere ansatt i IBM arbeidet med måter å produsere mindre, raskere og billigere datamaskiner. I et mye omtalt gjennombrudd klarte de å individuelt manipulere 35 atomer til å forme ordet «IBM».



av naturens minste byggesteiner, atomer og molekyler



for nye, grufulle nano-baserte våpen, nye typer rustningskappløp, og «maskinene overtar»-profetier. Nanoteknologi spiller hovedrollen i opptil flere skrekkromaner. En av dem er «Prey» av Michael Crichton, forfatteren som heller ikke gjorde bioteknologien noen tjeneste da han skrev «Jurassic Park». «Prey» tar utgangspunkt i ideen om selvbyggende nanoroboter som kommer ut av kontroll..

Etisk tåkeheim. En side av nanoteknologien er det bittere strid om allerede: den etiske. Striden er ikke ulik alle kontroversene omkring bioteknologi, genetisk forskning og kloning.

Spesialrådgiver i Norges forskningsråd, Dag Høvik, etterlyser det han kaller en informert og balansert samfunnsdebatt om nanoteknologi.

– Ingen er tjent med en skyttergravskrig om disse spørsmålene, slik vi blant annet har sett i forbindelse med genforskning, sier han.

– Det er klart nanoteknologien kan fortone seg skremmende. Den handler om å bygge

opp ting fra bunnen ved hjelp av naturens minste byggesteiner, atomer og molekyler. På den annen side er jo dette det samme som naturen gjør. Målet må være å utnytte ny teknologi i tråd med samfunnets interesser. Klarer vi ikke det, har vi tapt, sier Høvik.

Grått gjør. Både nanoteknologi og bioteknologi er mektige teknologier som kan revolusjonere verden omkring oss – og oss selv. Begge handler om å endre naturens gang og rører ved skaperverket. Begge kan ha uforutsigbare effekter på miljøet. Og begge har pådratt seg vrede fra Storbritannias prins Charles, med tilhørende medieoppstuss.

Både Charles og Michael Crichton er opp tatt av ideen om at nanoteknologien skal muliggjøre svermer av molekyllstore roboter som bygger seg selv – og deretter løper løpsk, slik at kloden blir kvalt av grått gjør. «Gray goo»-scenariet har lenge vært en del av nanoteknologisk teori, men regnes ikke lenger som særlig sannsynlig.

KAPPLØP. Fra Silicon Valley til Gaustadbekkdalen i Oslo (bildet) drives intens forskning på nanoteknologi. Nanoteknologien kan gi revolusjonerende resultater ved å simulere naturens bygging med atomer og molekyler, men reiser også mange etiske spørsmål.

FOTO: EIVOR ERIKSEN

Andre trusler er reelle nok. Nanoteknologi er perfekt for verktøy til å kontrollere og overvåke andre mennesker – kameraer og mikrofoner som er mindre enn et punktum. Mye av forskningen skjer i private bedrifter og kan derfor gjemmes vekk ved å kalle det forretningshemmeligheter. Og siden nanoteknologi er tyngre å sette seg inn har den etiske problematikken ikke fanget publikums oppmerksomhet i samme grad som for eksempel genmanipulering. Derfor er også presset for demokratisk kontroll med forskningen tilsvarende mindre – selv om den også blir nøye fulgt av kritikere, som krever full stans i all nanoforskning til spørsmål omkring helse, sikkerhet og samfunnskonsekvenser er besvart.

– Vi snakker om en svært dramatisk teknologisk utvikling, som det kreves mye kunnskap for å gjøre en risikovurdering av, sier Roger Strand ved Senter for Vitskapsteori.

– Det trengs gode svar på hva som står på spill.

most@dn.no

2003
Institutt for energiteknikk (IFE) på Kjeller i Norge produserer nanokarbonrør som de første i Skandinavia. Dette blir betraktet som et stort gjennombrudd for den nye teknologien her til lands.

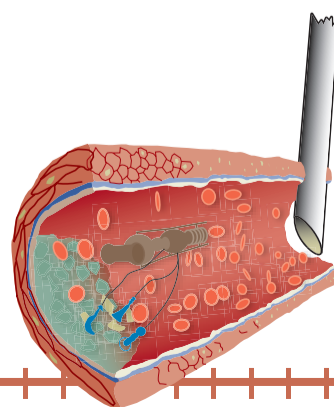
Før 2010
Takstein og takpapp med solceller som gir ren energi i fattige land
Diagnose- og medisineringsystemer som implanteres i pasientens kropp

2015
Omsetningen av nano-produkter passerer 1000 milliarder dollar (offisielt anslag fra USAs myndigheter)



2004
Åpning av Mikro og Nanoteknologilaboratoriet i Gaustadbekkdalen, Oslo. Overflaten på brikkene avgjør om vannråpen blir rund eller flat.

2030-tallet
Nanoroboter som ligner de vildeste fantasiene man hadde på slutten av forrige århundre kan være en realitet, for eksempel spesialdesignede maskiner som rydder opp i blodårene våre og hindrer åreforkaling.



2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050