

Videnskabens Enhed - ?

*Videnskabernes Selskabs symposium
i anledning af dets protektor
Hendes Majestæt Dronning Margrethe II's
halvtredsårsdag 16. april 1990*

Redigeret af
Thor A. Bak og Erik Dal



Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab
The Royal Danish Academy of Sciences and Letters
Kommissionær: Munksgaard · Copenhagen 1990



FOTO RIGMOR MYDTSKOV 1990

Videnskabens Enhed-?

*Videnskabernes Selskabs symposium
i anledning af dets protektor
Hendes Majestæt Dronning Margrethe II's
halvtredsårsdag 16. april 1990*

Redigeret af
Thor A. Bak og Erik Dal



Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab
The Royal Danish Academy of Sciences and Letters
Kommissionær: Munksgaard · Copenhagen 1990

© Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab 1990.
Sat med Bembo i Text Fotosats 1/s, Herning, og trykt i
Poul Kristensen Grafisk Virksomhed, Kongelig Hofleverandør.
ISBN 87-7304-208-0.

Indhold

THOR A. BAK: Til en Dronning	7
ERIK DAL: Velkomst.	11
OLAF PEDERSEN: Videnskabens fødsel – et sprogligt problem	13
Diskussion s. 31	
DAVID FAVRHOLDT: Naturvidenskaberne og deres grænse. .	37
Diskussion s. 61	
HOLGER BECH NIELSEN: Videnskabens spekulative sider og verdens skabelse	69
Diskussion s. 108	
EBBE SPANG-HANSEN: Hvad er humanistisk videnskab, og hvorved adskiller den sig fra naturvidenskaben?	115
Diskussion s. 130	
NIELS OLE KJELDGAARD: Hvad ved vi om livets oprindelse, og hvilke af livsmekanismerne forstår vi? Molekylærbiologiens bidrag til lidt større klarhed	135
Diskussion s. 160	
LEIF GRANE: Videnskaben og det menneskelige. Enhed og adskillelse	165
Diskussion s. 184	
ERIK DAL: Til afslutning	193
Navneregister.	194

Denne bogs hovedindhold er de seks afhandlinger, der i forkortet form blev holdt som foredrag ved Selskabets »Dronningesymposium« 3. april 1990, samt de dertil knyttede diskussioner. Af disse findes referat ved Poul Lindegård Hjorth og Gert Kjærgård Pedersen samt båndoptagelser udskrevet af Else Løvdal Nielsen. Nogle diskussionsdeltagere har tilrettet dette materiale, andre har gennemskrevet deres indlæg. Efter samarbejde med de nævnte har redaktørerne det endelige ansvar for den trykte form. Bogen er udsendt i juni 1990.

THOR A. BAK:

Til en Dronning

Da det på præsidiemødet den 5. september 1988 var blevet besluttet, at Selskabets gave til vor protektor i anledning af 50-årsdagen skulle være et symposium, henvendte jeg mig først til hofmarskal Hans Sølvhøj og fik kort efter lejlighed til at forelægge sagen for Hendes Majestæt. Det emne, Dronningen valgte, var ikke, hvad vi havde ventet, men præsidiet og de mange medlemmer, som gav deres mening til kende i de indledende faser, var til min store glæde alle besluttede på at tage imod den udfordring, der ligger i at skulle gøre rede for sammenhængen mellem de forskellige videnskaber. Det endelige program for symposiet blev sendt til Hendes Majestæt den 2. februar 1989, og Præsidenten, Leif Grane og jeg har derefter haft to møder med Hendes Majestæt, i hvilke vi har redegjort for arbejdets gang.

Arbejdsformen har været den, at forelæserne – efter et indledende møde mellem dem, Præsidenten og mig selv sidst på foråret – afleverede udkast til deres foredrag efter sommerferien 1989. Disse udkast blev udsendt til alle forelæsere; og gennem en proces, der strakte sig over flere møder, blev de seks foredrag derefter i nogen grad afstemt efter hinanden.

Når titlen på dette symposium blev »Videnskabens Enhed –?« med både tankestreg og spørgsmålstegn, er det naturligvis, fordi nogle tvivler på, at denne enhed eksisterer. Traditionelt tænker man sig, at der er et skel i videnskaben mellem åndsvidenskaberne og naturvidenskaberne. For mange humanister forekommer dette at være en uoverstigelig kløft, ja Leif Grane argumenterer endog for (s. 168), at der kan være tale om en fundamental

forskel, som det end ikke er ønskeligt at få fjernet, samtidig med at han dog ikke ser de to videnskaber som to kulturer, som C. P. Snow beskrev det. Der er tale om sproglige barrierer, som er smertelige, men ikke uovervindelige. Og som Ebbe Spang-Hanssen viser, anvendes naturvidenskabelige metoder i stigende grad inden for humaniora. Måske viser dette, at skellet snarere ligger mellem kunsten – forstået som det unikke fænomen – og videnskaben, der studerer sammenhænge, årsagsforhold – og den gennemsnitlige opførsel.

Skal man imidlertid prøve at forstå det, der stadig af mange opfattes som den grundlæggende forskel mellem åndsvidenskaberne og naturvidenskaberne, kan man som David Favrhøldt med udbytte tage udgangspunkt i et arbejde af Emil du Bois-Reymond fra 1880. Der er skrevet meget om dette emne siden da, men i det store hele står problemstillingen uændret. Afhandlingen handler om de syv verdensgæder – fundamentale problemer, som videnskaben endnu ikke har løst (se side 60 note 3). Den typiske holdning for en almindelig u-filosofisk naturvidenskabsmand vil nok være at ryste på hovedet ad disse problemer eller i det mindste sige, at de ikke er særlig interessante. En af du Bois-Reymonds verdensgæder er spørgsmålet om bevægelsens oprindelse. For højmiddelalderens kristendom, der havde optaget væsentlige dele af Aristoteles' filosofi i sig, var spørgsmålet om »den første bevæger« af central betydning. For naturvidenskaben efter Galilei og Newton er spørgsmålet bestemt ikke løst, men det blev skubbet til side som mindre interessant, fordi der var så mange forhold i forbindelse med, hvorledes bevægelsen foregår, som man kunne afklare med den nye fysik og matematik. Hvorfor bevægelsen overhovedet begynder, er imidlertid stadig et uløst problem, i den klassiske mekanik såvel som i kvantemekanikken, hvor man f.eks. kan udregne sandsynligheden for, at en elektron bevæger sig fra en stationær tilstand til en anden i løbet af det næste sekund, men intet kan sige om, hvornår eller hvorfor det sker. Spørgsmålet om en bevægelses opståen har i øvrigt allerede i formuleringen af Newtons første lov fået en underordnet betydning. Loven siger nemlig, at et legeme, der ikke påvirkes af nogen kraft, enten er i hvile eller bevæger sig med konstant ha-

stighed. De to tilstande hvile og bevægelse sidestilles dermed fuldstændig.

De allerfleste naturvidenskabsmænd ville som sagt – i det mindste indtil for få tiår siden – have afvist det nævnte spørgsmål som »ufysisk«, idet man altså lidt flot lader teoriens formåen afgøre, hvilke problemer man anser for væsentlige. Dette forhold har imidlertid ændret sig radikalt, efter at anerkendte videnskabsmænd er begyndt at beskæftige sig med teorier for verdens oprindelse, ja endog med teorier for dens endeligt. En sådan tilsyneladende meget spekulativ naturvidenskab er blevet vel modtaget – om end måske ikke altid vel forstået – i visse nyreligiøse kredse, og jeg vil gerne understrege, at det ikke er dette aspekt af sagen, vi her beskæftiger os med. Det er nemt at forstå, at det f.eks. kan forekomme utilfredsstillende, at verden måske er opstået gennem en fluktuation i et vacuum, men der er næppe nogen trøst at hente i overfladiske sammenligninger mellem dette og mytiske skabelsesberetninger.

Du Bois-Reymonds tredje verdensgåde er livets opståen. Vi ved i dag meget mere om dette spørgsmål, end du Bois-Reymond kunne ane op imod århundredskiftet. Fremfor alt er vi i stand til at skitsere en meget sandsynlig mekanisme, som kan have ført til dannelsen af de første celler. Men som Niels Ole Kjeldgaard fremhæver, betyder dette ikke, at vi inden for en overskuelig fremtid vil kunne gennemføre denne proces i laboratoriet. Milliarder af års evolution lader sig ikke reproducere i et menneskes tid. Alligevel er der grund til at tro, at vi i princippet har forstået livets oprindelse og i hvert fald delvis forstår evolutionen og arvemassens funktion. Det sidstnævnte dog bestemt kun delvis; som Kjeldgaard pointerer, forstår vi endnu ikke funktionen af mere end nogle få procent af arvemassen. Resten har utvivlsomt også en funktion, som vi blot ikke kender. Når den totale nukleotid-sekvens af de menneskelige gener er fastlagt – om måske 10-20 år – er der imidlertid al mulig grund til at tro, at evolutionen for de højere organismer også vil kunne forstås – i det mindste i teorien.

Medens de nyeste teorier for verdens oprindelse med en vis ret blot kan opfattes som expliciteringer af skabelsesberetninger, af-

viger vor nuværende ufuldstændige viden om livets opståen og udviklingen af de højere arter radikalt fra alle tidligere religiøse eller filosofiske spekulationer over dette emne.

Al naturvidenskabelig metode er, tror jeg, baseret på, hvad der i retrospekt virker som en forenkling. Samtidig er der i videnskaberens vækstlag en stadig forøget kompleksitet og et forøget antal variationsmuligheder. Som Olaf Pedersens foredrag belyser, ses denne proces ikke altid blot som en forenkling, medens den står på – den kan også have karakter af en traumatisk revolution, i løbet af hvilken gamle værdier må opgives. Den forenkling, der skete, da Galilei skelnede mellem stoffernes primære og sekundære egenskaber og valgte under visse omstændigheder at se bort fra de sidstnævnte, er mindre omfattende end den, Olaf Pedersen omtaler, men uden den ville det naturvidenskabelige gennembrud fra Galilei til Newton ikke have været muligt. Når man diskuterer forholdet mellem naturvidenskaberne og åndsvidenskaberne, lægger man ofte megen vægt på det metodiske trick, det er at se bort fra visse forhold, og opfatter det som særlig karakteristisk for naturvidenskaben. Så simpelt er det dog næppe – et studium af historie ville f.eks. ikke være muligt, uden at man bevidst så bort fra visse forhold, og dette, at vi i fremtiden måske vil vælge at se bort fra andet, end det vi gør i dag, medfører at ultimativ historieskrivning næppe er mulig. Men blot for et lille århundrede siden troede man faktisk, at noget sådant en dag ville blive muligt.

Når man vælger at belyse forholdet mellem åndsvidenskaberne og naturvidenskaben med kun seks foredrag, vil der uundgåeligt være noget, man har udeladt. Selv en liste over det udeladte og de grunde, vi havde til valget, ville være ufuldstændig, og jeg skal ikke forsøge noget sådant, men blot vedgå, at ansvaret for dette udelukkende hviler på mig. Jeg håber, at valget har været godt nok til, at resultatet vil tiltrække sig opmærksomhed, og at vor gave må blive så vel modtaget, at resultatet ikke, som i det digt af Nis Petersen, hvorfra jeg har lånt overskriften, bliver, at »Fortrydelig sank Dronningen tilbage i sin stol«. Jeg håber imidlertid også, at det incitament, vor Protektor gav os ved at bede om dette emne, vil være til glæde for Selskabets medlemmer.

Velkomst

*Deres Majestæt, vor ærede og kære ellevte protektor!
Kære kolleger!*

I det år og den måned, som nu er begyndt, får vi meget at høre om det mørke, der sænkede sig over Danmark for 50 år siden, men også om den stråle, der en uge senere gennembrød dette mørke, og som siden har lyst og varmet med voksende styrke for hvert årti.

Blandt de mange pligter, barnet prinsesse Margrethe ikke var født til at overtage, men siden har bestridt til glæde og udbytte for mange, var protektoratet for Christian VI's nu snart 250-årige akademi. Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab har to gange tidligere markeret Deres Majestæts fødselsdag og derigennem en langt mere end formel samhörighed. I 1972 genudgav vi vort æresmedlem Ludvig Holbergs to bidrag til vor første række skrifter, og det kan vel ikke være forkert at sige, at den lille bog fra begyndelsen var tiltænkt kong Frederik IX ved det regeringsjubilæum, som landet og Selskabet så gerne havde delt med kongen. – I 1980 knyttede vi os til Deres Majestæts arkæologiske indsigt og interesse ved at overdrage Dem to tegninger af F. L. Norden fra hans og Selskabets storværk om Ægypten og Nubien, ikke langt fra hvor Deres Majestæt selv har arbejdet i felten.

Nu i 1990 er vi efter forslag af Selskabets sekretær Thor A. Bak gået en tredje vej – ved at forberede og afholde denne dags symposium med foredrag af tre medlemmer fra hver af Selskabets to klasser og tilfældigvis repræsenterende alle vore tre universiteter. Deres Majestæt modtog forslaget herom, ikke med velvillig accept, men med en personlig glæde og interesse, der virkede smittende på Thor A. Bak, Leif Grane og mig, der drøftede oplægget med Dem, såvel som på dagens foredragsholdere.

Titlen på symposiet og på den bog, som forhåbentlig allerede i forårets løb vil fastholde foredrag og diskussioner for eftertiden, skulle være Videnskabens Enhed. Mit eget beklageligt ufilosofiske bidrag hertil begrænser sig til nogle noter og korrekturtegn – samt et ønske om at supplere de to ord med tankestreg og spørgsmålstegn trods en naiv tro på, at enheden dog findes et sted i menneskets hjerne og hjerte; og dette godkendtes af talerne og især af fagfilosoffen blandt dem. Man kan finde emnet stort – men vi modtog dog fra et meget stort udland en meget lille symposierapport med titlen »Æstetik og etik«, og et af vore medlemmer har holdt et af vore offentlige foredrag med emnet »Kunst og videnskab«. Så hvorfor ikke Videnskabens enhed – ?

Deres Majestæt, kære Dronning Margrethe: De har udtalt Dem væsentligt om forholdet mellem mennesket og skaberværket, som vi modsat dyrene bestandig griber ind i; om sammenhængen mellem det menneskeliv, De selv har oplevet siden Deres skæbnetunge første leveår, og det menneskeliv, som historikeren og arkæologen afdækker og virkeliggør; og om naturen – »Jeg mener hele molevitten: amøberne, cellerne, kemien, fysikken, vækst og grøde ... alt det dér. Den biologiske natur. Den fysiske omverden.«

I dag får vi at høre om hele molevitten og mere til i tre formiddags- og tre eftermiddagsforedrag, adskilt ved en for afvekslingens skyld stående frokost. Om videnskabernes oprindelige, guddommelige enhed, om deres spaltning og tiltrækning, grænsedragning og åbenhed. Jeg er glad for at kunne røbe, at det ender godt!

Vor protektor og vi alle er spændte på, hvad vi får at høre. Jeg håber, at vi i aften vil finde, at dagens indhold var dens anledning værdigt, og fremfor alt, at Deres Majestæt vil føle, at De her er blandt Deres egne.

ERIK DAL

OLAF PEDERSEN

*Naturvidenskabens fødsel –
et sprogligt problem*

Videnskabens mangfoldighed

Et blik ud over nutidens videnskabelige aktivitet viser os en mangfoldighed af discipliner. Nogle af disse er utvivlsomt beslægtede med hensyn til de metoder, de anvender, eller de emner, de studerer, samtidig med at de synes fremmede for fag, som arbejder paa andre omraader eller gaar anderledes til værks. Saaledes har det længe været gængs at skelne mellem »naturvidenskaberne« paa den ene og »humaniora« – undertiden kaldet »aandsvidenskaberne« – paa den anden side som adskilte omraader, der forfølger forskellige maal med forskellige metoder og ogsaa har højst forskellig menneskelig relevans.¹ Naturvidenskaberne studerer den materielle omverden og opfattes ofte som et simpelt underlag for den tekniske beherskelse af naturen og udnyttelsen af dens ressourcer paa godt og ondt, medens aandsvidenskaberne beskæftiger sig med den »menneskelige side« af tilværelsen og ofte betragtes som garanter for selve humanismens ideologi. C. P. Snow's bekendte foredrag i 1959 om *De to kulturer* fremstillede denne adskillelse som en kulturel skandale uden i øvrigt at anvise farbare veje til at overvinde den.² Føjer vi »samfundsvidenskaberne« til som et tredje hovedomraade, bliver det totale billede endnu mere broget.

Det kan derfor vanskeligt benægtes, at vor viden i nutiden synes at være haabløst atomiseret. Ofte forstærkes dette indtryk af den fra Romantikken stammende forestilling eller drøm om en tidligere periode i middelalderen, da mængden af kundskaber

ikke var større, end den enkelte kunde overskue, og da de enkelte fags repræsentanter mødte hinanden uden mistro eller misundelse, fordi de virkede inden for den samme kulturelle enhed og alle forfulgte samme overordnede maal. Til denne betragtning har ikke mindst videnskabshistorien gennem det sidste aarhundrede kunnet knytte adskillige kommentarer, som har ødelagt Romantikens drøm i takt med det stadigt voksende kendskab til videnskabernes udvikling i middelalderen.³ Det maa vi her lade ligge; thi for at komme til bunds i problemet om videnskabens enhed maa vi gaa helt tilbage til dens første oprindelse i den antikke verden. Det vil da vise sig, at der alene i naturerkendelsen fra første færd var indbygget visse spændinger, som havde eftervirkninger langt op i tiden, og som det vil være nyttigt at betragte, hvis man ønsker at forstaa ogsaa den nutidige situation.

Det mythologiske univers

Gaar vi tilstrækkelig langt tilbage i historien, finder vi næsten alle vegne vidnesbyrd om et tidligt stadium, paa hvilket al tale om baade mennesket og dets omverden betjente sig af det almindelige dagligsprog, saadan som dette fungerede som middel til kommunikation om menneskelige anliggender. Hele universet kom dermed til at fremtræde som een stor stat regeret af personlige guder, aander og dæmoner, som hver for sig beherskede et eller flere omraader af naturen og menneskelivet og her fremkaldte fænomener og begivenheder, naar og hvor de fandt det for godt.⁴ Naturbeskrivelsen formede sig derfor som en række historier eller »myther« om naturgudernes handlinger og de synlige konsekvenser heraf. Fra vor egen nordiske oldtid kender vi fortællingen om Thor og hans bukke som forklaring paa tordenvejret og lynilden. I det gamle Grækenland sorterede disse atmosfæriske fænomener derimod under Zeus.⁵ Paa lignende maade forklarede Hesiod (ca. 700 f. Kr.) solens lave stade paa vinterhimlen ved at sige, at solguden Helios var draget mod syd for at skinne over æthiopiernes land.⁶ Denne mythologiske naturbe-

skrivelse gennemførtes saa konsekvent, at selv et saa flygtigt fænomen som regnbuen blev personificeret i skikkelse af gudinden Iris.⁷ Her har vi forklaringen paa, at baade Platon og Aristoteles betegnede de gamle mythologiske forfattere som theologer.⁸

At karakterisere en saadan opfattelse som primitiv er at underkende dens umiddelbare evne til at tilfredsstille dybt menneskelige behov. Den gav paa sin egen maade udtryk for en enhedsbetragtning af tilværelsen, fordi alting styredes af kræfter af samme personlige art som dem, der laa til grund for menneskelige handlinger. Kløften mellem natur og kultur var derfor ikke paafaldende. Den mythologiske beskrivelse var jo enkel og let fattelig. Man kunde fortælle børn om naturen i det sprog, som alle kendte. Og med alle sine muligheder for vilkaarlige variationer gav genfortællingen af mytherne plads for megen menneskelig visdom. »*Venner, der er sandhed i de myther, jeg vil fortælle,*« sagde Empedokles (5. aarh. f. Kr.), selvom han var en af dem, der var med til at bane vejen for en ny opfattelse.⁹ Herhjemme ved vi alle, hvorledes disse ord gennem hundrede aar gav genklang i den grundtvigske højskoles pædagogik.

Men den mythologiske beskrivelse havde sine grænser. Til syvende og sidst var naturens egentlige herskere skjult for menneskers øjne, og deres beslutninger blev taget i en sand guddommelig frihed, der gjorde det umuligt at forudse, hvad der skulde ske. Heraf udsprang de talrige metoder til divination eller kunsten at tage varsler, som Cicero i sin egenskab af officiel augur i Rom kunde beskrive med stor kompetence, og slet skjult skepsis.¹⁰ I Rom tog man varsler af fuglenes flugt og af den maade, hvorpaa kyllinger pikkede deres føde op fra jorden. I Grækenland kunde man raadspørge orakler, og i Mesopotamien gav leveren af et slagtet offerlam de ønskede informationer. I yderste nødsfald kunde man tage sin tilflugt til necromanti og mane en afdød vismand op af graven for at søge hans raad, som baade den vildfarne Odysseus¹¹ og den desperate kong Saul før hans endelige nederlag i krigen.¹² Og over hele den gamle verden bredte astrologien sig fra Mesopotamien som en naturlig konsekvens af den babyloniske astralreligion, hvis højeste guddomme var solen, maanen og de fem planeter, der kan ses med det blotte øje.

Havde man saaledes kigget de højere magter i kortene, kunde man søge at paavirke deres beslutninger, enten ved paakaldelser og ofre i respekt for gudernes frihed, eller ved magiske foranstaltninger, der mere havde karakter af tvangsmidler, hvorved de nødedes til at føje sig efter menneskers ønsker. Grænsen mellem disse to fremgangsmaader var dog ikke altid skarp; præsten og troldmanden opererede ofte paa samme terræn, og en magisk ceremoni kunde meget vel forenes med en autentisk religiøs holdning.¹³ Men naar alt kom til alt, var der dog ingen principiel sikkerhed for, at menneskelige ønsker blev opfyldt. Maaske blev det vinter, fordi solguden tog til Æthiopien, – men hvem kunde være sikker paa, at han vilde vende tilbage i rette tid til at kornet kunde modnes og høsten bringes i hus? Mysteriereligionerne søgte at garantere naturens regelmæssige gang, saa produktion og samfundsliv kunde opretholdes, ved en aarlig tilbagevendende kult, hvis riter skulde sikre alt levendes frugtbarhed. Men var disse riter virkelig nødvendige? Vilde ikke vinter og vaar vedblivende afløse hinanden, selvom ceremonierne blev daarligt udført, eller maaske helt udeladt?

Afmythologiseringen og sproget

Der er vistnok ingen tekst, som giver direkte belæg for, at saadanne spørgsmål blev formuleret præcist paa denne maade; men sikkert er det, at den gamle mythologiske opfattelse af naturen efterhaanden begyndte at vige for en ny indsigt, der langsomt og faflende banede sig vej. Den gik kort fortalt ud paa, at naturens fænomener ikke fremkom som resultat af naturguddommens frie og principielt vilkaarlige beslutninger. De fremkom tværtimod, fordi der i tingene selv maa formodes at findes iboende, upersonlige og regelbundne kræfter, som med en indre nødvendighed tvinger et givet fænomen til at optræde, hver gang de rette betingelser er til stede.

Af denne idé udsprang historiens første og største »videnskabelige revolution«, i sammenligning med hvilken alle senere om-

væltninger i naturerkendelsen tager sig ud som blotte krusninger paa overfladen. Dens forhistorie fortæber sig endnu i det dunkle; men sikkert er det, at denne afmythologiserede naturopfattelse udvikledes paa græsk jordbund. Ganske vist har forskningen i vort aarhundrede kunnet paavise adskillige omraader, paa hvilke grækerne tog ved lære af de ældre kulturer i Ægypten og Mesopotamien.¹⁴ Herom var de sig ogsaa selv bevidst;¹⁵ men der er trods dette ikke fremkommet vidnesbyrd om, at disse ældre kulturer gjorde forsøg paa at erstatte den mythologiske beskrivelse af naturen med en anden. Vi har derfor ingen skellig grund til at betvivle den veldokumenterede, omend fragmentariske tradition, som placerer de første eksperimenter med en ikke-mythologisk beskrivelse i de ioniske kolonier langs Lilleasiens vestkyst, med Thales af Milet (ca. 600 f. Kr.) og hans umiddelbare efterfølgere Anaximander og Anaximenes som de første pionerer, der hver paa sin maade søgte at pejle sig ind paa de iboende, men ukendte kræfters natur.

Historien om disse før-Sokrates filosofers tanker er ofte fortalt – den var forhen et selvfølgelig element af den akademiske dannelse takket være den nu afskaffede undervisning til filosofikum, – og skal ikke repeteres her.¹⁶ Derimod kan der være grund til at reflektere over det formidable problem af rent sproglig art, disse tænkere kom til at staa overfor. Den mythologiske naturforklaring var saa nært knyttet til det almindelige sprog, at ethvert forsøg paa at afløse den med en anden næsten uundgaaeligt maatte resultere i en sproglig krise, – et forhold der synes at gøre sig gældende, hver gang en ny og virkelig radikal indsigt søger at bane sig vej for at udvide selve den menneskelige tankes horisont. Thi naar det gjaldt om at finde adækvate udtryk for den vage idé om en indre sammenhæng mellem fænomenerne, kom sproget til kort; det græske sprog rummede simpelthen ikke noget ord for et saa abstrakt begreb som en »indre sammenhæng«, der virker med »nødvendighed«. Dermed opstod et problem, som den græske tænkning søgte at løse paa to væsentlig forskellige maader.

Aarsagsforestillingen

Fra denne tidlige periode har vi kun eet stort værk, der er bevaret i sin helhed, – Herodots berømte *Historia* (ca. 430 f. Kr.), hvori forfatteren aflægger en detaljeret rapport om, hvad han har hørt og set paa sine mange rejser inden for og uden for den græske verden.¹⁷ Et sted omtaler han den klippekløft, hvorigennem floden Peneus afvander den thessaliske slette. Om denne kløft fortalte den lokale befolkning ham, at den var sprængt gennem bjergene af den jordrystende gud Poseidon. Selv er Herodot dog ikke i tvivl om, at den maa være frembragt af et jordskælv uden Poseidons medvirken.¹⁸ Halvandet hundrede aar efter Thales er vi her midt i afmythologiseringen: befolkningen paa landet tænker endnu i de gamle baner, medens den højt dannede Herodot anlægger en »moderne«, ikke-mythologisk betragtning.

Herodots værk vidner imidlertid om, at den nye tankegang ikke var uden problemer. Det fremgaar ikke mindst af hans overvejelser om den aarlige Nil-oversvømmelse, der tidligere i Ægypten forklaredes ved Nilguden Hapy's kærlige omsorg for landet og dets grøde. Denne forklaring nævnes slet ikke af Herodot, som derimod omtaler en »moderne« teori om, at oversvømmelsen kommer, fordi de etesiske sommervinde blæser fra nord og stemmer vandet op i deltaet, saa floden forhindres i at løbe ud i havet.¹⁹ Men det kan ifølge Herodot ikke været rigtigt, dels fordi Nilen ogsaa gaar over sine bredder i de aar, hvor de nævnte vinde af en eller anden grund udebliver, dels fordi der er floder i Syrien og Libyen, som ikke flyder over om sommeren, selv om de paavirkes af den samme blæst som Nilen. Herodot maa derfor finde en anden forklaring, som knytter oversvømmelsen sammen med et andet naturfænomen, der aar for aar kommer igen med større sikkerhed end de etesiske vinde. Derfor argumenterer han for at oversvømmelsen maa staa i forbindelse med solens aarlige bevægelse. Dermed er han paa sporet af den rigtige forklaring, og han kender da ogsaa allerede en teori om, at oversvømmelsen kommer af sne, der er smeltet af solens varme. Men det kan heller ikke være rigtigt; for Nilen kommer fra det hede Libyen, hvor det altid er sommer og snefald er ukendt. Til sidst

ender han med den forklaring, at solen »løfter« flodvandet højest, naar den selv staar højest paa himlen, hvilket fører til en noget vidtløftig teori for meteorologien i det nordlige Afrika.

Det var saaledes ikke nogen let sag at bestemme naturens iboende, upersonlige kræfter, – en opgave som naturvidenskaben siden har arbejdet videre med uden endnu at være blevet færdig. Herudover egner eksemplet sig godt til at belyse de rent sproglige vanskeligheder, som Herodot her stod overfor. Hermed sigter jeg ikke saa meget til, at han ikke altid husker at være konsekvent, men fx slumper til at bruge daglig tale ved et sted at kalde solen for »denne gud« (*houtos ho theos*).²⁰ Thi mere interessant er det, at naar han prøver at forklare at solen er skyld i Nil-oversvømmelsen, bruger han ordet *aitia*, der netop betød »skyld« i daglig tale, – men vel at mærke den skyld en forbryder paadrager sig ved at begaa sin brøde. Det vil sige, at Herodot rent umiddelbart omtaler solen i personalistiske termer som en »forbryder«, der er »skyldig« i noget, uanset at han er ude i helt andet ærinde, nemlig at give en ikke-personlig beskrivelse af den formodede sammenhæng. Tilmed maa solen jo saa karakteriseres som en vaneforbryder, eftersom den begaar oversvømmelser det ene aar efter det andet. Betænker man endelig, at oversvømmelsen slet ikke er nogen misgerning, men tværtimod en velsignelse for hele Ægyptens land, maa man indrømme, at der her er tale om et virkeligt sammenbrud af det almindelige sprog. Det formaar ikke at sige det, som Herodot ønsker at udtrykke.

Men i stedet for at hæfte sig ved dette sammenbrud kan man ogsaa betragte denne passage hos Herodot som et lingvistisk experiment, ved hvilket et velkendt ord fra dagligsproget tages ud af sin tilvante sammenhæng (med retssproget) og saa at sige tvinges til at fungere i en ny sammenhæng (i den ikke-mythologiske naturbeskrivelse). Paa det nye omraade kan det kun forstaas billedligt, som en metafor der skal udtrykke, at der til en vis grad eller i en særlig forstand bestaar det samme forhold mellem solen og oversvømmelsen som mellem forbryderen og forbrydelsen, selvom der er den afgørende forskel, at sammenhængen i det ene tilfælde er upersonlig, men personlig i det andet. Det interessante er, at dette experiment lykkedes, for saa vidt som græske tænkere

blev ved med at sige *aitia* hver gang de vilde fremstille et fænomen som en nødvendig følge af et andet. Som tiden gik, blev denne nye betydning af ordet den mest fremherskende; man glemte at det oprindeligt var en metafor, og til sidst blev det et standardudtryk i filosofien for hvad vi paa dansk kalder »aarsag« – i øvrigt samtidig med at vi ogsaa paa dansk stadig kan tale om »skyld« i samme betydning, som naar vi for eksempel siger at lynnedslaget var skyld i ildebranden, uden at tænke over at dette er en mærkelig metafor.

Dette experiment var langt fra enestaaende. Talrige ord i det græske dagligsprog led samme skæbne og forvandlede fra sære metaphorer til abstrakte filosofiske og videnskabelige termer. Saaledes udtryktes den indre »nødvendighed« i naturens sammenhænge ved ordet *ananke*, der egentlig betød de midler, hvorved en anklaget for retten blev presset til at tilstaa.²¹ Ordet *hyle* betød til at begynde med træ eller tømmer og derefter byggematerialer i almindelighed;²² i filosofien blev det til det abstrakte begreb, som vi efter latinsk forbillede kalder *materie*, og som af grækerne opfattedes som et grundlæggende element i alle »materielle« »substanser«. Ordet »substans« er i øvrigt en latinisering af det græske *hypostasis*, som oprindeligt blot betød noget, der findes nedenunder noget andet, f. ex. et sediment paa bunden af et vinkar. Det blev nu anvendt om det »bestaaende« i tingene, der udtrykker, hvad de virkelig er uden hensyn til tilfældige ydre egenskaber. At denne nye betydning var arbitrær fremgaar af, at det samme begreb kunde betegnes med ordet *ousia*, der egentlig betød en persons faste ejendom.²³

Denne sproglige proces foregik gennem aarhundreder og resulterede i et gloseforraad, der gav filosofien i almindelighed og naturbeskrivelsen i særdeleshed muligheder for at give den oprindeligt vage intuition af tingenes indre sammenhæng udtryk i en logisk diskurs, som direkte eller gennem oversættelser har præget hele den senere videnskabelige tænkning. Hvad dette har betydet for videnskabernes udvikling kan vanskeligt overvurderes. Men paa den anden side maa det heller ikke glemmes, at alle disse abstrakte gloser i deres oprindelse var uklare metaphorer, som efterhaanden blev slebet til under brugen eller fik mening gennem

formale definitioner. Denne omstændighed berøver det saaledes etablerede videnskabelige sprog enhver endegyldig karakter, saaledes at ny sproglige kriser kan opstaa, naar en radikalt ny indsigt igen prøver at bane sig vej.

Mathematikken i naturen

Samtidig med at de ioniske filosoffer udviklede den ikke-mythologiske naturbeskrivelse i et sprog af metafysisk-metaforiske termer med aarsagsforestillingen som det kraftigste værktøj, slog de »saakaldte pythagoræere« – som Aristoteles kaldte dem²⁴ – ind paa en anden vej. De omgærdede deres samfundsliv med stor hemmelighedsfuldhed, og vor viden om dem er stadig beklageligt fragmentarisk og ufuldstændig. Der er dog ingen tvivl om, at de repræsenterede et nyt, østfra kommende indslag i den græske kultur, ikke mindst ved deres lære om legemets renselse ved askese og sjælens renselse gennem studier, især af fagene arithmetik, geometri, musiktheori og astronomi, der siden gik over i historien som »det pythagoræiske *quadrivium*«. ²⁵

Ifølge en enstemmig og utvivlsomt korrekt tradition udførte pythagoræerne akustiske eksperimenter med blæse- og strengeinstrumenter, specielt med en monochord med en enkelt streng af variabel længde, spænding og materiale.²⁶ Derved opdagede de, at naar strenglængden bliver præcist halveret, stiger tonen en oktav. Forkortes den til to trediedele, stiger den en kvint, medens den stiger en kvart, naar strenglængden ændres til tre fjerdedele af den oprindelige værdi.²⁷ Musikkens konsonante intervaller hang altsaa intimt sammen med de smaa, hele tal, – en opdagelse som fik en meget vidtrækkende betydning paa mere end een maade. Saaledes gav den stødet til udviklingen af en matematisk harmonilære, der kom til at sætte dybe spor i al senere musiktheori, ligesom pythagoræernes abstrakte studium af de hele tals egenskaber blev begyndelsen til taltheorien som en speciel matematisk disciplin.

Endnu vigtigere var det dog, at opdagelsen førte til den nye

indsigt, at nødvendige sammenhænge mellem klasser af naturfænomener (strenglængder og musikalske intervaller) i hvert fald i visse tilfælde kan udtrykkes ved matematiske relationer, som er direkte knyttet til iagttagelsen: strenglængder kan uden videre maales, og toneintervallerne kan høres og identificeres af dem, der har gehør. Dermed fremstod matematikken i en ny rolle: *Den var ikke blot et værktøj til beskrivelse, men ogsaa et redskab til erkendelse; for den gjorde det muligt at erhverve en ny indsigt, som hverken kunde være vundet eller udtrykt paa nogen anden vis.*

Dermed havde pythagoræerne faaet en belæring om det matematiske sprogs særstilling i naturerkendelsen; men samtidig opstod problemet om dets rækkevidde eller anvendelsesomraade. Ifølge Aristoteles forsøgte pythagoræerne selv at anvende deres nye indsigt i akustikken paa astronomien ved en hypotese om, at planeternes hastigheder kunde beskrives ved de samme smaa, hele tal 1, 2, 3 og 4 som de musikalske konsonanser.²⁸ Dette førte til læren om den »kosmiske harmoni« eller »sfærernes musik« som et ordnende princip i universet. Denne musik hører vi dog ikke, fordi vi fra fødslen har været udsat for den og følgelig slet ikke lægger mærke til den. Alligevel kan man ikke blot affærdige ideen med et smil, eftersom pythagoræerne her blot gjorde noget, som talrige senere naturvidenskabsmænd ogsaa har forsøgt, og undertiden med held. En vis matematisk struktur (forhold mellem smaa hele tal) havde vist sig at være nøglen til et omraade af naturen (akustikken). Hvorfor saa ikke undersøge, om den samme struktur ikke ogsaa lukkede op for et andet omraade (astronomien)? Men her gik det galt, og forklaringen ligger lige for; thi medens talforholdene i akustikken var afledt *a posteriori* af erfaringen, var der intet tilsvarende grundlag for at anvende dem paa astronomien, fordi ingen paa dette tidspunkt havde noget sikkert kendskab til planeternes afstande og hastigheder.

Pythagoræerne gik imidlertid endnu videre. Eftersom summen $1 + 2 + 3 + 4$ er lig med 10, selve grundtallet for det græske talsystem, hævdede de – stadig ifølge Aristoteles – at der maatte være netop ti fundamentale legemer i universet.²⁹ Da jord, sol, maane, fem planeter og fixstjernesfæren kun giver ni, opfandt de en altid usynlig »anti-jord« for at faa det ønskede antal. Her er der

tale om en helt anden anvendelse af matematikken. Thi medens læren om sfærerens musik kunde betragtes som en hypotese formuleret i analogi med en aposteriorisk kendsgerning i akustikken, var der her tale om *a priori* at presse en paa forhaand given struktur ned over naturen og udlede universets egenskaber af læren om de hele tal. Dette var ren numerologi eller talmystik, og Aristoteles betænkte sig ikke paa at kalde pythagoræerne til orden: »I alt dette søger de ikke efter forklaringer eller aarsager for at gøre rede for iagttagne kendsgerninger. De gør snarere vold paa deres observationer for at tilpasse disse til visse af deres egne teorier og meninger.«³⁰

Disse hændelser i naturvidenskabens barndom fik følger for hele dens senere historie. Pythagoræerne havde opdaget det matematiske sprogs særlige muligheder som et redskab for selve erkendelsen, men havde ogsaa demonstreret, hvor let den matematiske beskrivelse kunde løbe af sporet, naar den praktiseredes uden erfaringens kontrol. Alligevel har de æren for at have givet naturvidenskab en belæring, den senere har bevaret som en dyrebar skat, som kun sjældent blev værdsat af andre. Men netop derved opstod der et spændingsforhold mellem den matematiske naturbeskrivelses dyrkere paa den ene side og paa den anden side dem, der fandt det matematiske sprog uegnet som medium for det, som de ønskede at sige. Allerede i den græske tænkning finder vi de første vidnesbyrd om denne konflikt, der gav anledning til tre forskellige grundholdninger, som hver for sig blev til en endnu levende tradition.

De tre store traditioner

Her møder vi først *den platoniske tradition*. Platon var dybt paavirket af den græske matematiks hastige udvikling og dens evne til at demonstrere udsagn, hvis ubestridelige sandhed kunde indses af den menneskelige fornuft alene.³¹ Dette var en væsentlig del af baggrunden for hans lære om de separate, evige og uforanderlige ideer som tilværelsens egentlige grund. Men netop derfor blev

det nærliggende at mene, at matematikken som saadan maatte kunne give oplysning om den fysiske verden, der var en ufuldkommen afglans af den »ideale«. Platon anvendte derfor matematikken i naturbeskrivelsen paa apriorisk vis, som et par eksempler vil vise. I dialogen *Timaios* hedder det saaledes, at demiurgen eller verdensskaberens indrettede universet efter de fem regulære polyedre, der kendes i geometrien. Af disse brugte han dodekaedret til stjernehimlens billedgalleri. Der bliver da fire tilbage, og derfor maa der være netop fire materielle elementer: ild, luft, vand og jord.³² Men man kan komme til samme resultat ved hjælp af matematikken (algebraen); det følger nemlig af, at der mellem to givne størrelser altid kan indskydes to mellemproportionaler. Der bliver da fire størrelser forbundet med relationer som f.ex.

$$8 : 12 = 12 : 18 = 18 : 27$$

og derfor maa der være fire elementer, om hvilke der gælder, at »ild forholder sig til luft som luft til vand og som vand til jord.«³³ Man kan næppe undre sig over, at disse argumenter har holdt eftertidens kommentatorer i arbejde; men spørgsmaalet om, hvad Platon egentlig mente, er af mindre betydning for vort emne end det faktum, at han i begge tilfælde søgte at udlede visse af naturens egenskaber ved hjælp af paa forhaand givne matematiske strukturer. Gennem tiderne har talrige andre fulgt hans eksempel, ofte med vilkaarlig numerologi eller pseudo-videnskabelig talmystik som resultat.

I den aristoteliske tradition herskede der en ganske anden grundholdning. Aristoteles selv afviste alle talmystiske spekulationer,³⁴ ligesom han forkastede tanken om en separat ideverden, hvorfra matematiske strukturer kunde hentes ned til forklaring af fænomener i den fysiske verden. Hvad vi her kan erkende, kan vi takke erfaringen for. Den eneste kontakt med fænomenerne kommer gennem vore sanser, der leverer det materiale, som den ræsonnerende og abstraherende fornuft kan bearbejde til mere eller mindre generelle udsagn om virkeligheden. Paa et vist niveau af abstraktion vil der optræde matematiske udsagn om tingene; men de er ikke paa forhaand kendte og maa derfor saa at

sige hentes frem fra erfaringsmaterialet som a posterioriske resultater. Aristoteles er derfor ikke fremmed for den matematiske naturbeskrivelse og har meget at sige om den. Men den er for ham ikke nogen hovedsag, for selve videnskaben har et videre sigte: »Al intellektuel erkendelse har at gøre med årsager og principper«, siger han, og »filosofiske undersøgelser har fænomenernes årsager som genstand«. ³⁵ En videnskabelig beskrivelse er tilmed ikke komplet, før den har fundet baade den materiale, formale, virkende og finale årsag, der alle er nødvendige for at frembringe et givet fænomen; der maa nemlig foreligge et vist materiale, der gives en bestemt form under indflydelse af virkende kræfter, som arbejder i en bestemt hensigt. ³⁶ Dette er dog ikke altid tilfældet; saaledes er der ingen materiel årsag til en maaneformørkelse, og maaske kan man heller ikke sige, at den har noget formaal. ³⁷ Men i almindelighed gælder det, at naturen virker i en vis hensigt, som det er videnskabens opgave at afdekke. Det er overflødigt her at gaa nærmere ind paa den enorme historiske betydning af denne tradition for at bestemme den videnskabelige forskning som en søgen efter fænomenernes årsager.

Her bliver det imidlertid nødvendigt at gaa ind paa *en tredje tradition* fra Antikken, hvor der opstod en række fagomraader, der med Aristoteles' ord »er mere fysiske end matematiske, selvom de kombinerer begge discipliner, saasom optik, musiktheori og astronomi.« ³⁸ Havde Aristoteles levet hundrede aar senere, vilde han hertil have kunnet føje den theoretiske mekanik, som grundlagdes af Archimedes i to bemærkelsesværdige skrifter om stive legemers ligevægt under paavirkning af tyngden. ³⁹ De udmærker sig ved en stringent matematisk form, men kan ikke indpasses i den platoniske tradition, eftersom de paaviste matematiske relationer (f.ex. vægtstangsreglen) ikke er a prioriske, men bygger paa erfaringen. Paa den anden side kan de til trods herfor ikke siges at høre hjemme i den aristoteliske retning, idet de totalt ignorerer alle metafysiske spørgsmaal om fænomenernes årsager og specielt undlader ethvert forsøg paa at bestemme deres formaal. De maa derfor anbringes i en klasse for sig som begyndelsen til en historisk tradition, som passende kan kaldes den ar-

chimediske, og som op gennem tiderne har sat stadig flere skud paa videnskabens træ, hvad navne som Ptolemaios, Kepler, Galilei og Newton vidner om. Den har principiell filosofisk interesse som bevis for, at den direkte matematiske beskrivelse af fænomenerne kan frembringe ubestridelige resultater uden aarsagsforestillingens hjælp.⁴⁰

Viden og visdom

Lad os her standse op for at kaste et blik tilbage paa den udvikling, som er skitseret ovenfor i alt for korte og summariske træk. Den græske naturvidenskab kom til verden i en revolte mod den mythologiske naturopfattelses vilkaarligheder som et forsøg paa at finde immanente grunde til fænomenernes fremkomst. Det bevirkede en sproglig krise, idet dagligsproget manglede evne til at udtrykke den nye vision af naturen som et sammenhængende, lovmæssigt hele. Denne krise blev overvundet paa to maader. Paa den ene side kunde man beskrive naturen ved hjælp af et metafysisk begrebsapparat, som oprindeligt byggede paa metaphorer, og som gav begreberne aarsag og virkning den centrale plads; herfra gik der en lige linie til Aristoteles' syn paa videnskaben som en søgen efter aarsagssammenhænge. Paa den anden side kunde fænomenerne ogsaa sammenknyttes ved matematiske relationer, der enten betragtedes som givet paa forhaand, eller som maatte udledes ad erfaringens mere trange vej. Derved etableredes de tre store traditioner, som er skildret ovenfor, og som siden har vevet sig op gennem historien paa en maade, som vi ikke her skal komme nærmere ind paa.

Derimod kan der være grund til at slutte med nogle mere generelle spørgsmaal, der uvilkaarligt trænger sig paa. Kan man sige, at afmythologiseringen lykkedes? Hvilke omkostninger var der forbundet med den? Og hvad blev følgerne af det nye sproglige alternativ af metafysik og matematik?

Hvad det første spørgsmaal angaar maa man erkende, at det stort set lykkedes de græske filosoffer at tegne et billede af univer-

set som et velordnet kosmos, der kunde beskrives i rationelle begreber uden mytologiske træk. Hermed er ikke sagt, at alle de kendte naturfænomener kunde beskrives med samme fuldstændighed. I astronomien naaede man betydelig længere end i fysikken, der paa sin side kom længere end kemien. Alligevel var det paa disse omraader klart, at mythernes tid var forbi, og at tanken om en rationel naturbeskrivelse havde sejret. Selv astrologien opgav sit gamle mytologiske grundlag og overlevede i en sækulariseret form som noget, der foregav at ligne en naturvidenskab. At alkymien og de hermed beslægtede hermetiske kunster samtidig opstod, klædt i en før-videnskabelig sprogdragt og dyrket i lukkede kredse af indviede adepter, viser kun, at det tog sin tid før den nye naturopfattelse trængte ud i alle kroge. Om dens endelige sejr i de dannede kredse kan der næppe herske nogen tvivl.

Prisen for denne udvikling betales af den klassiske græske religion. Indsigten i den fundamentale enhed i naturens fænomener gjorde det umuligt at fastholde troen paa en mangfoldighed af guder, som hver for sig var ansvarlige for dette eller hint naturlige domæne. Skulde den religiøse bevidsthed overleve, maatte religionen derfor blive monotheistisk, som allerede Xenophanes udtalte det i det 5. aarh. f.Kr.⁴¹ Aristoteles' storladne forsøg paa at give en filosofisk begrundelse for monotheismen med aarsagsbegrebet som værktøj⁴² fremtræder i dette perspektiv som en filosofis forsøg paa at udfylde det religiøse vakuum, som filosofien selv havde skabt. Dette forhold fik afgørende betydning, da naturvidenskaben senere mødte kristendommen, hvis theologi paa flere maader imødekom grundtankerne i den videnskabelige revolution. For det første indebar den monotheistiske skabelsestro en holdning til naturen, der var lige saa afmythologiseret som den græske. For det andet gav den johannæiske lære om Kristus som verdens »logos« en theologisk begrundelse for den gennemgribende rationalitet i verden, som selve den videnskabelige erkendelse bygger paa.⁴³ Dette spor kan vi ikke her forfølge videre.

Tilbage staar spørgsmaalet om følgerne af grækernes opdagelse af, at naturerkendelsen kan betjene sig af baade et metafysisk og et matematisk sprog. Her kommer Aristoteles til at staa som

den centrale figur. For det første søgte han at redde naturerkendelsen som saadan fra den anklage, Sokrates havde rettet mod de ioniske filosoffer for at have været paa vildspor ved at bruge fornuften til at udforske naturen uden at »forklare det formaals-tjenlige for hver enkelt ting og det fælles gode for alle ting«, dvs. uden at sætte naturerkendelsen ind i en ethisk sammenhæng.⁴⁴ Dette kaster lys over Aristoteles' stærke hævde af, at den videnskabelige beskrivelse kun kan være komplet, hvis den afdækker den finale årsag til fænomenerne og dermed viser deres hensigt og mening, saaledes at ogsaa det gode liv for mennesket kan ses i sammenhæng med det maalrettede i alt værende. Men paa dette punkt mente han ikke at finde hjælp i den matematiske beskrivelse. Det kom af, at matematikken betragter uforanderlige objekter, der paa grund af deres uforanderlighed ikke kan være årsag til noget. De kan ikke sætte noget i gang og har derfor intet forhold til det, der sker af godt eller ondt. »Derfor beviser matematikken ikke noget ved hjælp af den slags årsager, ligesom den herudover ikke beviser noget ved [begreberne] det gode og det onde (...) Matematikerne hentyder aldrig til disse ting.«⁴⁵

Sagt med andre ord: matematikken er ethisk neutral og har intet at sige om tilværelsens mening som saadan. Det samme maa formodes at gælde om de matematiske naturvidenskaber, selvom Aristoteles ikke uddyber dette nærmere. Dermed har vi allerede i oldtiden faaet markeret en kløft af principiel betydning. Den matematiske beskrivelse af fænomenerne fører til *viden* om deres indbyrdes sammenhænge; men der er ingen *visdom* at hente i den, for den siger intet om meningen med dem. Vil man hente visdom, maa man derfor vende sig til den alternative beskrivelse, der med sit metafysiske sprog rækker ud til tingenes formaal, saa erkendelsen bliver et middel til at virkeliggøre det gode.

Saavidt Aristoteles. Er det hans opfattelse, der gennem tiderne har faaet vogterne af den menneskelige visdom til konsekvent at ignorere den matematiske naturbeskrivelse som irrelevant for alt andet end teknikken og ansvarlig for modsætningsforholdet mellem humaniora og naturvidenskab og Snow's to kulturer? Svaret paa dette spørgsmaal vilde kræve en anden historisk under-

søgelse af den matematiske naturbeskrivelses filosofiske om-dømme op gennem tiderne. Det vilde her føre os for vidt. Vi maa nøjes med at konstatere, at allerede i sin første begyndelse blev denne form for naturvidenskab anbragt i den isolerede position i forhold til »det menneskelige«, hvori den stadig synes at befinde sig. Men derfor er det ogsaa stadigt et brændende spørgsmaal at finde den visdom, der utvivlsomt skjuler sig under den matematiske naturbeskrivelses dække, saa sandt som denne formaar at give os en særlig adgang til den ydre virkelighed.

Noter

- 1: Begrebet *humaniora* hører hjemme i Renaissanceen, medens *aandsvidenskab* indførtes af den tyske filosof Wilhelm Dilthey (1833-1912); det har kun slaat an i tysk-paavirkede kredse.
- 2: C. P. Snow: *The Two Cultures and the Scientific Revolution* (The Rede Lecture 1959) Cambridge, 1959. – Om den efterfølgende debat se J. Thale: *C. P. Snow*, Edinburgh and London, 1964, og den deri angivne udførlige bibliografi.
- 3: Se herom fx O. Pedersen: *De eksakte videnskabers historie*, København 1978 (Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskabs Pjeceserie *Grundvidenskabene i Dag*, No 6).
- 4: Se Thorkild Jacobsen, *The Cosmos as a State*, i H. Frankfort (ed.): *Before Philosophy*, London 1949, 137-199 (1. udg. Chicago 1946).
- 5: *Odysseen* V,4 og 131.
- 6: Hesiod, *Erga*, 527.
- 7: *Illiaden* VIII, 409 og XXIV,27. – Cf. Hesiod, *Theogoni*, 266.
- 8: Platon: *Staten* II, 379a. Aristoteles, *Meteorologica* II,1, 363a.
- 9: Se Clemens af Alexandria: *Stromata* V,1.
- 10: Cicero, *De divinatione*, udg. med engelsk overs. af W. A. Falconer, London, 1923 (The Loeb Classical Library).
- 11: *Odysseen* XI,1 ff.
- 12: *1 Sam.* 28,7 ff.
- 13: Se fx den smukke og dybt religiøse gammelbabiloniske bøn for den natlige haruspici (levertydning) i J. B. Pritchard: *Ancient Near Eastern Texts relating to the Old Testament*, 2nd ed., Princeton, 1955, II, 58.
- 14: Se fx M. L. West, *Greek Philosophy and the Orient*, Oxford, 1971, og for naturvidenskabens og matematikkens vedkommende O. Neugebauer, *The Exact Sciences in Antiquity*. Copenhagen, 1951, samt B. L. van der Waerden,

- Die Anfänge der Astronomie*, Groningen s.d. [1965]. I astronomien har man en særlig mulighed for at paavise saadanne kulturelle vevirkninger ved hjælp af overensstemmende talkonstanter (f.ex. maanedens længde), der ikke kan optræde uafhængigt i to forskellige kulturelle sammenhænge.
- 15: Sml. den stolte bemærkning i *Epinomis*: »Alt, hvad Hellenerne har overtaget fra andre, har de selv udviklet til større fuldkommenhed,« 987 d.
- 16: Næsten alle de relevante fragmenter af kilder til den ældste græske tænkning blev samlet i et klassisk værk af H. Diels (1903). En mere moderne samling er G. S. Kirk and J. E. Raven, *The Presocratic Philosophers*, Cambridge 1962 (og mange senere udgaver), der gengiver kilderne i original med engelsk oversættelse og en fortrinlig kommentar.
- 17: *Herodotus*, with an English translation by A. D. Godley, Vol. I-IV, London 1920-1925 (The Loeb Classical Library).
- 18: *Historia* VII, 129; Vol. III, 430 ff.
- 19: *Historia* II, 20-26; Vol. I, 298 ff. – Om de etesiske vinde se Aristoteles, *Meteor.* II, 5, 361b 35 ff.
- 20: *Historia* II, 24; Vol. I, 300.
- 21: *Herodot.* *Historia* I, 116; Vol. I, 150 – Sml. *Odyseen* VI, 136.
- 22: *Odyseen* V, 63 og 257; XIV, 353.
- 23: Et katalog over en række af de mest generelle filosofiske abstrakter findes i Aristoteles' *Metaphysik*, Bog IV og V.
- 24: Aristoteles, *Metaph.* I, 5, 12; 985b 24.
- 25: Betegnelsen optræder første gang i Boethius's *De institutione musica* I, 1 (ed. Friedlein p. 7) fra begyndelsen af det 6. aarh. e.Kr.
- 26: Se beretningen hos Boethius, *op. cit.* I, 10 (ed. Friedlein p. 196).
- 27: En udførlig redegørelse for disse eksperimenter findes i Theon of Smyrna's bog *Om de matematiske forudsætninger for at læse Platon* fra det 2. aarh. e.Kr., overs. til engelsk i Cohen and Drabkin, *A Source Book in Greek Science*, Cambridge, Mass. 1958, 294.
- 28: Aristoteles, *De caelo* II, 9,1 290b.
- 29: Aristoteles, *De caelo* II, 13, 293a.
- 30: *ibid.*
- 31: Se fx episoden i dialogen *Menon* (81d ff.) hvor Sokrates faar en ulærd slave til at bevise en matematisk sætning.
- 32: *Timaios* 54c.
- 33: *Timaios* 31c.
- 34: Se fx den stærkt retoriske og næsten emotionelle tirade mod pythagoræerne i *Metaphys.* XII, 6, 1093a.
- 35: Aristoteles, *Metaph.* V,1, 1025b og I,9, 992a.
- 36: Aristoteles, *Physica* II,3, 194b.
- 37: Aristoteles, *Metaph.* VIII,4, 1044b.
- 38: Aristoteles, *Physica* II,2, 194a.
- 39: Se T. L. Heath, *The Works of Archimedes*, Cambridge 1897 (Reprint New York s.d.) 189-220.

40: Dette kan maaske forekomme overraskende; men Ptolemaios' *Almagest* indeholdt ingen betragtninger over aarsagerne til planetbevægelserne, men fandt alligevel rigtige relationer (f.ex. maanebevægelsens 2. anomali). Kepler begyndte som platoniker med at ville forklare det Copernicanske system vha. de regulære polyedre, men fandt de rigtige love for planetbevægelserne ved en matematisk analyse af Tycho Brahes observationer. Galilei fandt lovene for det fri fald efter bevidst at have lagt problemet om dets aarsag paa hylden. Og Newton slog sig til taals med at beskrive de matematiske konsekvenser af sin gravitationslov, men overlod problemet om gravitationens aarsager til eftertiden.

41: Kirk and Raven, Fr. 173 efter Clemens af Alexandria, *Stromata* V,109, 1.

42: Aristoteles, *Physica* VIII, 5, 256a ff; *Metaph.* XII, 6-9, 1071 ff.

43: Allerede i det 2. aarh. blev dette en af de ledende tanker i kirkefædrenes theologi, begyndende med Justinus Martyrs *Apologi* I,33 og II,6. – Sml. Jean Daniélou, *Gospel Message and Hellenistic Culture*, London, 1973, 345 ff.

44: Se Platon's dialog *Phaidon* 98a.

45: Aristoteles, *Metaph.* III, 2, 996a.

Diskussion

ARILD HVIDTFELDT: Jeg vil gerne tilføje en lille ting, der falder inden for mit fagområde. Foredragsholderen indledte den historiske udvikling i bykulturerne i det gamle Grækenland, hvor man havde hele dette gudeapparat, der kunne skalte og valte med naturen; men forud for det ser det ud til, at man alle vegne har haft det, vi i religionshistorien kalder primitiv religion, og der så det helt anderledes ud. Den verdensopfattelse, man havde, lå meget nærmere ved det, vi kalder en videnskabelig opfattelse. Man regnede med, at der var en sammenhæng, det var menneskene selv, der skabte regnen, tordenvejret, frugtbarheden, årets gang osv. Det var ikke nogle guder, der sad oppe i den homeriske olympiske himmel med hver sit departement. Menneskene selv fremkaldte i ritualerne det, man ønskede fremkaldt, med en underforstået nøje årsagssammenhæng mellem det, man foretog sig på kultpladsen, og det, der skete ude i virkeligheden. At den sammenhæng, man dengang så, ikke er mage til den sammenhæng, vi nu ser i sådanne tilfælde, det er en anden sag; man regnede helt afgjort med,

at der var en årsagssammenhæng mellem kult og virkelighed. Meget analogt til, at når vi trykker på en elektrisk kontakt, så regner vi med, at det elektriske lys tænder. Jeg synes, det skal med, fordi byreligionernes gudemaskineri, set i videnskabshistorisk sammenhæng, var på afveje. Nyere tids naturvidenskab er snarere en fortsættelse af primitiv kulturopfattelse og kulturhelhed, end den er en fortsættelse af det, der skete i bykulturerne i oldtiden.

OLAF PEDERSEN: I videnskabshistorien vil vi gerne tale ud fra skrevne kilder, men de kommer jo stort set fra bykulturerne i den periode og bliver vel så ekstra farvede af den opfattelse, man her havde. Jeg er villig til at tro, at der var mere, hvad skal man sige, forståelse for konsekvensen af menneskelige handlinger i naturen, end jeg har givet udtryk for. På den anden side er det vel stadig rigtigt, at det analytiske og abstrakte begrebsapparat først er udviklet på et sent tidspunkt. I øvrigt falder det mig svært at se nogen videre lighed mellem vore dages naturopfattelse og en primitiv eller oprindelig tro på, at mennesker kan styre naturens gang ved rituelle foranstaltninger.

HVIDTFELDT: Det drejer sig om den ting, der skete, da man begyndte at lave matematiske formler til at dække naturvidenskabelig sammenhæng; jeg fik indtryk af, at foredragsholderen mente, at disse matematiske udformninger af opfattelsen af naturen ikke havde noget at gøre med søgningen efter en årsag. Og jeg vil tro, at det i mange henseender er rigtigt, men er det ikke sådan, at man så særlig tænker på astronomien? Man tænker på matematiske formler for ting, der foregår ude i rummet, måske på moderne tid, men altså Newton, Kepler osv. Men i andre naturvidenskabelige sammenhænge har man også opstillet matematiske formler for sammenhæng mellem foreteelser af forskellig art. Kunne man sige, at her søger man ikke efter årsager, nemlig ikke efter årsag til, at hele sammenhængen er, som man finder den udtrykt i matematiske formler. Alligevel synes jeg, der indsniger sig en årsagsopfattelse, nemlig i den forstand, at hvis man piller ved en af variablerne i en sådan formel, så sker der noget igennem

formlen som helhed, andre variabler ændrer sig også. Man ville vel nok med fuld rimelighed kunne sige, at det er ændringen i den variabel, der er årsag til alt det øvrige, der sker. Sådan tror jeg også, man tænker i praksis, og det gør man vistnok også i allerhøjeste grad i naturvidenskaberne.

OLAF PEDERSEN: Hvad det punkt angår, har jeg meget nøje prøvet at sige noget, som ikke skulle udelukke den betragtning; for det er klart, at efterhånden som årsagsforestillingen bliver tilvant og slebet til, vil man også kunne efterforske sådanne årsager i naturen ved at ændre på variable i matematiske relationer. Det, jeg ville understrege, var, at i deres oprindelse var disse matematiske relationer uafhængige af forestillinger om årsager og virkninger, substanser og essenser, og hvad man ellers havde af dette metafysiske begrebsapparat, fordi f.eks. pytagoræernes akustiske eksperiment kun refererede til noget, som simpelthen var her for øjnene og ørerne af os; og det er denne side af den matematiske naturbeskrivelse, der op gennem tiderne er blevet stående. Når man har prøvet at bruge den metafysiske beskrivelse i forsøget på at fastlægge årsager, er den jo meget ofte løbet af sporet, hvorimod den matematiske op gennem tiderne har frembragt det ene resultat efter det andet, som det vil være meget farligt at bestride rigtigheden af. Den har en styrke i sig selv, som den besidder uafhængigt af den måde, hvorpå den i øvrigt måtte blive inddraget i søgen efter årsagssammenhænge.

VAGN FABRITIUS BUCHWALD: Først de første navngivne videnskabsmænd, som Thales fra Milet og Herodot, dukkede op i Grækenlands jernalder, har der utvivlsomt været mange navnløse »videnskabsmænd«, der tumlede med årsag-virknings-problematikken og forsøgte at systematisere naturobservationer. Som et eksempel herpå vil jeg antyde et forhold, der kan være baseret på skarpsindig metallurgisk observation. Den græske gudeverden, som må være blevet til i den mediterrane bronzealder, var karakteristisk ved, at alle guderne som Zeus, Apollon og Pallas Athene var fuldkomne, hver på sin måde. Men een, smedenes gud Hefaistos, var defekt, idet han haltede.

I den tidlige bronzealder arbejdede smedene med kobber-arsen-legeringer, som var teknologisk fremragende, idet de gav hårde, seje og slidstærke værktøj og våben. Men smedene udsatte sig for en kronisk arsenforgiftning, idet de ved smeltningen frigjorte arsenikholdige forbindelser kunne påvirke det motoriske nervesystem og resultere i delvise lammelser. Det kan derfor se ud, som om man har noteret denne årsag-virknings-sammenhæng og har overført iagttagelsen til Olympen, hvor Hefaistos har fået tillagt smedenes erhvervsskade. Da man langt hen i bronzealderen, ca. 1.200 f.Kr., fik adgang til tinnmalme, forlod man hurtigt de giftige arsenbronzer. Ganske vist var de nye tinbronzer teknologisk knap så gode som arsenbronzerne, men det accepterede man, fordi der blev opnået en klar forbedring af arbejds-miljøet.

EBBE SPANG-HANSEN: Jeg ville gerne have lov til at stille et spørgsmål om forholdet mellem den platoniske og den arkimediske tradition. Det blev stærkt understreget i foredraget, at den rigtige tradition, som førte frem til moderne naturvidenskab, var den arkimediske, fordi den byggede på erfaringen, hvorimod den platoniske tradition var apriorisk og byggede på idealernes kønne matematiske verden. Men er det ikke rent faktisk sådan, at den platoniske tradition også kom til at spille en meget stor rolle i naturvidenskabens historie, fordi den gav mange naturvidenskabsmænd en stærk motivering for deres søgen?

Holbergs kollega, fysikprofessoren Peder Horrebow, som var en betydelig videnskabsmand i sin tid, står for mig som et lysende eksempel på en utrættelig og produktiv forsker, der blev drevet frem af en aldeles religiøs, platonisk opfattelse af videnskaben og verdens enhed. Man kan mange gange i historien se, at en teori, som i sig selv ikke har så megen videnskabelig værdi, ikke desto mindre kan inspirere forskerne i den rigtige retning. Det gælder vel for eksempel også for det 19. århundredes teorier om ånden i naturen.

OLAF PEDERSEN: Jo, det, der umiddelbart kan læses ud af videnskabens historie, er jo, at den platonske opfattelse gennem tiderne

har inspireret mange mennesker til at gå i gang med videnskabelig forskning, på grundlag af en tro på, at i virkeligheden, som man ønsker at beskrive, er der tale om en grundlæggende matematisk struktur fra begyndelsen af, og vel at mærke en struktur, der er udtrykt i en matematik, vi kender eller kan udvikle; så må det blot være problemet at finde den mere eller mindre åbenlyse matematiske formel, der lukker op for det pågældende område. Det har været en inspiration for mange; det store eksempel er Kepler, der startede som ung med at skrive en tyk bog om *Universets Hemmelighed*. Denne hemmelighed var, at de fem platoniske legemer kunne indskrives successivt i kugleskaller, som så fik visse størrelsesforhold, der skulle svare til planternes relative afstande i det kopernikanske system. Det var en genial ide og det flotteste eksempel på en sådan platonisk tilgang til naturen, som man kan nævne; men der er bare det, at Kepler selv blev jo klar over, at den gik ikke. Den førte til gode overensstemmelser i to tilfælde; de andre var for langt ude til at kunne accepteres, så det hele måtte opgives. Da Kepler så gik i gang med Tycho Brahes observationer, var det igen ud fra den gamle forestilling om, at der er noget specielt kønt ved cirkelbevægelsen, så planetbanerne må være cirkler eller kunne sættes sammen af cirkelbevægelser. Om man vil, kan man også kalde det et platonisk træk, som på forhånd giver en kendt matematisk struktur en særlig funktion. Det tog ham adskillige år at overbevise sig selv om, at det var en vildmand; planetbaner var ellipser, og det var der ikke noget at gøre ved, for det kom ud af de tal, som Tycho havde lagt på bordet. Vi har mange andre eksempler på en tilsvarende brydning mellem de to indstillinger. Nu skal man jo ikke lave statistik på sådan en historie, for den er jo aldrig skrevet færdig, men jeg vil vove at sige, at det næsten altid er den arkimediske tilgang, som har ført til de resultater, der er blevet accepteret som noget, man kunne bygge videre på.

DAVID FAVRHOLDT

Naturvidenskaberne og deres grænse

Kan videnskaben forklare alt? Kan alt, hvad der forekommer i verden, forstås ud fra en naturvidenskabelig begrebsramme? Kan alle spørgsmål og problemer i tilværelsen videnskabeliggøres, således at svaret på dem gives af naturvidenskaberne? Spørgsmål af denne art optager mange i vore dage, hvor naturvidenskaberne udvikler sig hastigere end nogensinde før.

Nogle træk ved det videnskabelige gennembrud

Vil man tage stilling til sådanne spørgsmål, kan det måske være en hjælp at gå tilbage i historien og se lidt på, hvad det var der skete i det 16. og 17. århundrede, da den videnskabelige renaissance fandt sted. Det var et nybrud, selv om datidens astronomer og fysikere stod i stor gæld til oldtidens græske videnskab og filosofi. Allerede grækerne stræbte efter en rationel verdensforklaring, en enhed i mangfoldigheden, en begrundelse for, at verden er lovmæssig, regelbundet, ordnet – er kosmos og ikke bare kaos. De var klar over erfaringens betydning og indsamlede på mange områder, bl.a. inden for astronomien, zoologien og botanikken, et stort erfaringsmateriale. De opstillede mange hypoteser til forklaring af stoffernes sammensætning, af sygdommes opståen, af planeternes uregelmæssige baner og af forandringens natur. Til de store videnskabelige bedrifter i oldtiden må blandt andet henregnes Euklids geometri og optik, Arkimedes' statik og astronomernes forsøg på at finde en model til forklaring og be-

regning af himmellegemernes bevægelser, forsøg, som fandt deres slutpunkt i Ptolemaios' geometriske system, der ved antagelsen af epicykler, ækvanter og andre hjælpebegreber kunne bruges til forklaring af blandt andet planeternes tilsyneladende uregelmæssige bevægelser ud fra sammensætninger af cirkelbevægelser alene. Da Copernicus omkring 1530 udarbejdede sin teori om de himmelske legemer – der offentliggjordes i værket *Astronomia instaurata Libris sex comprehensa, qui de revolutionibus orbium coelestium inscribuntur* ved hans død i 1543 – havde han Ptolemaios' system som en slags forlæg. Ptolemaios' værk gik ud fra den forudsætning, at jorden befandt sig i centrum af universet, hvis yderste grænse var den kugleskal, som fiksstjernerne sidder på. Copernicus godtgjorde, at Ptolemaios' system kunne erstattes med et meget simplere, hvis man gik ud fra, at solen befinder sig i universets centrum, medens jorden ligesom de øvrige kendte planeter bevæger sig om den og roterer om sin egen akse – en teori, som allerede den græske astronom Aristarchos fremsatte ca. 300 år før Kristi fødsel.

Da det copernicanske system efterhånden vandt tilhængere blandt tidens lærde, blev det åbenbart, at en revision af den aristoteliske fysik var nødvendig. Der var allerede i middelalderen rejst tvivl om væsentlige sider ved den. Nu måtte man tvivle på selve kernen i den. Aristoteles hævdede, at jorden befandt sig i universets midte, at jordklodens centrum var sammenfaldende med universets midtpunkt. Han troede på læren om de fire elementer og deres egenskaber som forklaringsprincippet i alle stoffers sammensætning. De to af elementerne, jord og vand, søger på grund af deres egen natur (altså ikke på grund af nogen tiltrækningskraft) mod universets og dermed jordens centrum. De to andre elementer, luften og ilden, søger på grund af deres natur bort fra universets centrum. Hvis man med Copernicus antog, at Solen og ikke Jorden befandt sig i centrum af alt, måtte Aristoteles' lære om elementernes naturlige bevægelser forkastes. En sten, som kastes op i luften, falder ifølge Aristoteles ned, fordi den søger mod sit naturlige sted: universets midtpunkt, som samtidig er Jordens midtpunkt. Hvis Solen er i universets centrum, så skulle alle sten, alle tunge legemer af sig selv forlade Jorden og

flyve mod Solen. Og Jorden måtte flyve med, forudsat at den ikke blev holdt fast af en af de krystalfærer, som man antog eksistensen af hos aristotelikerne.

Behovet for en ny fysik forstærkedes på mange andre måder. Aristoteles antog, at der var to slags fysik: en, som gjaldt for alt eksisterende, som lå neden for månens sfære, den sublunare fysik, og en anden, som gjaldt for himmellegemerne, den celeste fysik, hvor et femte element, æteren, brugtes som forklaringsprincip. Da Galilei (i 1609) som den første brugte en kikkert til at iagttage himmelfænomenerne, kunne han nogenlunde sikkert fastslå, at Månen ligesom Jorden er en klode med bjerge og dale. Ydermere observerede han fire måner omkring Jupiter – altså en slags lokalt planetsystem i solsystemet – samt at Venus har faser lige som Månen, et fænomen, som er et afgørende argument for det Copernicanske system. Efter alt, hvad Galilei kunne konstatere, var Aristoteles' lære om de to fysikker forkert. I øvrigt var det klart, at hvis Jorden bevægede sig om Solen, måtte dens bevægelse i banen tillige med dens rotation om sin egen akse ske med så stor en hastighed, at man ud fra aristotelisk fysik og almindelige common-sense betragtninger skulle forvente, at fuglene ville blæse ned af træerne, at ting, der blev kastet op i luften, ville falde ned langt fra det sted, de blev kastet fra osv. Kun en helt ny fysik ville kunne forklare, hvorfor sådanne ting ikke finder sted.

Med den bagklogskab, som eftertiden altid sidder inde med, kan vi nu se, at det, der skulle til for at skabe den mekanik, der kom til at afløse den aristoteliske fysik, var nogle geniale kunstgreb samt en forståelse for, at man måtte lære at se bort fra noget, lære at begrænse sig, så at man ikke trøstede efter at forklare alt på én gang.

Dette kan vi danne os et begreb om ved at betragte Aristoteles' eksempel med den faldende sten. Ifølge Aristoteles falder en sten ned mod jorden, fordi den søger hen imod sit naturlige sted. Dette sted er som sagt jordklodens midtpunkt, som samtidig er universets centrum, og det er dette punkt, alle legemer med tyngde søger henimod – fordi det er deres naturlige sted. Stenens fald er således den naturlige bevægelse, og Aristoteles bruger her ordet »naturlig« i samme betydning, som når man siger, at det er

naturligt for et dyr at søge efter mad eller for en plante at søge mod lyset. Det, vi har at gøre med her, er en såkaldt *teleologisk* forklaring, en formålsforklaring, som skal give os svaret på, *hvorfor* noget sker, – *hvorfor* tingene i vore omgivelser opfører sig som de gør. Kaster man en sten ud fra et højt tårn, kan man se, at dens hastighed vokser, jo nærmere den kommer Jorden. Hvad er forklaringen? Det er, fordi den »længes« efter sit naturlige sted. Den har det, siger Aristoteles, ligesom hesten, der på vej hjem sætter tempoet op, jo nærmere den kommer stalden.

Når Galilei næsten 2000 år senere behandler problemet om stenens fald, tager han slet ikke stilling til, *hvorfor* den falder. Han er kun interesseret i, *hvorledes* den falder, dvs. hvor stor hastighedsforøgelsen er, og hvordan denne forholder sig til den gennemløbne vej og den forløbne tid. Han spørger altså kun om, *hvorledes* begivenhederne foregår, og ikke om hvorfor. Her har vi én af de bærende ideer i det videnskabelige gennembrud. En anden er eksperimentet, hvor Galilei også var nyskabende. Med det blotte øje kan vi ikke se, hvordan stenens fald foregår. Ved at lade kugler rulle ned ad lange skrå render kunne han iagttage faldet i »slow motion« og få bekræftet, hvad han i øvrigt havde regnet ud på forhånd, at faldvejen er lig med en konstant ganget med tiden i anden potens. Man kan sige, at man med Galilei får hold på, hvad et eksperiment er: Det er ikke en prøven sig frem på må og få, men derimod en forsøgsopstilling, hvor man nøje har defineret, hvad det er, man vil have svar på, og er i stand til – ofte ved brug af hjælpehypoteser – at generalisere svaret fra eksperimentet til begivenhederne i naturen, selv om der i denne er en række andre faktorer med i spillet, som eksperimentet ikke rummer.

Ud over at Galilei holdt alle spørgsmål om årsagerne til, at noget sker, ude fra de fysiske betragtninger, var der også noget andet, som han fandt det hensigtsmæssigt at se bort fra. Han indførte sondringen mellem de primære og sekundære egenskaber – som de senere blev benævnt af Robert Boyle. Ved de primære egenskaber forstår han sådanne som form, størrelse, bevægelse og antal, som er egenskaber ved tingene, hvad enten de sanses eller ej. Ved de sekundære forstår han farver, lyde, lugte og smagskvaliteter, som ikke findes i tingene selv, men som opstår i

menesket, når det sanser tingene. Det er interessant at se, at en række af de store tænkere i det 17. århundrede – udover Galilei tillige Kepler, Descartes, Malebranche, Boyle, Locke og Newton – når frem til den samme distinktion, men ad vidt forskellige veje, hvorfor de da også definerer den på forskellig vis. Det for fysikken vigtige ved denne sondring var, at man kom mere og mere på det rene med, at man ved primære egenskaber kunne forstå det, som kan måles, vejes og tælles, altså det kvantitative, medens de sekundære egenskaber omfattede alt, som lå uden for det kvantitative område, og følgelig omtales som *sanse-kvaliteter*.

Galilei betragtede de sekundære egenskaber som subjektive. Oplevelser af farver, lyde, lugte, smag etc. fremkommer ved et samspil mellem omgivelserne og den enkelte person og er derfor ikke egenskaber ved naturen i sig selv. Denne er noget rent kvantitativt. Med hans egne ord: »filosofien [og hermed menes formentlig sandheden eller visdommen] er skrevet i den vidunderlige bog, som vedvarende ligger åben for vore øjne – jeg mener universet – men vi kan ikke forstå den, hvis ikke vi først lærer at forstå det sprog og lærer de bogstaver at kende, hvormed den er skrevet. Den er skrevet i matematikkens sprog, og bogstaverne er trekantede, cirkler og andre geometriske figurer, uden hvis hjælp det er umuligt at forstå et eneste ord af den; uden disse vandrer man forgæves rundt i en mørk labyrint«. ¹

Distinktionen mellem primære og sekundære egenskaber er en af de bærende ideer i fysikkens udvikling. Ved alene at holde sig til det kvantitative, det målelige, kunne man så at sige trække et stykke af virkeligheden ud af hele virkeligheden og undersøge det nærmere. Det lyder så enkelt i vore dage at sige, at når en kugle ruller ned ad et skråplan, er det da klart, at dens farve ikke har noget at gøre med bevægelsen, men der skulle en abstraktion til, før man nåede så langt. I den aristoteliske fysik havde alle egenskaber samme status, og så forskelligartede fænomener som en stens fald, forbrænding af et stykke træ, et blads visnen og en plantes vækst søgte man at forklare ud fra et og samme sæt af principper.

Kvantitative undersøgelser, hvor det drejede sig om at måle, veje og tælle, var i slutningen af det 17. århundrede en selvfølge i

fysikken og vandt et århundrede senere også indpas i kemien med Lavoisiers indsats. I vore dage er de et fællestræk ved naturvidenskaberne. I fysikken har man længe haft en standardiseret metrik, således at ethvert måleresultat har kunnet udtrykkes inden for et målesystem, f.eks. centimeter-gram-sekund-systemet.

Med Isaac Newtons store værk *Philosophia naturalis principia mathematica* fra 1687 blev der skabt sammenhæng i den mekaniske fysik. Værket gjorde et umådelig stort indtryk på tænkere i alle lejre i de følgende generationer, og den afrunding af den newtonske mekanik, der fandt sted i tiden op til ca. år 1800, bevirkede, at den for mange kom til at stå som et videnskabens ideal. Newtons værk er opbygget deduktivt, således at de mekaniske lovmæssigheder, inklusive faldloven og de Kepler'ske love for planeternes og Månens bevægelse udledes fra ganske få grundsætninger. Alle bevægelsesforhold udtrykkes kvantitativt, bl.a. ved brug af infinitesimalregning. Selv om man ikke i praksis kan gennemføre en total deterministisk beskrivelse i mekanikken, bredte den opfattelse sig efter Newton, at verdensaltet i sig selv er deterministisk. Den franske matematiker Laplace udtrykte det i 1820 således: »Vi bør betragte universets nuværende tilstand som virkningen af dets foregående tilstand og som årsagen til den tilstand, som vil følge efter. Et intelligent væsen, som kendte alle de kræfter, som virker i naturen til et givet tidspunkt, såvel som alle tings øjeblikkelige position i universet, ville være i stand til i en enkelt formel at omfatte bevægelserne af de største legemer såvel som de letteste atomer i verden, forudsat at dets intellekt var tilstrækkelig kraftigt til at underkaste alle data en analyse; for dét ville intet være uvist, fremtiden såvel som fortiden ville være nærværende for dets øjne. Den perfektion, som den menneskelige bevidsthed har formået at give astronomien, tegner et svagt omrids af et sådant intelligent væsen ... Alle bevidsthedens bestræbelser i dens søgen efter sandhed tenderer imod at approksimere det intelligente væsen, vi lige har forestillet os, til trods for at den for stedse vil være uendeligt fjernt fra en sådan intelligens«. ²

Med disse sporadiske bemærkninger om den videnskabelige renaissance og det videnskabelige gennembrud har jeg kun haft til

hensigt at pege på nogle ting, som danner grundlag for de følgende betragtninger. I naturvidenskabernes grundlæggelse indgår selvsagt langt flere principielle betragtninger end her antydet.

Mekanicisme og vitalisme

Blandt filosoffer og videnskabsmænd kan man i tiden fra omkring 1750 og fremefter finde mange, som mente, at den klassiske mekanik var et tilstrækkeligt grundlag for forklaring af tilstedeværelsen af både liv og bevidsthed. De opfattede naturen, inklusive dyr og mennesker, som systemer af massedele, der fulgte mekaniske love. Filosoffer som La Mettrie og Holbach er typiske for denne opfattelse (mennesket »er en maskine, som er i stand til at trække sin egen fjeder op«, hedder det sig hos La Mettrie). Over for denne mekanicisme finder man i det 19. århundredes biologi og filosofi den såkaldte vitalisme, der hævder, at liv er et irreduktibelt fænomen, som styres af love og kræfter, der ligger uden for fysikkens og det materielles område. Efterhånden som fysikken udviklede sig, bl.a. med opdagelsen af elektromagnetismen, og kemien ligeledes gennemløb en hastig udvikling, hvor bl.a. syntetiseringen af organisk stof kom til at få stor betydning, modificeredes mekanicismen til den opfattelse, at levende organismer var komplicerede fysisk-kemiske systemer af en særlig slags, men dog ikke principielt forskellige fra den uorganiske natur. Inden for den tyske, såkaldte »lægematerialisme« (Vogt, Moleschott, Büchner m. fl.) omkring 1850 doceredes epifænomalismen, som går ud på, at alle bevidsthedsfænomener er blotte epifænomener, biprodukter ved hjernens funktion. I modsætning hertil hævdede vitalismen, at »liv« er et unikt fænomen, som ikke lader sig reducere til fysik og kemi. Vitalisterne henholdt sig til, at fænomener som vækst, formering og regeneration var specifikke træk ved det levende, og at analoge forhold ikke kan findes i den uorganiske verden. Tillige kunne vitalisterne give gode argumenter for, at netop de teleologiske forklaringer, som man siden Galilei havde set bort fra, er uundværlige i beskrivelsen af levende

organismers adfærd. Det kan være rigtigt, at en stens fald ikke kan forklares ud fra dens stræben efter at finde sit naturlige sted, mente vitalisterne; men for alle planter, dyr og mennesker gælder det, at man ikke kan beskrive deres funktioner uden at angive formålet med dem. Kattens kløer, bjørnens pels, hundens lugtesans etc. tjener alle et bestemt formål og forstås kun ud fra formålet med dem. Tilsvarende er organerne ikke blot fysisk-kemiske systemer. Lungerne findes, for at organismerne kan ilte deres blod, og tilsvarende har lever, nyrer og alle andre organer hver deres funktion og formål i en helhed, der tjener til livets opretholdelse.

Også her kom udviklingen til at stille problemerne i et nyt lys. Darwinismen, mutationsteorien, opdagelsen af den genetiske kode og den biokemiske forskning i det hele taget har vist, at mange teleologiske forklaringer i de biologiske videnskaber kan reduceres til kausalforklaringer. Vitalismen har i vor tid trange kår, men som jeg om lidt skal vende tilbage til, er det stadig et uafklaret problem, om livets gåde kan løses endeligt ad fysisk-kemisk vej.

Fri vilje, sansefølelser og bevidsthed

I 1880 holdt den tyske fysiolog Emil du Bois-Reymond i det Kongelige Videnskabernes Akademi i Berlin et foredrag: »De syv verdensgæder« (*Die Sieben Welträthsel*),³ som vakte stor opsigt i samtiden. Han opregnede her syv fundamentale problemer, som videnskaben efter hans mening ikke havde løst. De syv gæder er: 1. Materiens og kraftens væsen. 2. Bevægelsens oprindelse. 3. Livets opståen. 4. Naturens tilsyneladende hensigtsmæssige indretning. 5. Sansefølelsernes opståen. 6. Fornuftens og sprogets oprindelse. 7. Viljesfriheden.

Du Bois-Reymond satte spørgsmålstegn ved videnskabens muligheder for at løse disse gæder. For flere af dem gælder det, at de må omformuleres i lys af den senere videnskabelige udvikling. Her har jeg kun plads til at gå ind på de sidste tre gæder, som alle

tre synes at være af erkendelsesteoretisk snarere end af naturvidenskabelig art.

For at begynde med den sidste, viljesfriheden, kan det siges, at den hos du Bois-Reymond er formuleret inden for en videnskabelig ramme, som ikke længere er enerådende. Problemet, om en person i visse situationer kunne have handlet anderledes, end han gjorde, spiller en stor rolle allerede hos Augustin i forbindelse med diskussionen om arvesynden, men efter mekanikkens udformning blev problemet skærpet. Hvis alt er determineret, inklusive alle processer i dyr og mennesker, som f.eks. Laplace forestillede sig det, så er den enkeltes oplevelse af i visse situationer at kunne handle frit, at kunne træffe sit eget valg, en illusion. Og hvis dette er tilfældet, så ender man i fatalismen, hvor så fundamentale begreber som skyld, ansvar og pligt mister deres mening. Selv den største forbryder vil kunne fralægge sig ethvert ansvar ved at kunne henvise til, at han blot er et determineret system og derfor ikke kunne handle anderledes, end han gjorde.

Der findes ganske vist mange filosoffer, der har ment at kunne forene determinismen med en meningsfuld etik (Spinoza og Kant er vel de mest markante i denne sammenhæng), men ingen af disse forsøg er konklusive og har derfor heller ikke vundet almen tilslutning. Generelt kan det siges, at al tale om etik, om hvad der er rigtigt, forkert, godt og ondt, står og falder med, om vi med mening kan sige om en person, at han i visse situationer har en mulighed for at vælge – »ud af egen fri vilje«.

Problemet har fået en drejning i lyset af atomfysikkens og kvante-mekanikkens udvikling i dette århundrede. Det er et afgørende træk ved kvante-mekanikken, at man i den må operere med sandsynlighedsfordelinger, hvor man i den klassiske mekanik (og den klassiske fysik i det hele taget) kunne anvende den deterministiske beskrivelse. I kvante-mekanikken er det principielt umuligt at tilskrive partikler som elektroner og protoner en veldefineret placering i rum og tid, samtidig med at man tilskriver dem en veldefineret impuls, og man kan tilmed vise, at det slet ikke ville have mening at gøre det, hvilket indebærer, at der her er tale om vore betingelser for at tale om virkeligheden og ikke om en begrænsning i vore erkendemuligheder. Efter alt at

dømme betyder dette, at man ikke kan etablere en deterministisk beskrivelse af de hjernefunktioner, som knytter sig til en persons bevidste valg. Dette kan naturligvis ikke tages som noget bevis for, at mennesket har en fri vilje, men kun som et indicium for, at forestillingen om mennesket som et determineret system næppe er holdbar. Men også dette problem vil jeg vende tilbage til.

Du Bois-Reymonds gåde nr. 5 var sansefølelsernes opståen. Han formulerer sig lidt snævert her, eftersom dette problem er en del af det generelle problem, hvordan man kan forklare, at vi er bevidste væsener. Hvordan går det til, at vi har sanseindtryk, indre følelser (f.eks. smerter), erindringer og forestillinger, følelser etc.? Kan man forestille sig en videnskabelig forklaring på, at vi er oplevende, bevidste væsener, at vi har »awareness«?

Indtil videre er svaret nej. Siden Descartes i det 17. århundrede inden for rammerne af en mekanisk naturopfattelse stillede spørgsmålet om, hvilken forbindelse der kan være mellem hjerneprocesser eller somatiske processer i det hele taget på den ene side og bevidsthedsfænomener på den anden, har vi set mange løsningsforslag, men ingen med nogen særlig bevismagt. For at forstå problemets dybde behøver man blot at tage et så elementært eksempel som en person, der ser et eller andet, f.eks. en appelsin. Fra appelsinens overflade tilbagekastes lys, som brydes i øjets linse og derefter stimulerer nethinden, hvorved elektro-kemiske processer sættes i gang i synsnerven. Dette fører igen til en stimulering af celler i synscentret, dvs. en eller anden form for biokemiske ændringer, måske endda på kvante-niveau, og dette resulterer i, at personen oplever appelsinen. Hvad der sker mellem appelsinens overflade og nethinden, har vi en fysisk forklaring på. Hvad processerne på nethinden og i synsnerven angår, har vi en nogenlunde forståelse takket være de enorme fremskridt i hjernefysiologien i de seneste årtier. Men hjernens funktion er langt fra afklaret og forstået i alle detaljer, og sådanne udsagn som at »nogle biokemiske ændringer i synscellerne resulterer i en oplevelse« er indtil videre helt uklare og har ikke meget med videnskab at gøre. Selv om man engang skulle komme så langt, at man kunne måle, hvilke energifordelinger der foregår i de enkelte cel-

ler, når en person oplever en appelsin, så ville man dog stadig ikke have givet nogen videnskabelig forklaring på oplevelsen. Man ville højst være nået til en angivelse af, under hvilke biokemiske omstændigheder den finder sted.

Man taler almindeligvis om bevidsthedsfænomener på en sådan måde, at det underforstås, at de er en slags entiteter, altså noget eksisterende, ved siden af eller udover det, vi populært kalder det materielle. Dette er imidlertid problematisk, hvilket man let kan se af eksemplet med en person, der ser en appelsin. Hvis man mener, at hans oplevelse af appelsinen er en afbildning, et særligt billede, der danner sig i hans bevidsthed (et billede, som ganske vist ikke kan ses på noget røntgenfoto af hans hjerne, men som alligevel findes, dvs. eksisterer som en selvstændig entitet), så opstår der det problem, at vi nødvendigvis må mene, at det han ser, det, der er ham bevidst, er afbildningen af appelsinen i hans bevidsthed og ikke den i hans omgivelser eksisterende appelsin. Konsekvensen af denne måde at tale på er, at intet menneske har direkte tilgang til sin omverden, men kun kender den gennem en afbildning, en repræsentation, og derfor ikke har nogen konklusiv begrundelse for at antage, at der findes en omverden. Mange filosoffer mener, at det blot er i kraft af denne, fejlagtige, repræsentationsteori, at man ikke kan indpasse bevidsthedsfænomener i en naturvidenskabelig beskrivelsesramme.

Alternativet til at tale om bevidsthedsfænomener som entiteter er, i hvert fald når talen er om oplevelser, at karakterisere disse relationelt. I det givne eksempel kan denne opfattelse udtrykkes på følgende måde: Når en person ser en appelsin, så oplever han direkte den i omverdenen eksisterende appelsin – på den måde, som han nu engang oplever den på. Den sidste tilføjelse skal med, fordi mennesker oplever selv så simple ting som appelsiner på forskellig måde alt efter deres konstitution (herunder kommer forskelle i farvesyn, farveblindhed m.m.), deres viden, deres øjeblikkelige indstilling m.m. Men selv om man på denne måde vil undgå at tale om bevidsthedsfænomener som særlige entiteter, så indebærer det forhold, at vi faktisk kan opleve tingene omkring os på vidt forskellig måde, samt at der også hos den enkelte kan være variationer i oplevelsen, at vi ved siden af eller udover det

naturvidenskabelige sprog har et sprog, hvormed vi taler om vore oplevelser, dvs. et særligt oplevelsessprog. Dette oplevelsessprog lader sig ikke reducere til det naturvidenskabelige, kvantitative sprog. Det er altså ikke blot det grundlæggende faktum, at noget er os bevidst, at vi har »awareness« om noget, der er uforklarligt i et sprog, der kun omhandler, hvad der kan måles, vejes og tælles. Det er også selve karakteristikkene af vore omgivelser som oplevet eller opleveligt, der ikke kan indpasses i en naturvidenskabelig beskrivelse.

Dette kan måske udtrykkes lidt mere præcist i forbindelse med den ovenfor omtalte distinktion mellem primære og sekundære egenskaber. Når man fra Galilei og fremefter identificerede fysikkens emneområde med tingenes primære egenskaber, de egenskaber, der kan måles, vejes og tælles, var det klart, at man hermed abstraherede fra den totalitet af oplevelser, som vi alle har at gøre med i en normal, dagligdags iagttagelsessituation. Vi oplever jo ikke blot form, udstrækning, størrelse, hastigheder etc., men også farver, lugte, lyde, smagskvaliteter, varme, kulde etc. Med fysikkens store fremskridt i det 19. århundrede lykkedes det ganske vist i stor udstrækning for fysikerne at klarlægge, hvad der rent fysisk betinger de sekundære kvaliteter. Således kan man f.eks. fastslå, at lys med bølgelængder fra 7500 til 6500 Å opleves som rødt, lys med bølgelængder fra 5750 til 4900 Å som grønt etc. Men selve oplevelseskvaliteten er jo ikke hermed forklaret. Den rødhed, som jeg oplever, er jo ikke identisk med den bølgelængde, der betinger den. Rødheden er en kvalitet, som jeg må tale om i en oplevelses-sprogbrug. Jeg kan f.eks. sige, at det er min yndlingsfarve, at den forekommer mig stærk eller ekspresiv, og hermed refererer jeg til oplevelseskvaliteten og ikke til den bølgelængde, der »ligger bag« farven. Taler jeg om et maleris æstetiske kvaliteter, er hele min sprogbrug kvalitativ. Den refererer til maleriet, sådan som jeg oplever det; ikke til maleriet som en blot fysisk ting.

Det er vanskeligt at se, hvordan naturvidenskaberne skulle kunne forklare hele den oplevelsesmæssige side ved vor daglige tilværelse. Man kunne gøre det tankeeksperiment, at det kunne lade sig gøre at registrere alt, hvad der foregår i et menneske

fysiologisk, kemisk og fysisk i løbet af en dag, f.eks. ved hjælp af en mængde i personen indopereret måleapparatur, der til stadighed sender alle informationer til en computer på et biologisk institut. Hvis jeg blev gjort til genstand for en sådan undersøgelse, ville jeg ved dagens slutning kunne henvende mig på det biologiske institut og få en lang udskrift om alt, hvad der er foregået i min krop, mine sansorganer, mine indre organer, mit centralnervesystem etc. i løbet af hele dagen. Man ville måske oven i købet kunne fortælle mig, at registreringen viser, at jeg om formiddagen må have været let deprimeret, men at jeg var glad om aftenen. Men nøjagtig hvordan jeg oplevede dette, kan udskriften ikke fortælle noget om. Og selv om man engang i en fjern fremtid skulle kunne slutte ud fra udskriften, nøjagtigt hvad jeg har tænkt og følt fra minut til minut, så ville man stadigvæk ikke have indfanget oplevelsessiden. Den kender kun jeg. Kun jeg ved, hvordan min glæde følte, hvordan det var at være mig den dag, og selve den oplevelse: »at være til« på den pågældende dag fra morgen til aften kan aldrig komme til syne i en udskrift om mine fysiologiske tilstande.

Subjekt og mening

Når jeg her anvender udtrykket »oplevelsessiden«, kunne det måske friste en og anden materialistisk filosof til at genoplive den ovenfor omtalte epifænomenalisme. Er oplevelsessiden ikke blot et epifænomen, et biprodukt af de legemlige funktioner? Et uforklarligt biprodukt, måske, men dog et biprodukt? Svaret er nej. Begrundelsen er forsåvidt enkel: Man kan ikke tale om oplevelser som blot værende til stede. De er kun til i kraft af, at der er et jeg eller et subjekt, som har dem. Min glæde er ikke bare en glæde, den er *min* glæde og nødvendigvis min. I og med at vi er nødt til at tale om oplevelser og om bevidsthedsfænomener i det hele taget, er vi også nødt til at tale om subjekter, som disse er knyttet til.

Hos en filosof som John Locke opfattes subjektet som en entitet, en sjæl, der som en slags kar kan rumme de udefra kommende erfaringer. Dette kritiseredes med en vis ret af David Hume, der hævdede, at kun det erfaringsmæssigt givne kan tilskrives eksistens. Da ingen kan se eller iagttage sit eget jeg, så måtte påstanden om, at der findes jeg'er eller subjekter, ifølge Hume være forkert: »... når jeg går nøje ind i mig selv«, skriver han, »støder jeg altid på en eller anden perception, af varme eller kulde, lys eller skygge, kærlighed eller had, smerte eller velvære. Jeg kan aldrig på noget tidspunkt fange mig selv uden en perception, og jeg kan aldrig iagttage andet end perceptionen«. ⁴

Men som man vil bemærke, kan han ikke undvære ordet »jeg«, når han skal forklare, hvad det er, han ikke kan erkende. Og som filosoffer som Kant og Natorp siden hen har påpeget, er det netop pointen. Det kan ikke nytte at forsøge at se, skue eller begribe, hvad jeg'et eller subjektet er, for subjektet er netop forudsætningen for at se, skue og begribe. Derimod kan man spørge, om det er muligt at undvære ordet »jeg« eller begrebet »subjekt« i en almindelig redegørelse for vor tilværelse og vore livsvilkår.

Svaret er, at det kan man ikke, og man udtrykker ofte dette ved at sige, at begrebet »subjekt« er en transcendental (dvs. en udover-erfaringen-liggende) betingelse for at tale om oplevelser, erindringer, tanker og følelser, på lignende måde som »rum« og »tid« er transcendentale betingelser for at tale om begivenheder i vores fysiske omverden. Antag f.eks. at jeg fortæller, at jeg var ude for et trafikuheld: En bil kørte ind i den taxa, jeg sad i, døren blev trykket ind, jeg slog skulderen ... etc. De fleste vil uvilkårligt spørge, hvornår det skete og hvor. Hvis jeg svarer, at det ikke skete til noget tidspunkt og heller ikke skete noget bestemt sted, så kan man med god grund anse mig for utilregnelig, for et trafikuheld må nødvendigvis finde sted i tid og rum. Antag, at jeg fortæller om en frygtelig tandpine, en ubeskrivelig stor smerte. Hvis jeg her tilføjer, at der var ikke nogen, der havde den, er jeg fortsat utilregnelig, for en smerte må nødvendigvis »haves« af et subjekt. Men lige så lidt som et trafikuheld kan afsløre for os, *hvad* »rum« og »tid« er, lige så lidt kan en smerte kaste lys over subjektet. Vi ved dårlig nok, hvad vi skal lægge i det begreb. Det

vigtige er imidlertid, at det ikke kan undværes i selv de mest elementære dagligdags beskrivelser.

Vi kan ikke tale om erkendelse, viden eller tænkning uden at forudsætte begrebet »subjekt«. Subjektet er en nødvendig forudsætning for, at vi kan tale om sandhed, falskhed og mening. Antag, at en vulkan for en milliard år siden udspyede en lavastrøm, der i sit løb ned ad bjergsiden formede sætningen »jorden er rund«. Er det en sætning, vi her har med at gøre? Har vulkanen udsagt en sandhed? Naturligvis ikke. Den størknede lavastrøm kan kun blive til en sætning, såfremt den sanses af et bevidst væsen, dvs. et subjekt, der opfatter den på en bestemt måde. Hvis ikke der fandtes subjekter, ville der ikke være nogen mening eller noget sprog. Noget kan kun være et symbol for noget andet, såfremt det *opfattes* som sådant – af et subjekt.

Med dette er der ikke sagt, at alt er subjektivt, tværtimod. Som jeg skal vende tilbage til nedenfor har det fuld mening at tale om objektiv, subjektuafhængig erkendelse. Men ingen erkendelse kan etableres, ej heller den objektive, uden at der findes et eller flere subjekter til at etablere den.

Når vi taler om at forstå en teori, må vi igen forudsætte subjektet, iagttageren, der forstår den. Ellers har den ingen mening, så lidt som den før omtalte lavastrøm i sig selv har nogen mening. Når fysikere i vor tid fremkommer med forslag til en alt-omfattende teori (Theory of Everything – jvf. Holger Bech Nielsens bidrag), kan en sådan teori kun være en teori, hvis den er meningsfuld. Men for at den kan være meningsfuld, må der være mindst ét subjekt, som kan forstå den, og dermed så at sige lægge en mening ind i den. Spørgsmålet er nu, om dette subjekt (eller disse subjekter) selv kan være omfattet af teorien. For mig at se ville det være paradoksalt, om det kunne være tilfældet. I sidste instans ville dette betyde, at det, der skulle forlene teorien med mening, blev en del af selve teorien, som derfor måtte være uden mening, og derfor ikke kunne hævdes at være sand. Situationen ville være lige så svær at begribe som den, hvor man siger, at der findes en hånd, der kan gribe alt, også sig selv, eller et spejl, der kan spejle alt, også sig selv.

En dybere sammenhæng

Af pladshensyn må det blive ved disse korte bemærkninger om problemer, hvis uddybning ville kræve overordentlig mange ord. Jeg vil dog føje en bemærkning til, der demonstrerer, at diskussionen om subjektets erkendelsesmæssige rolle måske har en direkte relevans for naturvidenskaberne.

Jeg tænker her på Niels Bohrs betragtninger vedrørende den ovenfor nævnte strid mellem mechanicisterne og vitalisterne. Fra 1927 (hvor han introducerede begrebet »komplementaritet«) og til sin død påpegede Bohr gang på gang, at al erkendelse implikerer, at der er et subjekt, som skal erkende og forstå. Dette subjekt anser han for uløseligt knyttet til den levende organisme. Subjektet, mit jeg, er ikke en guddommelig sjæl, der er plantet i min organisme, men altså noget, der på en for os uforståelig måde hører til livet selv. Da subjektet imidlertid er en forudsætning for, at vi kan forbinde mening med og forstå den fysisk-kemiske beskrivelse, kan man ikke tænke sig, at den levende menneskelige organisme, inklusive subjektet, skulle kunne forklares fysisk-kemisk. Derfor er vitalismen ikke endeligt tilbagevist. Man kan slet ikke forestille sig, hvordan ordet »liv« skulle kunne indpasses i en fysisk beskrivelse, skriver Bohr. Han kunne ikke løse problemet, men søgte at holde det åbent. Han pegede på, at såvel relativitetsteoriene som kvantemekanikken blev skabt ved at man gav afkald på nogle tilvante anskuelser, hvorved de kom til at fremtræde som en slags generaliseringer af klassisk fysik, således at selve begrebet »forståelse« fik et nyt indhold. Tilsvarende kunne man tænke sig en generalisering inden for biologien, der tilgodeså såvel mekanicismen som vitalismen. Men en endelig forklaring troede han ikke på, måske på grund af subjektets nødvendighed.

Ligesom subjektet er en forudsætning for at kunne tale om erkendelse, er tænkningen det selvsagt også. Når vi taler om, at en skreven eller udtalt sætning har mening, så menes dermed, at den udtrykker en tanke ved hjælp af et materiale, der bruges i overensstemmelse med bestemte konventioner. Videnskabelige teorier kan kun skabes og forstås ved tænkning, og i den sam-

menhæng taler vi om forskellige tænke måder, om overvejelse, intuition, ræsonnement, improvisation, deduktion m.m. Da tanker i modsætning til forestillingsbilleder ikke kan beskrives, men kun udtrykkes, er det svært for ikke at sige umuligt at give en eksplicit definition af »tanke« og »tænkning«. Også her kunne meget siges, men jeg vil nøjes med en kort kommentar, der knytter forbindelsen til, hvad jeg tidligere har sagt om striden mellem fri vilje og determinisme.

Det synes at være en forudsætning for at kunne tænke, at man inden for visse grænser frit kan vælge mellem forskellige indstillinger eller synsmåder, og at man så at sige frit kan vælge, hvad man i næste sekund vil tænke på. Dette er naturligvis uklar tale, men skal opfattes som alternativet til den opfattelse, der går ud på, at alle vore tanker er determinerede. Og netop denne opfattelse er efter min mening uholdbar.

Opfattelsen fremsættes sædvanligvis i forbindelse med epifænomenalismen: Alle vore hjerneprocesser er determinerede, og da bevidsthedsfænomener er frembragt af hjerneprocesserne og er blotte ledsagefænomener til dem, må de også være determinerede. Hvis dette er tilfældet, må bevidsthedsfænomener, herunder tanker, ligestilles med naturfænomener i almindelighed. Om naturfænomener gælder det imidlertid, at de ikke har nogen mening eller sandhedsværdi. Et tordenvejr eller et lynnedslag har ingen mening: Det er hverken sandt eller falsk. Det forekommer bare. Et regnskyl kan hverken udtrykke overvejelse eller tvivl. Det finder blot sted. Hvis determinismen var sand eller gyldig, så måtte bevidsthedsfænomener og tanker ligestilles med tordenvejr og regnskyl. Men dermed ville man fraskrive tanker såvel mening som intentionalitet (dvs. det forhold, at de altid er rettede mod noget) og dermed også fraskrive sig muligheden for at hævde, at determinismen er universelt gyldig. Det er værd at lægge mærke til, at Laplace i citatet ovenfor må indføre en universel verdensånd for at kunne forklare, hvad den universelle determinisme går ud på. Denne verdensånd står hos Laplace uden for verden, uden for det deterministiske system, og må netop forudsættes ikke selv at være determineret.

Selv med denne betragtning in mente er der stadig ikke sagt

noget positivt om, hvad man eventuelt kunne forstå ved »fri vilje«, så lidt som der er givet positive bestemmelser af »tanke« og »subjekt«. Hensigten har kun været at vise, at disse begreber ikke kan indpasses i det naturvidenskabelige begrebsnet, men snarere må forudsættes som nødvendige betingelser for overhovedet at opnå naturvidenskabelig erkendelse. Måske betyder dette, at der stadig er håb om at finde plads til en fundamental etik inden for den menneskelige erkendelse.

Den tidløse sandhed

Sammenfattende kan det siges, at naturvidenskaberne, primært fysikken, blev grundlagt ved en abstraktion. I det 17. århundrede lærte man bl.a. at se bort fra de teleologiske forklaringer og de sekundære kvaliteter, og begrænsede sig til rent kvantitative forhold. Dette resulterede i en eksplosiv udvikling, som førte mange til at tro, at naturvidenskaberne ville kunne beskrive og forklare alt. Men allerede den abstraktion, der satte dem i gang, afskar dem fra en forklaring af den oplevelsesmæssige side af tilværelsen, og en nøjere filosofisk refleksion vil kunne vise, at enhver videnskabelig forklaring forudsætter et meningsgivende subjekt, som ikke selv kan omfattes af forklaringen.

I disse betragtninger over naturvidenskabens »indbyggede« begrænsning må man ikke indlæse noget, der kunne ligne en nedvurdering af den. Jeg kan på ingen måde deltage i det kor af humanister, der betragter naturvidenskab som en blot og bar instrumentalisme, der alene sigter på forudsigelser og teknisk innovation ud fra empiriske data. Inden for al naturvidenskab er hovedparten af arbejdet af teoretisk art og som regel af en sværhedsgrad, der stiller maksimale krav til den menneskelige fantasi og tænkning. Teorierne rummer ofte store æstetiske kvaliteter, og man skal være et meget ufølsomt menneske for ikke at få hjertebanken eller et sug i maven, første gang man indser styrken og tvangen i de afgørende argumenter for f.eks. den specielle relativitetsteori eller kvantemekanikken. Naturvidenskaberne kan

næppe løse de yderste erkendelsesteoretiske problemer, men de har ofte vist, at et filosofisk problem har været formuleret inden for en begrænset videnskabelig ramme og derfor må omformuleres eller tages af bordet. Det er derfor en beklagelig kendsgerning; at mange filosofers og humanisters kendskab til naturvidenskaberne er så ringe, som den er. Mange af dem er – f.eks. hvad fysik angår – ikke nået længere end til det stade, som fysikken befandt sig på omkring år 1800, og en hel del af dem lever stadig i en aristotelisk forestillingsverden.

I vor tid er det – desværre – også en udbredt opfattelse, at naturvidenskab er et rent menneskeligt tankeprodukt på linie med f.eks. litteratur og politisk filosofi og derfor bundet til bestemte tider og kulturer. Denne såkaldte historicistiske opfattelse indebærer en højst dubiøs relativisme: Hvad naturvidenskaberne har at sige os i dag, er kun den for tiden gældende »sandhed« eller mening. Om hundrede år vil man sandsynligvis mene noget helt andet. Derfor er der ingen grund til at lade sin tro eller sit livssyn gå på af de teorier, som astronomer, fysikere, biologer og andre fremlægger her og nu.

Man overser her det forhold, at selv om naturvidenskaben lige fra sin begyndelse forudsætter menneskelig tænkning og menneskelig begrebsdannelse, så indebærer dette ikke, at dens resultater også er menneskeskabte. I en vis forstand er det selvfølgelig rigtigt, at begreber som »trekant«, »firkant«, »cirkel« og »areal« er menneskeskabte. Men opdagelsen af, at man ikke kan bestemme en cirkels areal ved hjælp af rationale tal handler om noget, der ikke er menneskeskabt. Opdagelsen af π er en opdagelse, som mennesket har at rette sig efter, hvis det vil nå videre i sin erkendelse. Tilsvarende er begreber som »tid«, »vejlængde«, »hastighed« og »acceleration« – igen i en vis forstand – menneskeskabte, men den relation imellem disse begreber, som kommer til udtryk i faldloven, er ikke menneskeskabt, men er så at sige naturens svar på et stille spørgsmål. Der ligger begribeligvis mange menneskelige begrebsdannelser og teoretiske overvejelser bag opdagelsen og bestemmelsen af lysets hastighed, men *resultatet* er ikke et produkt af menneskelige begreber og teorier. At ville påstå dette ville være lige så naivt som at påstå, at et bronzealder-sværd

er et produkt af arkæologernes teorier og de armbevægelser, de foretog ved udgravningen af det, eller at Amerikas eksistens er et produkt af Columbus' og andres opdagelsesrejser.

Netop fordi den givne natur er medspiller – eller man skulle måske snarere sige modspiller – i naturvidenskaberne, hæver disse resultater sig over det subjektive plan og den tidsbundne erkendelse. Allerede Aristoteles vidste, at jorden er rund, og det lykkedes allerede i oldtiden Eratosthenes at bestemme dens omkreds med en god tilnærmelse. Vi har her at gøre med et elementært videnskabeligt resultat, som ikke er afhængigt af menneskelige holdninger eller kulturelle fordomme. Vi har de bedst tænkelige grunde til at mene, at jorden også var rund, før man vidste det, og at den også vil være det, selv om folkettinget eller FN skulle vedtage, at den er flad.

Det samme kan siges om f.eks. den elektromagnetiske lysteori, når man specificerer dens anvendelsesområde. For at kunne forstå den er det ikke nødvendigt, at man kender dens ophavsmænd eller den kulturelle situation omkring dens tilblivelse. Netop derfor adskiller den sig principielt fra et kulturprodukt som f.eks. Peterskirken i Rom. Peterskirken kan kun »forstås« via indgående historiske studier, forskning i tradition og holdninger med deraf følgende indlevelse i fortidig tænkemåde, følelsesliv, opfattelse m.m. Peterskirken er indfældet i tid og dermed i kultur og samfund. Den elektromagnetiske lysteori er tidløs.

Fornuften og sproget

Vi har her at gøre med et forhold, som har stor betydning for mange sider af humanistisk forskning. Jeg tænker her på de problemer, som du Bois-Reymond berører i sin gåde nr. 6, der omhandler fornuftens og sprogets oprindelse. Det forholder sig nemlig sådan, at der i sproget er træk, som det ikke har mening at anskue under et tidsperspektiv eller et udviklingssynspunkt. Et af dem er den divalente logik, som kan karakteriseres som en transcendental betingelse for alt sprog. Den divalente logik er en

klargørelse af visse betingelser, som må overholdes, for at noget kan være en meddelelse: Vi kan ikke til ét og samme tidspunkt hævde, at en ting både eksisterer og ikke eksisterer. Vi kan ikke på ét og samme tidspunkt tillægge og fraskrive en ting en egen-skab. Vi kan ikke på én og samme tid hævde en sætning som både sand og falsk. Disse og flere andre principper blev formuleret af Aristoteles som betingelser for meningsfuld tale. Principperne kan ikke begrundes, thi de må forudsættes i enhver begrundelse. Men de kan heller ikke betvivles, benægtes eller tilbagevises, eftersom de må overholdes, såfremt et forsøg på benægte dem skal være forståeligt.

Tænker man sig, at sproget tog sin begyndelse f.eks. hos Neanderthalerne, og at disse startede i det små med blot ét ord, f.eks. »Allo«, for at meddele, at en fjende nærmede sig, så kunne dette ord kun være meningsbærende, såfremt det kun blev brugt, når fjenden nærmede sig, og ikke blev brugt, når der ingen fare var på færde; dvs. når man overholdt den divalente logiks modsigelsesprincip. Hvis man brugte »Allo« i modstrid med modsigelsesprincippet, ville det miste sin symbolværdi – på samme måde som korset på porten i H. C. Andersens »Fyrtøjet« mister sin symbolværdi eller mening, i det øjeblik hunden tegner kors på alle portene i byen. Dette viser, at sprog – som meningsbærende – forudsætter modsigelsesprincippet.

Tænker vi os sproget udviklet til et sådant trin, at argumentation kan forekomme, så træder den formelle logiks syllogistiske regler ind i billedet. Uden overholdelse af dem kan man ikke tale konsekvent eller drage konklusioner. Men sprogets meningsbærende funktion er ikke alene betinget af overholdelsen af formelle logiske regler. I og med at vi er agerende væsener i en given natur, må vi overholde en række såkaldt informelle logiske regler. Hermed tænkes på sådanne som »En ting kan ikke være to steder på én gang«, »Det skete kan ikke gøres usket«, »Frem og tilbage er lige langt«, »Helheden er større end en del af den« etc. De angiver nogle elementære regler for anvendelsen af begreber som »ting«, »tid«, »sted« og »bevægelse« og har en lige så generel karakter som de formelle logiske principper (som de da også hænger sammen med, eftersom modsigelsesprincippet ikke kan

eksemplificeres uden henvisning til tid og sted). Såvel de formelle som de informelle logiske regler gælder for ethvert tungemål. Det er selvsagt af denne grund, at de ikke figurerer i lærebøger i grammatik, hvad tungemål sådanne end måtte omhandle.⁵

Når vi taler om sprogets oprindelse og udvikling, må vi derfor gøre os klart, at medens gloser, grammatik og syntaks kan ansues under en evolutionistisk synsvinkel, så kan formelle og informelle logiske regler eller betingelser det ikke. De har ikke nogen historie og kan lige så lidt tillægges en sådan, som man kan tillægge tal følelser, f.eks. tallet 7 en misundelse over, at det ikke er så stort som 13.

I den udstrækning matematikken og naturvidenskaberne medfører en erkendelse, der er lige så ubetvivlelig som logikkens principper, nedfældes der i sproget nye – tidligere ukendte – regler eller betingelser, som naturligtvis heller ikke kommer med i lærebøgerne i grammatik – netop fordi de er generelle. Virkningskvantet, som er et konstituerende element i al entydig tale om kvantemekaniske og kernefysiske forhold, er også et sådant princip, som viser, at ethvert tungemål i sin udvikling foruden at rumme uhyre mange kontingente træk også fremviser tidsuafhængige, generelle betingelser.

Forhåbninger om, at man en gang skulle kunne skabe en ny logik til erstatning for den divalente og dermed omkalfatre hele den menneskelige erkendelse – måske med en smuk forening af naturvidenskab og humaniora til følge – kan næppe indfries. Allerede Hegel forsøgte sig med en dialektisk logik, og i vort århundrede har vi set udformningen af mange former for polyvalent logik. Disse forsøg er matematisk set interessante, men erkendelsesteoretisk set uden pointe, fordi de kun er forståelige, såfremt de er konsistente – hvilket betyder, at de skal overholde den divalente logiks krav om modsigelsesfrihed.

Polemisk slutbemærkning

For historieforskningen i almindelighed kan det have sin værdi at reflektere over naturvidenskabernes status. For det første må man bemærke, at naturvidenskab er en meget vigtig historisk determinant. H. C. Ørsteds opdagelse af elektromagnetismen og den derpå følgende udvikling af teorien og dens anvendelse har givetvis lige så megen betydning, som den franske revolution i 1789 har, for samfundsforholdene i lande som Danmark i dag. Men mens revolutionen som regel optager mange sider i en almindelig verdenshistorie, ofres der kun få linier på Ørsted. Den tekniske udnyttelse af de videnskabelige opdagelser er som bekendt formidabel, og den er stadigt voksende. Som følge heraf er videnskabshistorie blevet en af de vigtigste historiske discipliner overhovedet. Dernæst må man også være opmærksom på, at naturvidenskabernes teoretisk set tidløse karakter stiller et væsentligt problem vedrørende en deterministisk anskuelse af det historiske forløb. Hertil kommer, som fremhævet af bl.a. Karl Popper, at forudsigelser af historiens gang (som vi f.eks. finder dem hos Marx) aldrig kan opnå nogen nævneværdig grad af sikkerhed, alene af den grund, at naturvidenskabelige opdagelser – der ofte vil gribe afgørende ind i udviklingen – ikke kan forudsiges.

Lad mig slutte med et citat fra H. Butterfields bog *Den naturvidenskabelige revolution*. Om det naturvidenskabelige gennembrud i det 16. og 17. århundrede skriver han følgende: »Eftersom denne revolution styrkede ikke blot middelalderens, men også oldtidens autoriteter inden for naturvidenskaben – eftersom den endte med den skolastiske filosofis formørkelse og den aristoteliske fysiks tilintetgørelse – overstråler den alt siden kristendommens opkomst og reducerer renæssancen og reformationen til slet og ret episoder, rene indre forskydninger inden for den middelalderlige kristenheds system. Eftersom den forandrede karakteren af menneskets sædvanemæssige tænkemåde selv i behandlingen af de ikke-materielle videnskaber, samtidig med den omskabte selve planen for det fysiske univers, ja endog mekanikken i selve menneskelivet, tårner den sig op som det egentlige ophav både til den

moderne verden og til den moderne mentalitet, så at vor sædvanlige inddeling af Europas historie bliver en anakronisme og en klods om benet«. ⁶

Jeg vil ikke skrive under på alt, hvad man kan finde i denne svada, men jeg anser den for så tilpas provokerende, at den kan give anledning til eftertanke og diskussion.

Noter

- 1: Galileo Galilei: *Opere*. Vol. VI, p. 232 (ed. Antonio Favaro 1929-1939).
- 2: Pierre-Simon de Laplace: *Théorie analytique des probabilités*. Preface. (Paris 1820).
- 3: Emil du Bois-Reymond: *Über die Grenzen des Naturerkennens. Die Sieben Welt-räthsel*, p. 83 ff. (Leipzig 1903).
- 4: David Hume: *A Treatise of Human Nature*, Vol. I, Part IV, Section VI.
- 5: Det skal bemærkes, at nogle af de nævnte regler har et begrænset gyldighedsområde. I Cantors mængdelære kan helheden godt være lig med delen (når det drejer sig om uendelige mængder). I kvantemekanikken er $p \times q$ ikke lig med $q \times p$. Sådanne områder, hvor man har firet på et eller flere principper, må imidlertid introduceres ved hjælp af det almindelige dagligsprog og kan ikke ugyldiggøre dette, men viser blot, at det på nogle punkter har et begrænset anvendelsesområde. Niels Bohr understregede gang på gang, at kvantemekanikken var en generalisering af klassisk fysik, men at kvantemekanikken måtte introduceres ved hjælp af klassisk fysik suppleret med vort almindelige dagligsprog, hvori indgår den divalente logik samt elementære tings-, tids- og stedsbetegnelser.
- 6: H. Butterfield: *Den naturvidenskabelige revolution*, s. 7. (København 1964).

Diskussion

MOGENS BLEGVAD: Som David Favrholdt kan jeg ikke tilslutte mig alt, hvad Butterfield skrev i det stykke, du citerede til slut, bl.a. synes han at undervurdere senmiddelalderens indsats til forberedelse af den naturvidenskabelige revolution. Men naturligvis har 1600-tallets naturvidenskab spillet en afgørende rolle. Og det ikke alene på den måde, du så udmærket har beskrevet, ved at inspirere til forsøg på at forklare alt mekanicistisk eller, da det ikke lykkedes, i hvert fald fysisk-kemisk – hvad det så end vil sige, for det sagde du jo ikke meget om. Jeg synes, det bør tilføjes, at det, der skete i 1600-tallet, også har haft stor betydning som metodologisk forbillede. Det er påfaldende, i hvor høj grad samfundsvidenskabens udvikling lige siden har været præget af tanken om, at den metode, der havde givet så strålende resultater i naturstudiet, også måtte være frugtbar i studiet af samfundet. Nu var der hos pionererne i 1600-tallet trods enighed om, at man endelig havde fundet den rette videnskabelige metode, stor uklarhed om, hvori den bestod. Og de, der søgte at efterligne den ved samfundsstudiet, misforstod ofte, hvad det drejede sig om. Når David Hume, der gav sin *Treatise of Human Nature* undertitlen »An Attempt to Introduce the Experimental Method of Reasoning into Moral Subjects«, mente, at denne eksperimentelle metode var den, Newton havde anvendt, viser det blot, hvor lidt han forstod af denne. Men tanken om, at man, på samme måde som man fandt naturlove, kunne finde love for samfundslivet, har alligevel spillet en meget stor rolle ned gennem tiderne – på godt og ondt. Og spørgsmålet, hvor stor metodologisk forskel der bør være mellem samfundsvidenskab og naturvidenskab, har været genstand for gevaldige kampe i flere omgange og står på dagsordenen den dag i dag. Når spørgsmålet om videnskabens enhed er på tapetet, hører dette i høj grad med.

HOLGER BECH NIELSEN: Jeg føler trang til at protestere mod disse argumenter for at udelade bevidsthed, og måske næsten også liv inklusive os selv fra naturvidenskaben, med den begrundelse, at oplevelser er noget i sig selv eksisterende, som vi ikke kan få ind i

naturvidenskaben. Det er sikkert rigtigt, at hvis man ville drømme om at lave et Laplace-intelligensvæsen, bygge det ind i den samme teori, som det stakkels intelligensvæsen regner på, og så prøve på at få ham til at udregne den hele verden inklusive sig selv, ja, så ville en eller anden form for paradoks af Russells type nok dukke frem. Formodentlig ville det gå sådan, at repræsentationen i hans hjerne efter det sprog, han brugte, ville være sådan, at den uheldigvis var i modstrid med det, den skulle repræsentere, fordi det var den samme bit, der lå der på en eller anden måde; men jeg føler, at det er noget mere tvivlsomt, hvis man ud fra dette f.eks. vil prøve på at konkludere, at så kan man slet ikke have liv inkluderet eller slet ikke have oplevelser inde i naturvidenskabens fysiske modeller. Man skal bare skære ambitionsniveauet for, hvor detaljeret man vil inkludere livet i forhold til sådan en Laplace-dæmon, betydeligt ned, ellers kommer man ikke til nogen forestilling om forståelse, som man kan realisere. Men man laver jo faktisk hjernesimulationer på computeren, det er måske dårlige modeller for hjernen, men de bliver vel bedre med årene, og man kunne måske godt simulere, at en sådan hjerne lærte et sprog, hvori den kunne tale forståeligt om sine oplevelser, sådan at vi kunne høre om det. Så kan man jo spørge om, hvor meget oplevelse den virkelig har, men det kan man jo også spørge om, når det drejer sig om ens medmennesker, ikke sandt. Disse computere, der er programmeret efter en model for hjernesystemet, de kan snart overgå mange mennesker i mange henseender, og derfor kunne man godt tænke sig, at man kunne repræsentere og inkludere udtalelser om oplevelse på en troværdig måde. Man skal jo ikke have det til at gå eksakt, fordi hvis man vil prøve på f.eks. at definere liv fuldstændig nøjagtigt ud fra fysikken, så vil man nok komme i vanskeligheder. Men hvis man bare har tilnærmede forestillinger om, hvad livet skal være, kunne man måske i de allerfleste tilfælde sige, om det objekt, man undersøger, er levende eller dødt.

DAVID FAVRHOLDT: Til det vil jeg svare, at for mig at se kan man måske skrue ned for fordringer, men man kan jo ikke skrue ned for den fordring inden for naturvidenskaberne, der hedder, at vi

skal bruge kvantitative metoder, kvantitative målesystemer og beskrivelse. Så længe man ikke kan det, får man meget svært ved at fortælle om oplevelser – og du om dine oplevelser – i et naturvidenskabeligt sprog. Jeg mener: Din samvittighed har ikke nogen bestemt acceleration, en depression har ikke nogen bestemt tyngde, selv om det kunne føles sådan, osv. Det er jo »ting«, der ikke kan måles. Så derfor vil man sige, at der er noget egenpsykisk, der er et eller andet, som ikke kan indfanges af fysikken. Jeg forsøger at sige det på en lidt anden måde, fordi vi her let ender i det traditionelle sjæl-legeme-problem, som det har sine store vanskeligheder at behandle. Den anden måde at formulere problemet på er at sige, at vi har et sprog. Vi har dagligsproget, og i det kan vi beskrive både fysiske ting og vore oplevelser, f.eks. æstetiske emner, men selv på dette rene sprogplan kan der, så vidt jeg kan se, ikke foretages en reduktion af den ene slags beskrivelse til den anden.

I vore dage er man så imponeret af computeren. Jeg må sige, at det er jeg ikke. Jo, jeg synes selvfølgelig, at det er fantastisk, hvad man har kunnet lave, men man har jo langt fra lavet noget, der kan eftergøre, hvad fysiologer ved om vores centralnervesystem. Så hvorfor er computeren blevet draget så meget ind i diskussionen? Den formodentlig eneste grund er, at når man sidder og arbejder med en computer, så opleves det ofte, som om den var bevidst. Jeg har i øvrigt en, som jeg spiller skak med, og den kan slå mig, og det opleves mærkeligt. Den må på en eller anden måde kunne tænke, synes man. Men vel kan den ej! Den kan gennemløbe 100.000 muligheder på et sekund, så den er hurtig. Men det er det elektriske lys også – og det er jo ikke noget at lade sig imponere af. Den kan sortere – men det kan en si også! Den kan huske, jeg ved ikke hvad – men det kan Jellingestenen også! For den kan jo huske, hvad der blev indskrevet i den for 1000 år siden. Det sidder der stadigvæk. Og computeren kan altså huske, den kan sortere osv. Men der skal stadigvæk et subjekt til, et subjekt, der skal se på skærmen, for at det, der står der, kan få mening, ligesom det er nødvendigt, at et subjekt kigger på Jellingestenen, for at man kan forstå, hvad det var Harald Blåtand skrev. Så i denne sammenhæng er der efter min mening ikke

noget principielt nyt i alle de betragtninger, man har gjort sig i denne forbindelse.

KRISTOF GLAMANN: Kun en kort bemærkning fremkaldt af den provokation, som David Favrholt kom med til sidst i talen, hvor han havde været i historiebøgerne og set, hvilke spor H. C. Ørsted havde sat sig, og sammenlignet med det spor, den franske revolution har sat sig. Naturligvis står der meget mere om den franske revolution end om Ørsted, for den er langt vigtigere, hvis man ser det i et vist tidsperspektiv. Det kommer jo an på længden af den periode, man studerer.

Videnskabsfilosoffer er tilbøjelige til udelukkende at beskæftige sig med det, jeg kalder for de store profeter, hvorimod historikere og andre husmænd fortrinsvis beskæftiger sig med de små profeter, thi sådanne findes også. David Favrholt nævner til sidst nødvendigheden af, at videnskabshistorien bliver mere dyrket, og håber på, at også historikere vil læse denne. Det kan jeg i og for sig kun være meget enig i, men så må man også inddrage en meget stor skare af små profeter, som har stået i skyggen af de store profeter.

Nu er Holbergs navn blevet nævnt, Horrebows ligeså; der findes en hærskere af folk, som har forsøgt igennem det 17., 18. og 19. århundrede at forklare samfundene, deres struktursammensætning og folks placering i samfundspyramiden: Politologer, økonomer og andre, der har interesseret sig for fordelingen af bl.a. indkomst og prøvet at forklare den. Nogle af disse betragtninger eller teorier har utvivlsomt for hverdagsmennesker været meget mere afgørende end Keplers og Galileis teorier. De små profeters værker havde i mange henseender samfundsomvæltende konsekvenser, som netop den franske revolution, der f.eks. herhjemme førte til en grundlov i 1849. Eller tag en meget stor teori, som af mange mennesker længe er blevet betragtet som perfekt og alt omfattende, men som i vore dage står som en mindre perfekt samfundsteori, nemlig den, Marx og hans venner udarbejdede. jeg vil derfor gerne slå et slag for de små profeter og bede om at få taget dem med.

Til slut en lille episode fra det 19. århundrede fra Frederiksborg

Slot, hvor der var en slotsforvalter, der hed Hammelev. Han havde under sig et større personale. Personalet rangerede på forskellige løntrin, og nederst på lønstigen stod skansekarlen, som en dag kom til Hammelev og forlangte mere i løn, hvilket Hammelev afviste. Skansekarlen spurgte: »Hvorfor ikke?« Og Hammelev svarede: »Det skal jeg forklare dig. Du er den, der bestiller mest, og du skal selvfølgelig have mindst i løn; hvis du tager vagtmesteren, så bestiller han mindre og har derfor mere i løn; jeg, der slet ingenting bestiller, har mest i løn. Se, det er det administrative princip.« Det mærkelige var, at skansekarlen var tilfreds med svaret. I virkeligheden ligger en af de små profeter og hans verdensbillede bag denne udredning, men det skal jeg ikke komme ind på, for om lidt står kaffen klar, som det hedder i visen.

OLAF PEDERSEN: En ganske kort bemærkning for at supplere det, David Favrholt sagde om naturvidenskaben som en virksomhed, der har fat i noget, der ikke er historisk betinget og ikke skabt af mennesker. Her tror jeg, det vil være nyttigt, også under hensyn til populariseringsarbejdet, at skelne mellem de primære naturvidenskabelige resultater, der har det på den nævnte måde, altså simple relationer, som vi umiddelbart kan konstatere, og på den anden side de naturvidenskabelige teorier, som jeg som videnskabshistoriker gennem årene har fået en noget kynisk indstilling til. De må i højeste grad betragtes som menneskeskabte; vi laver dem jo også om af og til, når vi synes, tiden er inde, så der er grund til at skelne mellem to niveauer af naturvidenskabelige resultater.

SØREN SØRENSEN: Dette er jo en diskussion om det objektive over for det subjektive, og i den vil jeg gerne bringe et moment ind, der kan støtte David Favrholtts tese. Det gælder de æstetiske vurderinger i kunstvidenskaberne: hvornår er et maleri godt, hvornår er det dårligt, hvornår er en melodi henholdsvis god eller dårlig? Vi kan godt inden for fagene kunsthistorie og musikvidenskab og -teori sige noget om, hvad der betinger, at vi må opfatte et kunstværk som godt eller dårligt. Men der er på et

tidspunkt en grænse, en flydende grænse for værdidommenes gyldighed. Det er, hvor det subjektive kommer ind, spørgsmålet om det, den ene oplever som dårligt, kan tilbagevises med objektive kriterier af den fagkyndige og definitivt betegnes som godt eller omvendt. En definition af, hvor grænsen går for det subjektive og det objektive, mener jeg ikke, vi kan hente hjælp til i de eksakte videnskaber. Jeg kan heller ikke tænke mig, at man nogensinde kan komme til det, så for mig at se går der på dette felt også en af de omtalte grænser for naturvidenskaben.

JOHN AVERY: I sit svar til Holger Bech Nielsen mente professor Favrholdt, at en depression ikke kan måles. Men måske vil fysiologerne og biokemikerne alligevel med tiden blive i stand til at måle en depression, da den (i hvert fald delvis) består af nogle stoffer i blodet og nedsatte fysiologiske funktioner, som i princip kan måles.

FAVRHOLDT: Det er meget at svare på, men hvis jeg må svare på det sidste: Det er principielt sådan, at det er ligegyldigt, hvad en fysiolog kan måle. Vi kan tænke os det tankeeksperiment – som jeg ikke kunne få tid til at gå ind på i selve foredraget her – det egocentriske tankeeksperiment, at man kommer så langt i videnskaben, at man kan operere en masse elektriske måleapparater ind i min hjerne, som sender informationer til et biologisk institut, hvor man registrerer alt, hvad der foregår i mig, på en computer. Og de lange udskrifter på computeren fortæller, hvordan jeg har haft det dagen igennem, fra jeg står op om morgenen, til jeg går i seng om aftenen, der står alt om min hormonale tilstand etc. Og om aftenen kan jeg gå over på det biologiske institut og sige: Nå, hvordan har jeg haft det i dag; og biologerne vil svare: Kl. 11 var du deprimeret, kl. 12 trængte du til kaffe osv., hele dagen igennem. Der har jeg så en kvantitativ beskrivelse af mig selv, og den kan jo være rigtig nok; jeg vil ikke udelukke, at man måske, selv om jeg ikke tror det, vil nå så langt engang. Men det er stadigvæk en beskrivelse, som slet ikke har noget at gøre med den beskrivelse, jeg må bruge for at fortælle, hvordan det er at være mig. Altså det, at »jeg er« – måske skal vi helt tilbage til Kierkegaard:

Det er noget »førstepersons« at være mig. Det, jeg kan se på computer-udskriften, det er noget »tredjepersons« – men det er det førstepersons, der betyder noget ifølge Kierkegaard. Hos ham hænger det selvfølgelig sammen med hele hans eksistentielle filosofi: Det at tro er noget førstepersons – det kan ikke være andet – det at blive forelsket, det er noget førstepersons, man kan ikke sætte sin tjener til at blive forelsket på ens vegne osv. Døden, det er noget førstepersons: når Døden står med leen i døren, kan det jo ikke nytte, at man siger til sekretæren: Vil De være venlig at tage Dem af den herre – nej, nu er det mig. Det at være er altsammen noget førstepersons, og selv om udskriften fortæller, hvordan jeg har det og har haft det fysiologisk set, så har den stadig ikke noget at gøre med oplevelsesbeskrivelsen. Uden at tale om sjæl – for det fører ind i mange vanskeligheder – kan man tale om sin egen oplevelsessituation. Man har altså en beskrivelse af oplevelsessituationen ved siden af den naturvidenskabelige beskrivelse. Dernæst kan man undersøge de rent filosofisk-logiske betingelser for at reducere den ene slags beskrivelse til den anden. Som sagt mener jeg, at der ikke kan foretages en reduktion, og dermed opstår der problemer vedrørende videnskabens enhed.

HOLGER BECH NIELSEN

*Videnskabens spekulative sider og
verdens skabelse*

1 Indledning

Fysikken har ambitioner om at være en teori for alt – ikke sådan forstået, at man ikke har brug for de andre videnskaber – men på den måde, at man skal kunne opfatte f.eks. biologiske systemer som en art fysiske systemer. Der arbejdes meget på at finde en enhedsteori for hele fysikken, og det kan på dette tidspunkt ikke udelukkes, at man allerede har fundet den. Der er nemlig efter min opfattelse nogle forslag, som har en vis chance for at være en korrekt »teori for alt«, nemlig:

1. Superstreng-teorier.
2. »Babyunivers«-teorien, der for nylig er fremsat af Hawking, Coleman og Banks, henholdsvis engelsk, amerikansk og israelsk fysiker.
3. »Tilfældig Dynamik«, som jeg selv er ophavsmand til, og som er lidt beslægtet med babyunivers-teorien.

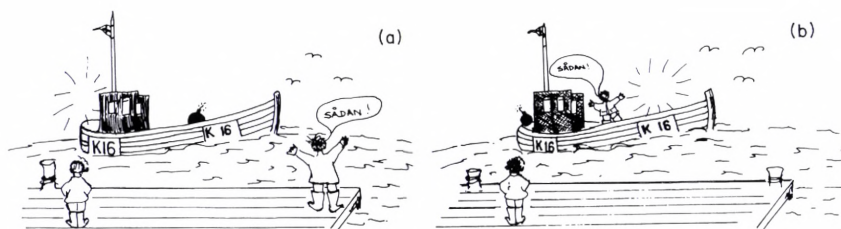
Det vanskelige ved at beskrive disse teorier nærmere er, at den moderne fysik bruger et meget matematisk og meget uvant sprog, fjernet fra dagligsproget og fra andre videnskabers sprog. Det følgende kan derfor desværre let blive en demonstration af, at man i moderne fysik betjener sig af et sprog, der er helt uforståeligt for ikke-eksperter.

1.1 Absurditeter i fysikken

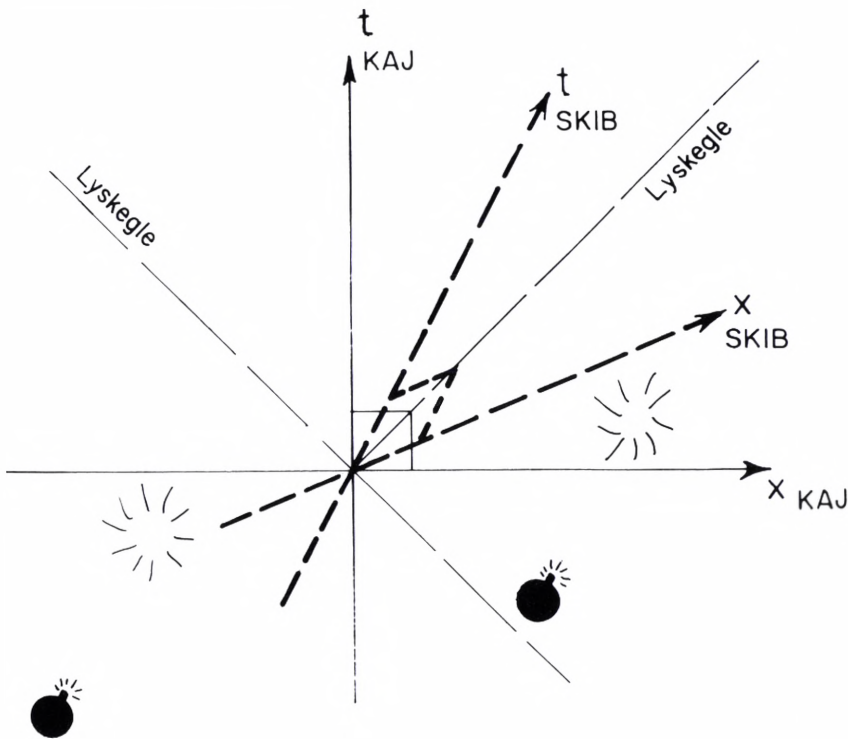
En af grundene til, at vi anvender et meget uvant sprog, er, at moderne fysik angår stoffets opførsel under betingelser, som er højst usædvanlige i dagliglivet; først og fremmest studerer man nu om dage stadig mindre stumper af stof. Man har herved lært en masse om stoffets struktur ved meget små afstande. Man kan ved de store eksperimentelle centre studere strukturer ned til afstande af størrelsesordenen 10^{-18} m (altså 0.000000000000000001 m). For at kunne studere så små afstande må man bruge stumper af stof, som bevæger sig med hastighed nær lysets hastighed. Ved sådanne forsøg har det vist sig, at naturlovene ved meget små afstande er underlige. Jeg skal give to eksempler:

1) Relativitetsteorien, som skyldes Einstein, hævder bl.a., at begrebet samtidighed afhænger af den hastighed, som observatøren (= man) bevæger sig med. Det medfører, at to observatører, som bevæger sig med forskellig hastighed, ikke kan blive enige om rækkefølgen (i tid) af begivenheder, der finder sted på forskellige steder. Dette illustreres på figur 1, hvor en observatør på kajen og en observatør på et forbisejlende skib hver for sig skal afgøre, hvilken af to bomber der sprang først. Hvis skibets hastighed er stor (f.eks. halvdelen af lysets), vil de komme til modstridende resultater.

Dette virker umiddelbart urimeligt, fordi vi er vant til at opfatte samtidighed som et veldefineret begreb, der ikke behøver yderligere specifikationer, som f.eks. ud fra hvilken hastighed vi



Figur 1. Illustration af, at begrebet samtidighed er flydende. Hvis båden sejler med en hastighed nær lysets, kan de to observatører ikke blive enige om rækkefølgen af de to eksplosioner.



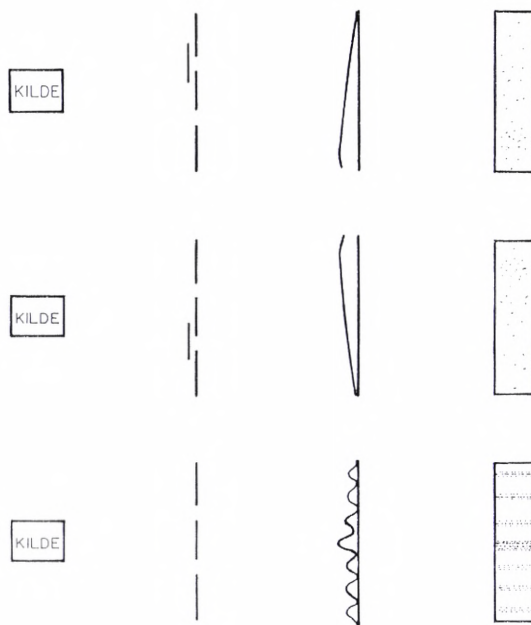
Figur 2. Situationen fra fig. 1 vist i rum-tid-diagram. En begivenhed (eksplosion) svarer til et punkt i dette diagram, dens sted og tid er projektioner på x - og t -akserne. Kaj og båd har hver sit sæt af akser. Derfor kan den ene observatør sige, at eksplosionen til højre skete før $t = 0$, den anden, at den skete efter $t = 0$.

mener »samtidighed«. Men det har altså vist sig at være sådan. Relativitetsteorien er blevet bekræftet gennem efterprøvning af flere af dens forudsigelser, og ifølge den kan samtidighed ikke defineres uafhængigt af en opgivelse af en hastighed. På figur 2 er situationen søgt beskrevet i koordinatsystemer, hvor sted (x) og tid (t) er afsat langs x - og t -akser. Der er to sæt af akser, det ene svarende til observatøren på kajen, det andet svarende til observatøren på skibet. En begivenheds sted er projektionen (parallel med t -aksen) ned på x -aksen, og dens tid er projektionen (parallel med x -aksen) ind på t -aksen. Med denne definition illustrerer figuren, at bomben til højre eksploderede sidst – set fra kajen, og

først – set fra skibet. Hvis lyset havde bevæget sig uendelig hurtigt, ville der ikke have været tvivl om rækkefølgen af de to begivenheder; men lyset tøver, som Ole Rømer viste, og derfor er rækkefølgen ikke entydig.

2) Kvantemekanikken forudsiger, at en partikel (f.eks. en elektron) i en vis forstand samtidig kan gå flere veje mellem to punkter:

Lad os se på et eksperiment, hvor vi sender elektroner ind mod en skærm med to spalter (se figur 3). Et stykke bag skærmen stiller vi en fotografisk plade, der bliver sværtet, hvor den rammes af elektroner. En sådan opstilling spillede (som tankeeksperiment) en stor rolle i diskussionen mellem Bohr og Einstein om kvantemekanikken. Vi ville umiddelbart forvente, at pladen bliver sværtet i to striber, en bag hver spalte, men kvantemekanikken forudsiger, at der skal komme et helt sæt af parallelle sværtede striber, ligesom hvis vi havde brugt lys i stedet for elektroner. I denne situation udviser elektronen *bølgeegenskaber*. Det er, som om en plan bølge falder ind mod skærmen og nye ringformede bølger udgår fra de to spalter for på skærmen enten at



Figur 3. Et eksperiment som skal vise, at elektronen har bølgeegenskaber. Figuren er stærkt stiliseret. Til elektronen svarer bølger, som går gennem hullerne i skærmen. De kan forstærke hinanden eller svække hinanden. Der, hvor de forstærker hinanden, er der størst chance for, at elektronen vil komme.

samvirke om at give stor sværtning eller at modvirke hinanden og give lille sværtning. Dækker vi den ene spalte, vil vi se en bred stribe bag den åbne spalte.

Men elektronen har også *partikelegenskaber*. Hvis vi erstattede den fotografiske plade med et (mikroskopisk) TV-kamera, skulle vi se elektronerne ramme en for en, i starten på tilsyneladende tilfældige steder, men efterhånden skulle striberne dukke op, hvor mange elektroner har ramt. Det svarer til, at man ifølge kvantemekanikken kun kan udtale sig om *sandsynligheden* for at få et givet udfald af et eksperiment. I vort eksperiment vil den forudsagte fordeling af elektronerne afhænge af positionen af begge spalter på en sådan måde, at det ikke er muligt at opretholde den antagelse, at elektronen må være gået gennem kun en af spalterne. Da kvantemekanikken er så vældig godt efterprøvet, og dens forudsigelser stemmer godt med målinger, er det så at sige naturen selv, der opfører sig så vanvittigt, at man kommer i modstrid, hvis blot man stiller det tilsyneladende uskyldige spørgsmål: Gennem hvilket hul er elektronen gået?

1.2 Planck-længden, standardmodellen og de fire slags kræfter

Et fælles træk ved de tre nævnte forslag til en »teori for alt« er, at de har en naturlig længdeenhed. Det er den såkaldte Planck-længde, som man når frem til ved at sammensætte de tre formodentlig mest fundamentale fysiske konstanter, nemlig lysets hastighed: $c = 2.9979 \times 10^8$ m/s, *Plancks konstant* (divideret med 2π): $\hbar = 1.054 \times 10^{-34}$ J \times s (Joule, J, er en energienhed og s = sekund) og Newtons gravitationskonstant: $G = 6.673 \times 10^{-11}$ m³/(kg.s²). Værdien af Planck-længden er

$$l_{Planck} = 1.616 \times 10^{-35} \text{ m.}$$

Denne længdeenhed er virkelig ekstremt lille, så lille, at ingen eksperimentel teknik i dag giver os mulighed for at studere strukturen af objekter af denne størrelse, hvis de overhovedet eksisterer. Selv de bedste instrumenter, vi i dag kan bruge ved studiet af små afstande, kan kun nå ned til omkring 10^{-18} m. Det er kun

ca. halvvejs ned til Planck-længden, målt på en logaritmisk skala, dvs. at forholdet mellem den menneskelige længdeenhed, meteren, og den mindste for tiden eksperimentelt tilgængelige længde er nogenlunde lig med forholdet mellem denne sidste og den fundamentale længdeenhed i de foreslåede »teorier for alt«. Vil vi i dag lære noget om fysikken ved Planck-længden, må vi bruge alt, hvad vi har lært fra eksperimenter ned til de 10^{-18} m, og forsøge at gætte, hvorledes vor nuværende teori kan udstrækkes til kortere afstande.

Der er en tilsvarende Planck-energi $E_{\text{Planck}} = 1.221 \times 10^{19}$ GeV = 1.956×10^9 J (1 GeV $\approx 1.6 \cdot 10^{-10}$ J er den energi som en elektron modtager ved at gennemløbe et potential på 10^9 V (V = volt)) og en Planck-masse $M_{\text{Planck}} = 2.177 \times 10^{-8}$ kg.

Vi har i dag en særdeles god teori, den såkaldte standardmodel eller Weinberg-Salam-Galshow-modellen kombineret med Q.C.D. (Quantum Chromo Dynamics) som, så godt man i dag kan beregne, stemmer med alt, hvad vi har mulighed for at måle, indtil vi får bedre instrumenter, specielt bedre acceleratorer. Til denne standardmodel skal føjes tyngdekraftteorien, som, så længe det drejer sig om, hvad man kan måle i dag, er tilfredsstillende beskrevet ved Einsteins generelle relativitetsteori.

Vi kender i dag fire slags kræfter:

1. de elektromagnetiske kræfter,
2. de stærke kernekrafter,
3. de svage kernekrafter,
4. tyngdekraften.

Der har i de senere år været en del tale om en såkaldt femte kraft, der skulle vise sig som et ekstra bidrag til det, vi normalt opfatter som tyngdekraften. Det er dog sandsynligt, at alle antydninger af eksistensen af en femte kraft hidrører fra eksperimentelle fejl og unøjagtigheder.

Den før omtalte Weinberg-Salam-Glashow-model er allerede en forenende teori for de elektromagnetiske og de svage kræfter, mens Q.C.D. er teorien for de stærke kræfter. En »teori for alt« skal altså forene Weinberg-Salam-Glashow-modellen med Q.C.D. og den generelle relativitetsteori.

I det følgende vil jeg først forsøge at antyde, hvad materien er bygget op af ifølge den moderne fysiks verdensbillede. Standardmodellen er ikke så simpel, som man kunne håbe, en grundlæggende naturlov skulle være, skønt den faktisk heller ikke er så kompliceret endda.

Dernæst vil jeg søge at give en idé om, hvordan man tænker på felter og forestiller sig, at det tomme rum har en struktur. Tyngdekraften giver sit eget bidrag til de nye og lidt underlige tanker om vor verden, fordi Einsteins generelle relativitetsteori opfatter tyngdekraftfænomenerne som en konsekvens af, at geometrien bliver »dynamisk« og kan ændre sig, så rummet (og tiden med) kan »krumme sig«. En mulig kilde til information om en formodet ny fysik bagved standardmodellen er studiet – ganske vist i vid udstrækning teoretisk – af de første brøkdeler af et sekund efter verdens skabelse, det såkaldte Big Bang.

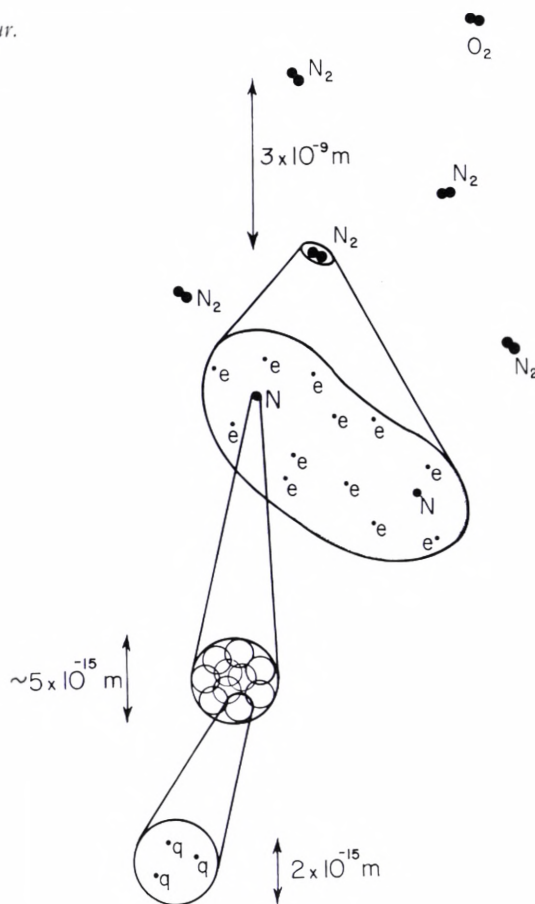
Endelig vil jeg tale om forsøgene på at opstille en »teori for alt«.

2 Stoffets sammensætning

Alt det stof, som vi møder i det daglige, er bygget op af atomer, der typisk har størrelser på nogle få Bohr-radier; en Bohr-radie er $a_0 = 0.529 \times 10^{-10}$ m. Størrelsen af atomerne repræsenterer altså på den logaritmiske skala lidt over halvdelen af vejen ned til de mindste målte afstande. Atomets struktur (figur 4) betragtes i dag som meget velforstået, noget, der i meget høj grad skyldes Niels Bohr. Vi kan sammenligne atomet med solsystemet: I midten af atomet sidder atomkernen, der stort set har form som en kugle med en radius på nogle få fermi; 1 fermi er 10^{-15} m. Atomkernen svarer til Solen i midten af planetsystemet, og elektronerne kredser udenom ligesom planeterne om Solen.

Ifølge den klassiske mekanik skulle elektronerne tabe energi ved udsendelse af lys, ligesom elektriske svingninger i en antenne leder til udsendelse af radiobølger. Elektronerne skulle derved falde tættere og tættere ind mod kernen, og atomet således blive

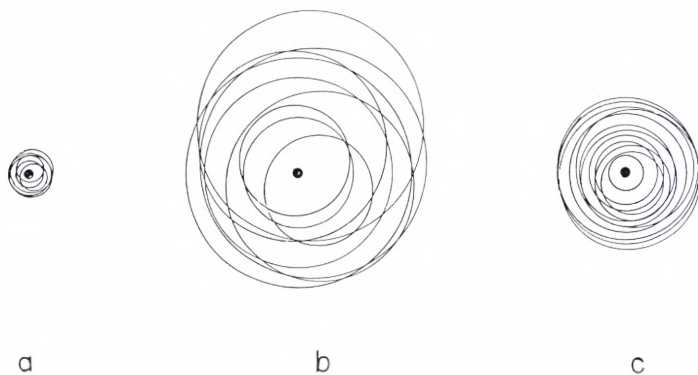
Figur 4. Stoffets struktur.
Molekyler og atomer,
kerner, nukleoner og
kvarker.



mindre og mindre. Det sker dog kun ned til et vist punkt, så bliver atomet stabilt. Man kan forklare den stabilisering ud fra Heisenbergs ubestemtheds-relation, der er en vigtig konsekvens af kvantemekanikken. Heisenbergs ubestemtheds-relation udsiger, at det er umuligt samtidig at give nøjagtige værdier for en partikels position og for dens bevægelsesmængde (en partikels bevægelsesmængde er produktet af dens masse og dens hastighed). Det bedste, man kan opnå, er, at produktet af usikkerheden på bevægelsesmængden og usikkerheden på positionen er lig med Plancks konstant \hbar .

Hvis elektronen skal løbe i en bane tæt på kernen, må den være afgrænset til et lille område i rummet. Men da må dens

bevægelsesmængde og dermed dens hastighed, som kun kan tænkes som en statistisk fordeling, have stor usikkerhed, dvs. at middelværdien af bevægelsesenergien bliver stor. Når banen gøres mindre, vokser bevægelsesenergien mere end den potentielle energi aftager; elektronen kommer altså ikke virkelig af med sin energi ved at rykke tættere ind mod kernen, selv om den derved sænker sin potentielle energi (figur 5). Dette er kvantemekanikkens forklaring på, at atomerne og dermed materien ikke falder sammen. Elektronens hastighed i dens bevægelse omkring kernen er, målt med lysets hastighed som enhed, af størrelsesordenen $\alpha = \frac{v}{c} = \frac{1}{137.0360}$. Denne størrelse, som kaldes finstrukturkonstanten, er konstrueret ud fra elektronens elektriske ladning e , lyshastigheden c og Plancks konstant \hbar . Elektronen bevæger sig altså typisk 137 gange langsommere end lyset. Det er dog en ganske betydelig hastighed, godt 2000 km/s. Til sammenligning kan nævnes, at Jordens hastighed i sin bane omkring Solen er



Figur 5. Atomets stabilitet. De tre tilfælde repræsenterer a) Elektronbanen er tæt ved kernen. Her er den dybt nede i kernens elektriske potential; dens potentielle energi er stærkt negativ, men den har meget stor positiv kinetisk (bevægelses-) energi. Den samlede energi er lidt negativ. b) Elektronbanen er langt fra kernen. Her er den potentielle energi lidt negativ og den kinetiske energi lidt (mindre) positiv. Den samlede energi er lidt negativ. c) Elektronbanens afstand fra kernen er moderat. Den potentielle energi (negativ) og den kinetiske energi (positiv) er begge moderate, men den samlede energi er (moderat) negativ.

Atomets stabilitet er mest i tilfælde c, hvor den samlede energi er mest negativ.

ca. 30 km/s. Da elektronhastigheden i atomer er meget mindre end lyshastigheden, har man ikke brug for relativitetsteorien for at beskrive atomerne, undtagen hvis man vil undersøge meget fine detaljer (eller studere atomer, hvis kerne har en meget stor ladning, som forårsager, at elektronens hastighed bliver større).

Atomkernens masse er meget større end elektronens masse; den er ca. 2000 til 200.000 gange tungere. En given begrænsning i rummet medfører derfor ikke så store hastigheder, som en elektron ville få. Kernen bevæger sig langt mindre omkring inden i atomet. I atomets kvantemekaniske tilstand er den statistiske fordeling af kernens position snævrere end fordelingen af elektronens position; vi siger, at kernen (kvante)fluktuerer mindre i position.

Kernen består af *nukleoner*, et fælles navn for protoner og neutroner; også de styres af kvantemekanikken. De tiltrækker hinanden med en anden slags kræfter end dem, hvormed kernen tiltrækker elektronerne. Elektronerne tiltrækkes ved *elektromagnetiske kræfter*, mens kernen holdes sammen af kræfter, der kaldes de *stærke kernekræfter*. Hastigheden af en nukleon inde i kernen er typisk en tiendedel af lyshastigheden, så der er stadig ikke behov for relativitetsteorien, hvis man stiller sig tilfreds med en lav nøjagtighed.

Nukleonerne er igen sammensat af partikler kaldet *kvarker*. Ifølge Q.C.D.-teorien holdes de sammen ved hjælp af partikler, som kaldes *gluoner*. For at beskrive, hvorledes gluonerne vekselvirker med kvarker og dermed holder dem sammen, har man måttet opfinde en ny slags »ladning«. Denne ladning, som vi kalder »farve«, optræder i 3 varianter: rød, blå og gul.

Kvarkerne bevæger sig inde i nukleonerne med hastigheder, der er meget tæt på lysets, og det er her absolut nødvendigt at tage hensyn til relativitetsteorien. Protoner og neutroner er (næsten udelukkende) sammensat af to kvarktyper, kaldet up-kvark og down-kvark, men der er flere andre kvarktyper. Up-kvarken og down-kvarken har forskellig elektrisk ladning. De findes begge i 3 »farver«.

Vi ser altså materiens opbygning som en slags kinesisk æske: Stoffet er sammensat af atomer, atomet af elektroner og en kerne

i hvert atom, kernen af nukleoner, nukleonen af kvarker bundet sammen af gluoner.

Til disse partikeltyper kan føjes *fotonen*. Ifølge kvantemekanikken har elektromagnetisk stråling, dvs. lys, radiobølger, røntgenstråler og gammastråler, både bølgeegenskaber og partikelegenskaber ligesom elektronen. Til elektromagnetisk stråling svarer der altså en partikel: fotonen. Det er den, der er ansvarlig for, at elektronen bindes til kernen. Udover de nævnte partikler har man fundet en lang række nye partikeltyper, som naturen tilsyneladende ikke gør synderlig brug af til opbygning af dagligdagens stof.

Der er for det første et væld af partikler, kaldet *hadroner*, der ligesom nukleonerne er bygget op af kvarker bundet sammen af gluoner. Hadronerne blev oprindeligt defineret som de partikler, der mærker de stærke kræfter.

Videre må nævnes *leptonerne*, hvoraf nogle kan karakteriseres som en slags tunge elektroner, mens andre, som er neutrale, synes at være masseløse. Elektronen regnes selv med til leptonerne.

Jeg har nævnt de *svage kernekræfter*. De spiller ikke så stor rolle i det almindelige stofs opbygning. De kan f.eks. få en neutron – den ene af byggestenene i kernen – til at omdanne sig til en elektron, en proton og en (anti)elektron-neutrino. Ligesom de elektromagnetiske kræfter, der holder atomerne sammen, skyldes udvekslingen af fotoner, så skyldes de svage kræfter udvekslingen af partikler kaldet intermediære *bosoner*: W^+ , W^- og Z^0 .

De fleste partikler er sammensat af andre, nemlig alle hadronerne, som bl.a. omfatter nukleonerne, kernerne naturligvis, og selve atomerne. Disse sammensatte partikler kan man imidlertid regne sig frem til, når teorien er færdig. De fundamentale partikeltyper, de partikler, som ikke er sammensat af andre, kan klassificeres i tre klasser efter en egenskab, spinnet, som groft sagt er et mål for, hvor meget partikler snurrer rundt om sig selv:

1. Gaugepartiklerne med spin = 1 (se nærmere om disse partikler s. 81): der er fotonen (lyspartiklen), 8 gluoner (der »limer« kvarkerne sammen til nukleoner og andre hadroner), og 3 intermediære vektorbosoner W^+ , W^- og Z^0 .

2. Fermionerne med spin = $\frac{1}{2}$: de omfatter kvarkerne, der forekommer i 6 slags »flavour« (f.eks. up-kvark og down-kvark), og hver slags kan igen findes i tre »farver«; endvidere omfatter de leptonerne, dvs. elektronen og de elektronlignende partikler, samt 3 forskellige neutrinoer.
3. Higgs-partiklen med spin = 0. Ifølge den oprindelige feltteori skulle alle de fundamentale gaugepartikler og fermioner være masseløse, i strid med eksperimenter. I standardmodellen har de fundamentale partikler alligevel fået masse ved et trick, der skyldes Higgs. Prisen var, at man måtte opfinde en ny partikel: Higgs-partiklen. Det er dog højst sandsynligt, at der her er noget i modellen, som ikke er rigtigt.

Partikler med spin = $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{2}$ osv. kaldes fermioner; de har Fermi-statistik. Partikler med spin = 0, 1, 2, 3, osv. kaldes bosoner; de har Bose-statistik. Fermi- og Bose-statistik fortæller noget om partiklernes statistiske opførsel. For fermioner gælder Pauli's udelukkelsesprincip: to ens fermioner kan ikke være i samme tilstand. Derimod kan to ens bosoner meget vel findes i samme tilstand.

Til beskrivelse af disse partikler og deres indbyrdes vekselvirkninger (dog bortset fra tyngdekræfterne) har vi standardmodellen, som hører til den type af modeller, som kaldes Yang-Mills kvantefeltteorier. Standardmodellen er nok for indviklet til at være en endegyldig teori. Den indeholder en masse partikeltyper, hvis tilstedeværelse ikke følger af noget ledende princip forstået indtil nu. Hvorfor er der ikke andre, som virker på hinanden på en lidt anden måde? Naturen kunne tilsyneladende ligeså godt have valgt mange andre modeller.

3 Rummets struktur

3.1 Feltteori

En *Yang-Mills kvantefeltteori* er en generalisation af den teori, der beskriver de elektriske og magnetiske fænomener, nemlig kvanteelektrodynamikken. I en Yang-Mills teori spiller felter af lignende art som de elektriske og magnetiske felter en afgørende rolle. De rigtige elektriske og magnetiske felter er mål for, hvor meget henholdsvis en elektrisk ladning og en kompasnål påvirkes forskellige steder i rummet. I kvantefeltteorier kan man forestille sig, at det er felterne, der har den egentlige eksistens, og at al materie er manifestationer af forskellige vibrationer i felterne. Verden tænkes altså beskrevet ved forskellige talværdier, som angiver de forskellige felttypers styrke og retning i hvert punkt i rummet. Der findes en slags magnetisk felt og en slags elektrisk felt for hver af de tolv fotonlignende partikler i standardmodellen, og de findes i hvert punkt af rummet. Til ethvert tidspunkt antager de i almindelighed forskellige værdier og retninger. Disse felter skal naturligvis opfylde kvantemekanikkens regler. Man kan derfor ikke i almindelighed have en tilstand, hvori alle felterne har bestemte værdier. Man kan kun beskrive tilstande, som svarer til en statistisk forventning om felterne. Der gælder en slags Heisenbergs usikkerhedsrelation for felterne.

På grund af kvantemekanikken må felterne selv i et tomt rum vibrere noget i samme kvantemekaniske forstand, i hvilken man kan sige, at elektronen går rundt om kernen, selv i den tilstand, hvori elektronen har lavest energi, og atomet er blevet stabiliseret. Selv det tomme rum er derfor i den moderne fysiks opfattelse et meget kompliceret medium. Man kan nu tænke på stoffet – partiklerne – som ret små modifikationer af det tomme rum. Når feltet for en partikeltype vibrerer kraftigere i et område, betyder det, at der er en eller flere partikler af denne type til stede i området. Det tomme rum – vakuum – synes at have forfærdelig meget struktur i forhold til den ekstra struktur, der skyldes tilstedeværelsen af almindeligt stof. I det almindelige stof ind-

går jo kun elektronen, up- og down-kvarkerne, gluonerne og fotonen. I det tomme rum er der felter, ikke bare svarende til disse partikler, men også svarende til alle de ekstra partikeltyper, vi har lært om og vil lære om gennem fremtidig eksperimenteren. Alle disse felter har kvantefluktuationer i det tomme rum.

Vi tænker altså på det tomme rum som et ret kompliceret objekt med en masse felter. Under normale omstændigheder er det i sin grundtilstand, dvs. i den tilstand, der har lavest mulig energi. Ligesom et atom har tilstande med forskellig energi, så kan rummet, ifølge kvantemekanikken, være i tilstande med forskellig energi. Den tilstand, der har lavest energi, kaldes vakuum eller det tomme rum.

Men bruges disse mange muligheder i rummet i feltteorien da aldrig til noget? Jo, for det første kan man bygge accelerators, der kan give elektroner og protoner meget store energier, meget store i forhold til hvad en enkelt sådan partikel sædvanligvis har. Det er egentlig ikke så meget energi, man kan overføre til en enkelt sådan elementarpartikel. Selv med de største accelerators kan man kun bibringe en elektron eller en proton så megen energi, som der skal til, for at en flue kan løfte sit ene ben en lille smule. Men at få en sådan energi overført på en enkelt partikel kræver en højt udviklet teknik. Ved at slynge disse elektroner eller protoner ind i sædvanligt stof eller endnu bedre mod hinanden kan man så, med lidt held, producere de fleste af de mere sjældne partikler. Partiklerne er så små, at man skal forsøge vældig mange gange og sigte særdeles godt, men det har man i dag instrumenter, der kan gøre. Vi kan f.eks. producere Z^0 . Det betyder, i feltteoriens sprog, at feltet svarende til denne partikeltype bringes til at svinge lidt kraftigere.

Selv med de største accelerators, bygget i internationalt samarbejde, kan vi kun frembringe sammenstød med energier, der er små målt med Planck-energien, den formodede fundamentale enhed. Planck-enheden for energi svarer til bevægelsesenergien af et typisk eksprestog med mange vogne. For direkte at kunne studere f.eks. superstrengteorien skulle vi helst kunne studere sammenstød med et eksprestogs energi samlet på hver enkelt elementarpartikel. Det har man ikke teknisk mulighed for at gøre i dag.

For at opnå interessante sammenstød, sådanne som virkelig ville fortælle om de korte afstande, skulle man desuden kunne ramme så præcist, at de formodede inderste dele af den ene partikel ville ramme de inderste dele af den anden inden for en Planck-længde, en næsten håbløs udfordring. Tænker man sig, at man kunne bygge en accelerator, der kunne samle en Planck-energi på hver partikel, og som kunne ramme inden for en millimeters nøjagtighed, så ville det alligevel være et problem at få de interessante sammenstød. For rigtig at kunne efterprøve en fundamental teori skulle man jo ramme inden for en Planck-længde. For at opnå dette måtte man skyde mange gange, før man ramte i plet ved et tilfælde. Faktisk ville man have brug for at forsøge $(\frac{10^{-7}}{10^{-35}})^2 = 10^{64}$ gange ($1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$ og $l_{\text{Planck}} = 10^{-35} \text{ m}$). Så mange gange et eksprestogs energi har man næppe råd til, selv hvis det en dag skulle blive teknisk og økonomisk muligt at konstruere en Planck-energi-accelerator.

Det kan altså synes temmelig håbløst direkte at studere teorier, der skal kunne forene tyngdekraften og de andre kræfter, men der er en anden mulighed. Formodentlig var der, i de allerførste øjeblikke efter universets skabelse, så høj temperatur og tæthed, at mange af de nu sjældne partikeltyper var til stede i stort tal. Under sådanne betingelser er en forenende teori relevant. Hvis vi ud fra tilstanden af verden i dag kunne slutte tilbage til tilstanden af verden i disse allerførste øjeblikke efter Big Bang, så kunne vi måske lære noget om den fundamentale forenende teori.

Der er naturligvis sket meget siden, og det er antagelig ret få træk ved verden af i dag, som direkte kan forbindes med Big Bang. Vi kender dog nogle:

1. Hubble-ekspansionen. Astronomerne lærer os, at fjerne galakser (mælkevejssystemer) bevæger sig væk fra os, jo hurtigere, des længere de er væk. Dette viser, at der var en eksplosion, som sådan set stadig finder sted.
2. 3K-baggrundsstrålingen. Det er radiobølger i cm-området. De kommer ind fra verdensrummet med samme intensitet i alle retninger og med et spektrum, der svarer til hulrums-

strålingen (strålingen fra et absolut sort legeme) med temperaturen $T = 2.7 \text{ K}$ (2.7° over det absolutte nulpunkt). Vi kan opfatte Big Bang som en eksplosion, under hvilken selve det rum, vi lever i, udvider sig ligesom overfladen af en ballon, der pustes op. På grund af denne udvidelse er stof og bølger i verdensrummet blevet fortyndet, og temperaturen af hulrumsstrålingen er faldet. Man regner derfor med, at den nuværende baggrundsstråling engang har haft en langt højere temperatur.

3. Forekomsten af de letteste grundstoffer, brint, helium og lithium, der er blevet produceret på et tidspunkt, da verden endnu kun var nogle få måneder gammel, og temperaturen var ca. 1 million grader. De fleste tungere grundstoffer er formodentlig senere blevet produceret i stjerner med de lette grundstoffer, mest brint, som råmateriale og siden spredt ved stjerneeksplosioner (supernovaer). Man kan få oplysninger om den oprindelige fordeling af brint, helium og lithium ved at studere lys fra overfladen af stjerner, der antages ikke at være blevet nævneværdigt forurenset med stjerneproducerede stoffer.
4. Endelig kan man studere galaksernes fordeling i rummet og deraf prøve at udlede noget om Big Bang.

Den eneste pålidelige teori, man indtil nu har kunnet bruge til at beskrive Big Bang, er standardmodellen. Den indeholder visse usikre antagelser, f.eks. er Higgspartiklen allerede i høj grad spekulativ, så derfor kan man ikke stole på, at naturlovene vil være sådan som vi kender dem, når man kommer ned til afstande mindre end 10^{-18} m . Når temperaturen bliver tilstrækkelig høj, ca. 10^{16} K , vil partiklerne have så store energier og hastigheder, at hidtil ukendte typer af partikler eller endnu uopdagede fysiske love kan forventes at optræde. Dengang temperaturen var højere end 10^{16} K , og det var den antagelig indtil ca. 10^{-13} sekund efter begyndelsen – gjaldt der altså muligvis andre fysiske love og fandtes andre partikler end de nu veletablerede. F.eks. drømmer

mange fysikere om supersymmetri, dvs. at hver af de kendte partikler skulle have tilknyttet en partner med et andet spin. Superstrengen har fået sit navn »super« på grund af denne specielle symmetri, som sammenknytter bosoner med fermioner. Når man laver modeller for det første ca. 10^{-13} sekund, kan man altså ikke bare regne med kendte naturlove, men man må gætte sig til mange detaljer.

Interessant nok kan man ved kosmologiske betragtninger få oplysninger, eller i det mindste et lille vink, om hvad der foregik nogle måneder efter universets skabelse, på et tidspunkt da temperaturen var nået ned til en million grader. Man har kunnet vurdere, hvor mange typer leptoner og kvarker man skal forvente at finde, ud fra beregninger af de producerede lette grundstoffer. Disse beregninger stemmer bedst overens med de målte mængder af lette grundstoffer, hvis man antager, at der kun er tre neutrino typer. I standardmodellen vil tre neutrinoer betyde, at vi skal finde seks kvarktyper og tre elektronlignende partikler (ladede leptoner). I standardmodellen kommer fermionerne nemlig i såkaldte generationer, som hver består af en neutrino, en ladet lepton og to kvarker. Kosmologisk synes der altså at eksistere netop tre generationer, sådan som vi stort set allerede har fundet; vi mangler blot den såkaldte top-kvark t .

I det væsentlige drejer denne vurdering af antallet af generationer sig om, at tyngdekraften fra neutrinoerne vil opbremse eksplosionen kraftigere, jo flere typer af neutrinoer, der findes. Derfor: jo flere neutrinoer, des hurtigere må udvidelsen have været på det tidspunkt, da de lette grundstoffer blev produceret, og det ville have påvirket produktionen af lette grundstoffer.

3.2 Generel relativitetsteori

Hvis man vil stille spørgsmål om, hvorledes det hele begyndte, eller om der overhovedet var en begyndelse, er det formodentlig af afgørende betydning at tage hensyn til den generelle relativitetsteori, altså teorien om tyngdekraften, fordi denne teori leder til så underlige og betydningsfulde forestillinger om tid og

rum. I dag vil vi nok sige, at vi tror på, at der var en begyndelse: Verden har ikke eksisteret altid, det rum, vi lever i, og det stof, vi består af, eksisterede ikke forud for den store Big Bang-eksplosion. Et forslag til, hvordan det begyndte, er Hartle-Hawking-begyndelsesbetingelsen, som nærmest betyder, at verden kom til at eksistere ved en slags tunnelproces, et specielt kvantemekanisk fænomen.

Men i virkeligheden er det lidt farligt overhovedet at bruge vort daglige sprog og vore tilvante tænke- og talemåder til at beskrive, hvad man forestiller sig der skete i begyndelsen, fordi vort sprog og vor tankegang er fyldt med fordomme angående rummets og vel især tidens egenskaber. Vi mødte allerede i den specielle relativitetsteori den for vor sædvanlige tidsforestilling overraskende forudsigelse, at samtidighed ikke er noget absolut begreb: om to begivenheder er samtidige, afhænger af observatørens hastighed.

I den generelle relativitetsteori bliver det endnu værre: Nu begynder hastigheden af alle fysiske processer, altså specielt et ursgang, at afhænge af, hvor vi befinder os i tyngdefeltet: De fysiske processer foregår hurtigere, jo højere man går op. I Jordens tyngdefelt kan forskellene dog kun måles med den mest nøjagtige teknik.

Fysikerne Pound og Rebka udførte i 1960 et eksperiment i et 22,6 m højt tårn. Ifølge den generelle relativitetsteori vil et ur i toppen af tårnet gå lidt hurtigere end et ur ved foden af tårnet; det vil vinde ca. et sekund på 10 millioner år i forhold til det andet ur. Eksperimentet blev udført med atomkerner som ure, og man benyttede den såkaldte Mössbauer-effekt. Hvis en atomkerne udsender en foton, vil den normalt rekylerer som et gevær, altså blive slynget tilbage; fotonen vil derfor ikke overtage hele den frigjorte energi. Det er imidlertid muligt, på grund af kvantemekanikken, at det er hele den blok materiale, atomkernen sidder i, der rekylerer, og i så fald taber fotonen næsten ingen energi til rekylbævelsen. Fotonen kan da optages af en anden atomkerne af samme slags på en måde, der er analog med udsendelsen. Det giver mulighed for at påvise ganske små forskelle i svingningsfrekvensen for de to kerner. Man fandt en fin overensstemmelse med den teoretiske forudsigelse.

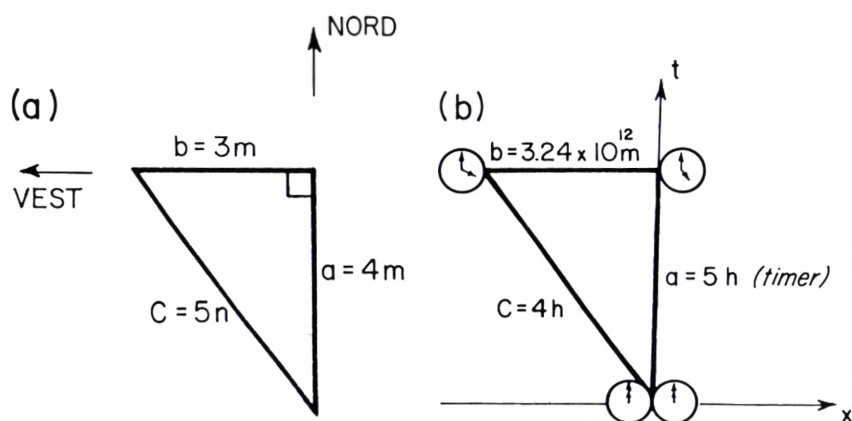
Hvis tyngdefelterne bliver kraftige, kan der også ske andre mærkelige ting; f.eks. kan en stjerne eller et andet objekt bryde sammen under sin egen vægt og danne et »sort hul«. Tyngdefeltet kan blive så stærkt, at end ikke lys kan nå op fra stjernens eller objektets overflade. Falder man ned i et sort hul, vil der derfor fra et vist tidspunkt ikke længere være nogen mulighed for at sende signaler af nogen art tilbage. Der sker endda det mærkelige, at der ikke længere er nogen løsning for ligningerne, der skal beskrive, hvad der vil ske med en person eller et objekt, der falder ned i et sort hul. Det betyder formodentlig, at han slet ikke har nogen fremtid. Han løber ind i en »singularitet« med meget kraftige tyngdefelter, og efter en tid, som han selv vil opfatte som endelig, vil han helt ophøre at eksistere. Ifølge teorien vil der ikke engang være noget lig eller andre efterladenskaber fra ham. Tiden kan altså holde helt op nogle steder. Nu afdøde professor Christian Møller (som var en fremragende kender af den generelle relativitetsteori) var meget bekymret over dette mærkelige aspekt af denne teori, og i en af de sidste samtaler, jeg havde med ham, gav han udtryk for, at han håbede at leve længe nok til at finde en løsning på dette problem. Han lavede også en model, der forsøger at løse problemet og få singulariteten væk, men jeg tvivler stærkt på, at den er rigtig.

Det karakteristiske ved den generelle relativitetsteori er, at den opfatter tyngdekraften som resultat af ændringer af felter, der beskriver geometrien for rum og tid.

Her må jeg indskyde, at det ofte er praktisk at opfatte tiden som den fjerde dimension i et firedimensionalt rum, som vi kalder rum-tid. Det er dog ikke et helt almindeligt (firedimensionalt) rum, for afstande skal udregnes lidt anderledes, end vi plejer. Vi kender Pythagoras' sætning (se figur 6), som f.eks. vil udsige at:

Når jeg går x meter mod nord og y meter mod vest, så er c , den totale afstand jeg er nået væk, bestemt ved $c^2 = x^2 + y^2$. Altså: kvadratet på den totale afstand er summen af kvadraterne på de to siders længder.

I relativitetsteorien afhænger et urs gang af dets hastighed. Jo hurtigere uret bevæges, des langsommere vil dets visere dreje sig,



Figur 6. Pythagoras' sætning, a) som vi kender den fra almindelig, euklidisk geometri, b) som den kan se ud i den ikke-euklidiske geometri, som vi må bruge i relativitetsteori.

og formelen for denne tidsforkortning er meget analog til Pythagoras' sætning. Lad os bruge enheder, i hvilke lyshastigheden er 1. Vi vil se på et ur, der med jævn hastighed bevæger sig distancen x i tiden t målt på målestokke og ure, der sidder fast på jorden. Relativitetsteorien (og eksperimenter) fortæller, at den tid det bevægede ur viser, t' , er givet ved $t'^2 = t^2 - x^2$ eller $-t'^2 = -t^2 + x^2$. Vi lægger mærke til det ekstra minustegn på de to led t^2 og t'^2 , der beskriver tid. I rum-tid kan vi derfor formulere Pythagoras' sætning således: relativistisk afstand² = $x^2 + y^2 + z^2 - t^2$.

Når man forsøger at præsentere visse aspekter af relativitetsteorien, bruger man ofte en »Euklidisk« formulering, dvs. vi glemmer dette minustegn og lader, som om vi simpelthen havde fire rumdimensioner. Bedst er det vel endda at undvære to af rumdimensionerne og tænke på en flade i stedet for et firedimensionalt rum. I denne analogi har vi så:

Til den specielle relativitetsteori – altså uden tyngdekraft – svarer en helt plan overflade, som f.eks. en tavle.

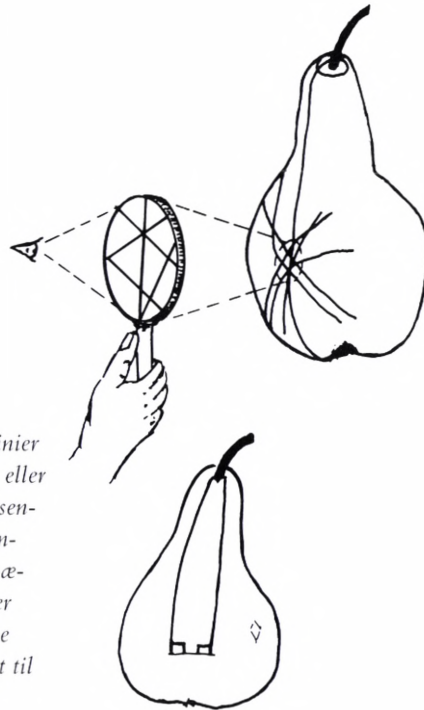
Til den generelle relativitetsteori – altså med tyngdekraft – svarer en krum flade, som f.eks. overfladen af en pære.

Ved at bruge denne analogi kan jeg illustrere, hvordan en ikke-triviell geometri kan betyde, at der kan være f.eks. en tyngdekraft:

Hvis jeg på en tavle tegner to parallelle linier, så vil afstanden mellem dem stadig være den samme, lige meget hvor meget jeg forlænger dem. De vil vedblive med at være parallelle. Ved at opfatte den ene af tavlens dimensioner som tid kan jeg lade de to linier forestille partikler, der bevæger sig med samme hastighed, da de hele tiden holder samme afstand. Men forsøger jeg nu at starte med et par parallelle linier på en krum flade (se figur 7), så vil de to linier i almindelighed ikke holde samme afstand, men snarere f.eks. begynde at nærme sig hinanden. Det vil man opfatte som relativ acceleration. Men så vil man konkludere, at der var en kraftpåvirkning af partiklerne.

Det er på denne måde man søger at beskrive tyngdekraften i Einsteins generelle relativitetsteori: som en geometrisk effekt af et krumt rum.

Egentlig er naturloven for bevægelse af partikler i den generelle relativitetsteori blot den, at de går så retliniet som muligt. De følger en såkaldt geodætisk linie, men på krum flade (i et krumt



Figur 7. Det er svært at tegne parallelle linier på en krum flade. De vil gerne nærme sig eller fjerne sig fra hinanden. Hvis fladen repræsenterer tiden (på langs ad linierne) og en rumdimension (på tværs af linierne), kan vi næsten se, at geometri svarer til kræfter: Nu er linierne sporene af to partikler; når sporene begynder at dreje mod hinanden, svarer det til at partiklerne accelererer mod hinanden.

4-dimensionalt rum) kan den ikke blive en ret linie. Man kan alligevel let tillægge det en mening at tegne en linie, der er så ret som muligt.

Denne indførelse af krumme rum i analogi med en krum flade lader formode, at mærkelige fænomener kan vise sig:

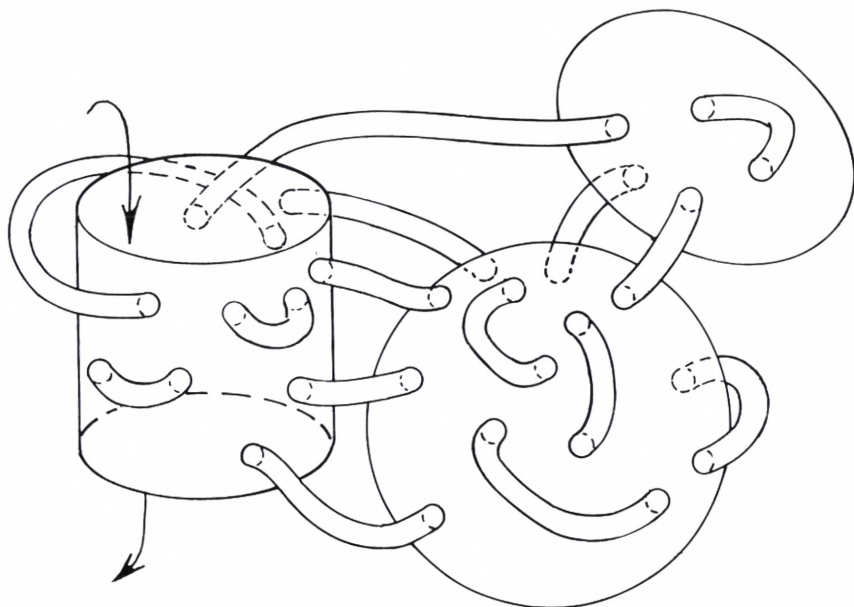
Nu behøver universet ikke at være uendeligt, men dog kan det være uden nogen grænse, hvor man kan stå og se, at man ikke kan komme længere. Vi har nemlig analogien med overfladen af en kugle, f.eks. Jordens overflade. Man kan på kuglen fortsætte »i samme retning« og dog aldrig nå nogen kant. Men kuglefladen har dog alligevel et endeligt areal.

Det er nu helt naturligt at forestille sig Hubble-udvidelsen af universet, der begyndte med Big Bang. I vor todimensionale analogi kan vi tænke på rum og tid som punkter på en skål, hvor højden over bunden repræsenterer tiden efter Big Bang, og bue-længden mellem to punkter i samme højde repræsenterer deres afstand. Stjerners og galaxers position repræsenteres ved linier, tidsspor, der går fra bunden af skålen og op langs siderne. Det at skålen bliver bredere opefter, illustrerer Hubble-udvidelsen. Vi kan se, hvorledes alle galakserne bevæger sig bort fra hinanden. Ingen galakse indtager en særstilling med hensyn til rumlig placering. De kan allesammen med samme ret opfattes som centrum for universet.

Vi ser endda muligheden for, at vort univers kunne bryde op i to eller flere stykker, som måske forener sig igen. På overfladen af en kaffekande repræsenterer hanken et lille univers, der midlertidigt har skilt sig ud fra det større (figur 8).

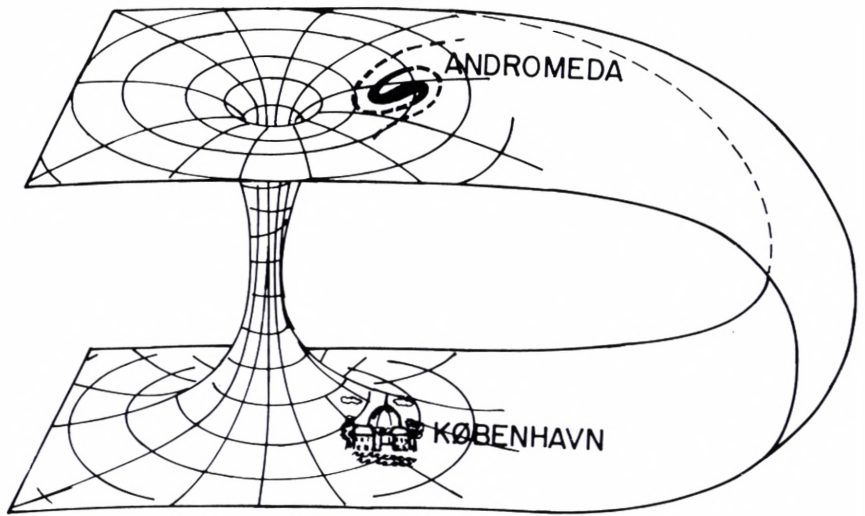


Figur 8. På kaffekanden er den hule hank en glimrende illustration af et ormehul, der forbinder to steder i »det virkelige« rum.

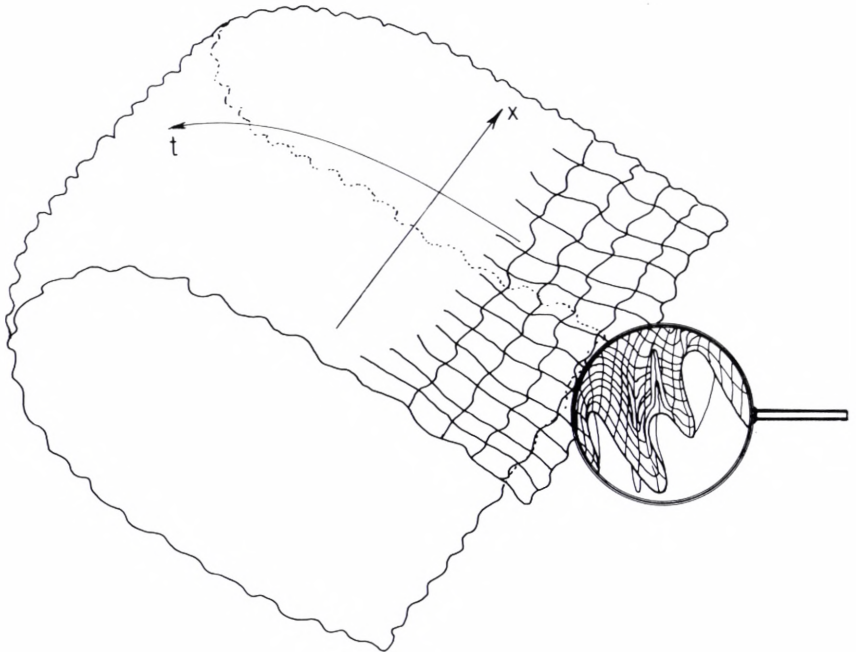


Figur 9. Et meget sammensat univers med ormehuller eller babyuniverser.

Jeg tror selv, at det er muligt, at universet således kan gå i stykker og forene sig igen, men det accepteres ikke uden videre af alle fysikere. Vi har ikke set nogen antydninger af tunneler eller »ormehuller«, der går ud et sted og ind et andet. Der må dog nok findes sådanne ormehuller på meget korte afstande på grund af kvantemekanikken (figur 9 og figur 10). I lyset af den geometriske tyngdekraftsteori må man forestille sig, at kvantemekanikken kan få tyngdefeltet til at fluktuere selv i det tomme rum, på samme måde som den fik felterne for de forskellige partikeltyper til at fluktuere. Men det betyder så, at geometrien fluktuerer (figur 11). Ja, der kommer endda håndtag og bobler af forskellig art; der dannes et såkaldt rum-tid-skum. Vi må altså forestille os, at der selv i et tomt rum, ved tilstrækkelig små afstande, findes en masse små huller og strukturer. Herudover er der alle de fluktuationer, som skyldes felter knyttet til alle de andre partikler; så vakuum er virkelig yderst kompliceret.



Figur 10. Endnu en variation af ormehuller.



Figur 11. Kvantegravitationsteorien indebærer, at rummets geometri er fluktuerende ved meget korte afstande, omtrentlig 10^{-35} m.

4 Nogle forenende modeller

Lad mig nu gå over til at se på nogle enkelte forslag til en »teori for alt«:

4.1 Superstrengte

Den i dag mest populære teori er nok superstrengsmodellen. Ifølge superstrengsteoriene er alle partikler direkte eller indirekte bygget op af små strengstumper (figur 12). Alt er strenge – hvis vi tror på disse teorier.

Der er i dag to hovedmotiveringer for at tro på strengteorier:

1. Strengmodeller indeholder på en naturlig måde kvantegravitation, teorien for et kvantiseret tyngdefelt.
2. Krav fra kvantemekanik og relativitetsteori lægger en række stærke restriktioner på strengmodeller, ellers vil de ikke være konsistente. Der kan således kun eksistere et begrænset sæt af strengmodeller.

Det var ikke de oprindelige grunde til at se på strengmodeller. For ca. tyve år siden opstillede vi nogle modeller for hadronerne, altså de partikler, som mærker de stærke kræfter (har stærke vekselvirkninger), og som vi nu regner med er bygget op af kvarker og gluoner. Vi kaldte modellerne duale modeller eller Veneziano-modeller. I begyndelsen vidste vi ikke, at disse modeller i virkeligheden beskriver strenge. Det var først noget, jeg selv var med til at opdage.

Nu gik det ikke så godt med at få disse oprindelige strengmo-

Figur 12. En åben og en lukket streng. Den oprindelige strengteori svarede til en åben streng. Den heterotiske streng svarer til en lukket streng.

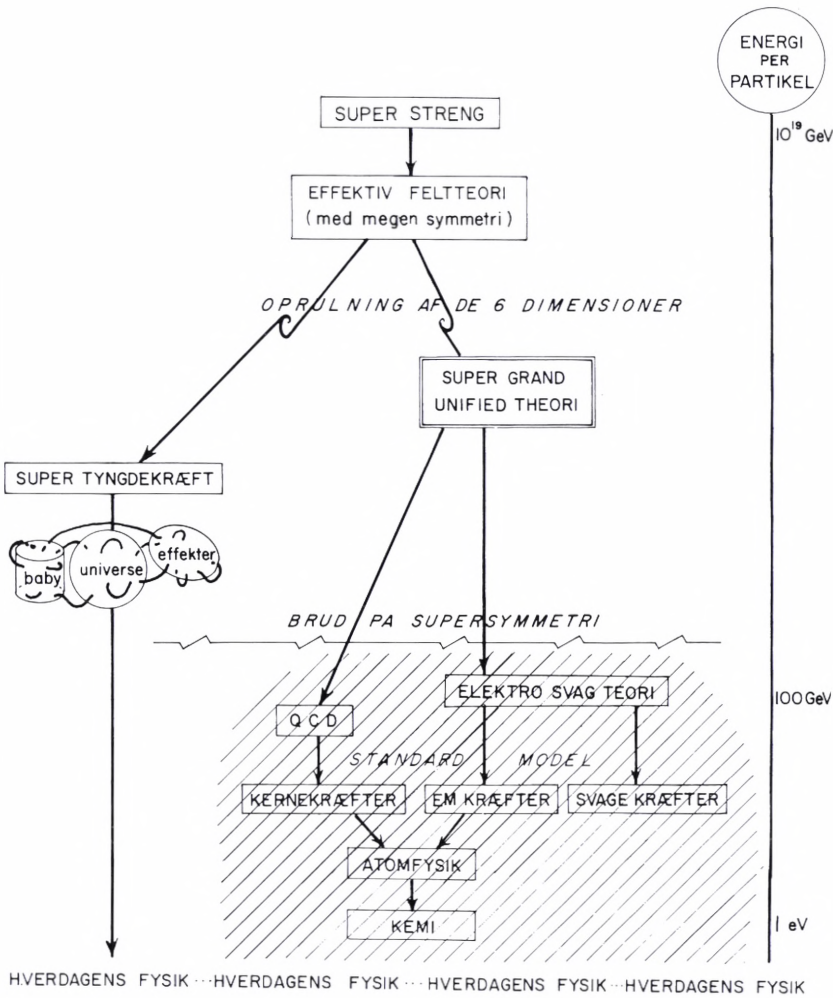


deller til at stemme med hadroneksperimenterne, bla. fordi modellerne forudsagde forskellige uønskede masseløse partikler. I virkeligheden mindede disse masseløse partikler om fotoner og gravitoner etc. Men dengang ønskede man jo at tolke dem som hadroner, altså som stærkt vekselvirkende partikler, og fotonen og gravitonen er *ikke* stærkt vekselvirkende.

Det var først, efter at strengene havde været gået af mode i nogle år, at Green og Schwarz fandt på at anvende dem som modeller for gravitoner, fotoner, kvarker, leptoner etc. Det, der gav stødet til, at strengteorier kom på mode som teorier for alt, og ikke bare som oprindelig for de stærke kræfter, var, at Green og Schwarz opdagede, at strengteoriene var endnu vanskeligere at få til at blive konsistente, end man tidligere havde troet. Det viste sig også, at teorien forudsagde en bestemt »gaugegruppe«. En gaugegruppe er en matematisk struktur, som karakteriserer Yang-Mills teorier. En Yang-Mills teori kaldes derfor ofte for en *gaugeteori*. Fotonen, gluonen og andre partikler med spin 1 kaldes gaugepartikler, fordi de altid optræder i Yang-Millsteorier, og er nært knyttet til gaugegruppen. Green og Schwarz kunne altså sige noget om, hvordan gaugepartiklerne i teorien vekselvirker, og om hvor mange af dem der skal være. På den måde så det ud til, at det var enormt entydigt, hvordan en strengteori måtte se ud. Det var kun ganske lidt valg. Havde man blot sagt, at det skulle være en strengteori, var næsten alt fastlagt!

Det har nemlig vist sig at være en matematisk overordentlig vanskelig sag at finde en strengmodel, som opfylder alle de krav, man må stille, for at en sådan model blot skal være selvkonsistent. Det har vist sig, at den simpleste strengmodel kræver, at tid og rum skal have 26 dimensioner i stedet for de 4, man kender. Den har dog stadig andre fejl, f.eks. forudsiger den eksistensen af en partikel, der kan løbe hurtigere end lyset. Den mest lovende strengteori er den såkaldte heterotiske $E_8 \times E_8$ superstreng. Den kræver, at rummet har 10 dimensioner: 1 tidsagtig og 9 rumlige dimensioner. (E_8 er navnet på en såkaldt exceptionel gruppe med en meget indviklet struktur).

Disse mærkelige restriktioner skyldes, at kvantemeknikken ofte fører til »anomale« effekter. Når man ønsker at opstille en



Figur 13. Fysikkens sammenhæng set fra et strengteoretisk synspunkt.

kvantemekanisk model, starter man fra en klassisk (dvs. ikke-kvantemekanisk) model med alle de ønskede symmetriegenskaber. Det viser sig da, at den fremkomne kvantemekaniske model ikke altid har de oprindelige symmetriegenskaber: dette er en anomal effekt.

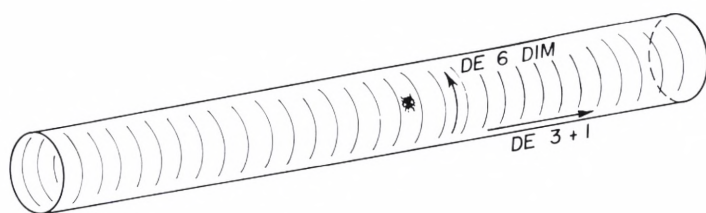
Vi kunne f.eks. starte med en strengmodel, som adlyder relati-

vitetsteorien. Specielt er den rotationsinvariant, dvs. at alle dens egenskaber er uændrede, hvis vi drejer den. Så går man i gang med at opstille en kvantemekanisk formalisme for denne model. Nu er der en vis frihed for, hvordan man bærer sig ad, fordi man blandt andet må tilordne tal til punkterne på strengen, så man kan fortælle, hvilke punkter der er hvor.

Man kan vælge at nummerere punkterne på strengen ved at gå ud fra en bestemt retning i rummet. Dette valg af retning skulle egentlig ikke betyde noget, da det tilsyneladende kun er formalismen, man nu gør ikke-rotationsinvariant, mens man stadig skulle vente, at de fysiske forudsigelser af teorien skulle se ens ud fra alle retninger. Det viser sig imidlertid, at kvantemekanikken byder på overraskelser: Der er i almindelighed ingen rotationssymmetri i den kvantemekaniske strengmodel, som man herved får opbygget! Faktisk er det kun, hvis dimensionen af rum-tid just er 26, altså 1 tidslig og 25 rumagtige dimensioner, at der alligevel, næsten mirakuløst, viser sig rotationsinvarians! (I den heterotiske streng bliver 16 af de 26 dimensioner brugt til noget andet, så vi ender med 10).

På lignende måde vil en gaugesymmetri indsat i den klassiske strengmodel gå tabt, undtagen i specielle tilfælde. Derfor kan strengmodellerne udvælge bestemte gaugegrupper. Man kan vise, at det fører til inkonsistens, undtagen for en af de relativt få udvalgte grupper, såsom $E_8 \times E_8$.

Det er denne næsten mirakuløse konsistens af den kvantemekaniske formalisme i meget specielle tilfælde – bestemt dimension, bestemt gruppe – som har tiltrukket sig fysikernes interesse (figur 13). Gaugegruppen $E_8 \times E_8$ er langt fra at være identisk med den gruppe, der anvendes i standardmodellen. Antallet af gaugepartikler i de to grupper er meget større end de 12 gaugepartikler, vi kender. Men man kan håbe, at en del overflødige gaugepartikler svarende til en af de store grupper, helst $E_8 \times E_8$, skønt masseløse på Planckskalaen, alligevel vil være så massive, at de ikke kan produceres med dagens teknik. Så ville strengmodellen i alt fald ikke være i uoverensstemmelse med eksperimenter. Hvorfor skulle man ikke også finde en masse nye partikler, efterhånden som man får bedre accelerators? Faktisk skulle man ifølge



Figur 14. Strengmodeller kan kun være konsistente, hvis rum-tid har bestemte antal dimensioner, 26 for nogle modeller, 10 for andre. De overflødige dimensioner må være usynlige for os. Vi forestiller os, at de krøller op som rør med radius på ca. en Planck-længde.

strengmodellerne finde en hel masse nye partikler. Men jo mere man appellerer til andre mekanismer, som kunne fjerne nogle af disse partikler, jo flere ukendte parametre må man putte ind i teorien, og dermed bliver en eventuel overensstemmelse med eksperimenter mindre overbevisende.

En anden svaghed er, at de mest lovende strengmodeller forudsiger 10 dimensioner. Vi må håbe, at de 6 er krøllet op på en eller anden måde og ikke effektivt kan observeres (figur 14). Da det blev moderne at arbejde med strengmodeller, viste det sig desværre alligevel, at der er frygtelig mange mulige modeller. Men det ødelægger jo egentlig den entydighed, som gav stødet til vor tro på, at naturen er bygget op af strenge.

Det er, som jeg har understreget, meget langt at ekstrapolere over de 18 størrelsesordener fra eksperimenterne til strengene, hvis de er sandheden. Det er derfor ikke så overbevisende, hvad der er kommet ud af strengteorien. For at få den til at passe med naturen må man tilføje ganske mange hjælpeantagelser.

4.2 Babyunivers-teori

I de seneste år har vi set en ny »teori for alt« dukke op: Babyunivers-teorien.

Babyunivers-teorien tager sit udgangspunkt i den generelle relativitetsteori, efter hvilken geometrien ikke er fastlagt en gang for alle, men er afhængig af materiens fordeling i rummet. Hvis

kvantemekanikken inkluderes, er der endda en statistisk fordeling af geometrier. Således vil afstanden mellem to punkter ikke i almindelighed have en nøjagtig værdi, men kun være givet ved en sandsynlighedsfordeling. Geometrien (i firedimensional rum-tid) kan i kvante-tyngdekraftsteorien bedst sammenlignes med geometrien på en overflade, der er boblet og bølget (figur 11), ja der kan endda være såkaldte ormehuller, rør, der fører fra et sted på fladen til et andet (figur 10). Det kan godt tænkes, at afstanden mellem de to mundinger af røret er lang, målt på fladen, og ganske kort, målt gennem ormehullet. Lang betyder her lang i rumlig afstand eller lang med hensyn til tidsforskel. Vi kunne forestille os, at et tilstrækkelig lille væsen fandt på at krybe gennem et sådant ormehul, fra et tidspunkt til et andet, måske tidligere tidspunkt (det ville åbne mulighed for at se ind i fremtiden!). Undervejs ville han befinde sig i en nærmest separat – normalt meget lille – verden, kaldet et babyunivers.

Babyunivers-teorien udnytter, at sådanne små ormehuller dannes i rummets geometri på grund af kvantemekanikken. De svarer til, at små universer, babyuniverser, bliver udvekslet fra et sted og en tid til et andet sted og en anden tid.

Det nylige fremskridt i forståelsen af babyuniverserne består nærmest i at bortforklare de mest mærkelige og ikke-observerede effekter, såsom mulighederne for at sende meddelelser baglæns i tiden. Faktisk bliver der meget få virkninger at se af babyuniverser eller ormehuller, når det først er argumenteret, at alle deres effekter vil være de samme alle steder og til alle tider.

Nu er babyuniverserne kvantefluktuationer, som er statistisk fordelt i rum-tid, så de er ikke knyttet til noget bestemt sted eller nogen bestemt tid. Det er derfor ikke så overraskende, at de formelle beregninger viser, at effekten af dem er den samme overalt og til alle tider. Men det gør det naturligvis meget sværere at se nogen effekt af dem overhovedet. Hvordan skal man så vide, hvordan fysikken ville have været, hvis babyuniverserne ikke havde været der?

Babyuniversernes virkning er, at de modificerer naturkonstanterne. I naturlovene, som er godt beskrevet ved standardmodellen, indgår der en del talkonstanter, hvis værdier ikke kan for-

klares af teorien selv. Jeg kan nævne elektronens ladning og dens masse. Vi refererer til dem som koblingskonstanter, fordi de som oftest har at gøre med, hvordan felter eller partikler vekselvirker (kobler til) med hinanden.

I babyunivers-teorien opfattes disse koblinger ikke som konstanter, men snarere som variable størrelser på lige fod med f.eks. positionen af en partikel. Ifølge kvantemekanikken får koblingerne derfor statistiske fordelinger, men ikke bestemte værdier. Så i første omgang ser det ud til, at babyunivers-teorien umuliggør ethvert håb om nogensinde at kunne beregne sådanne koblinger teoretisk. Når de er tilfældige (statistiske), er det jo umuligt at beregne dem i forvejen.

Nu kan man imidlertid argumentere for, at fordelingen i de fleste tilfælde bliver meget snæver, så snæver at den i praksis angiver en bestemt værdi med stor nøjagtighed. Så har man faktisk en forudsigelse. Blandt andet får man en slags løsning på det såkaldte kosmologiske konstantproblem. Dette problem refererer til spørgsmålet: Hvorfor er universet ikke mere krumt end det er? Det er faktisk meget fladt.

Babyunivers-teorien løser problemet således: Størrelsen af universerne influerer på koblingernes sandsynlighedsfordelinger. For universer, der ikke er meget små, vil den kobling, der hedder den »kosmologiske konstant«, med meget stor sandsynlighed antage en værdi særdeles tæt på nul. Det betyder, at universet er meget fladt og dermed også *meget* stort.

Det er den flade geometri, svarende til værdien 0 for den kosmologiske konstant, der er skyld i, at vi i virkeligheden kun har små afvigelser fra den specielle relativitetsteori, og at vi kan bruge den sædvanlige geometri, som man lærer hos Euklid.

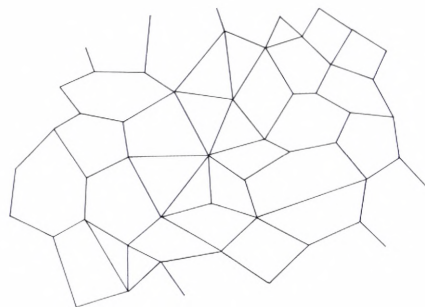
Da den kosmologiske konstant fra et rent teoretisk synspunkt ligeså godt kunne have haft enhver anden værdi, må man sige, at det er en stor sejr for babyunivers-teorien, at den kan give den rigtige værdi, den, som man finder eksperimentelt.

Selv har jeg været med til, ved hjælp af babyunivers-teorien, at forklare, hvorfor værdien af en anden kobling, kaldet Θ , måtte være enten 0 eller π . Nøjere beregninger viste mærkeligt nok, at den blev forudsagt til π . Værdierne 0 og π ville begge være gode

nok til at forklare hovedproblemet i forbindelse med θ , nemlig hvorfor de stærke kræfter har så høj grad af spejlingssymmetri. At den beregnede værdi er π i stedet for 0, må desværre regnes for en af babyunivers-teoriens uheldige forudsigelser; det er faktisk i modstrid med eksperimenterne. Men babyunivers-teorien synes i flere tilfælde at have det problem at komme med forkerte forudsigelser.

4.3 Tilfældig dynamik

De ovenfor nævnte tilfældige koblinger minder om en af de grundlæggende ideer i min egen kæphest: tilfældig dynamik. Også her tænker man sig, at koblingerne, altså naturkonstanterne, har tilfældige værdier. Hele modellens struktur tænkes endda at være tilfældig, inklusive rummets struktur ved små afstande (figur 15). Det er nok bedst at fremstille tilfældig dynamik som den filosofi, vi måtte anvende, hvis de grundlæggende naturlove var umådelig komplicerede. Dermed mener jeg, at der slet ikke var nogen ledende principper, ingen simple regler, intet gyldent princip, som fysikeren kunne finde frem til ved et godt gæt og derefter bruge til at beregne, hvad der sker i naturen. Jeg forestiller mig i modellen, at de lovmæssigheder, der måtte eksistere på det fundamentale niveau, i det mindste er så uhyre indviklede, at de er totalt ubrugelige for mennesker forsynet med realistiske regnemaskiner. Egentlig vil det vel sige, at der slet ikke er nogen grundlæggende naturlove. Men hvis det nu virkelig var så kompliceret, så kunne vi ligeså godt betragte naturens grund-



Figur 15. I tilfældig dynamik anser vi endog rum-tids-strukturen for at være tilfældig. Dette rum kunne være et sæt af punkter, som sad i et helt kaotisk gitter.

læggende ligninger eller grundlæggende love som tilfældige. Vi ville jo næppe slippe godt fra at gætte dem.

Umiddelbart vil man vel indvende, at eksistensen af en række ret simple naturlove eller regelmæssigheder taler imod den idé, at de grundlæggende naturlove eller den grundlæggende dynamik skulle være så kompliceret, at den i det mindste i praksis var tilfældig. Jeg indrømmer også, at dette i første omgang er et argument imod ideen, men der er den mulighed, at den grundlæggende dynamik ikke spiller nogen væsentlig rolle for de »effektive naturlove«, som vi kender fra eksperimenter. Den egentlige hypotese i tilfældig dynamik-ideen er altså, at

næsten alle tilfældige forslag – af meget kompliceret karakter – til hvad fysikken kunne være på det mest »fundamentale niveau« (ved korte afstande), vil vise sig at stemme med de relativt simple love, man indtil nu har fundet empirisk.

Måske har næsten alle umådelig komplicerede modeller enkle egenskaber, som gælder for store objekter under visse specielle forhold, og måske kan alt, hvad fysikerne indtil nu har fundet, tolkes som en afspejling af sådanne meget generelle egenskaber ved næsten alle modeller (»dynamikker«). Faktisk er vi kommet ganske langt med at udlede forskellige kendte naturlove ud fra andre og ved at vælge parametrene i den grundlæggende model tilfældigt, eller i hvert fald uden at antage nogen præcis værdi for dem. Hvis næsten alle grundlæggende modeller virkelig var så rigtige, at de reproducerede fysikernes viden i dag, så skulle det være en god tilnærmelse at antage, at den fundamentale models parametre var tilfældige; det skulle være nok at undgå nogle helt uheldige og forhåbentlig sjældne modeller, som netop ikke reproducerer de allerede kendte love. Faktisk bruger vi heller ikke antagelsen om tilfældige parametre i modellen, undtagen netop til at undgå de sjældne modeller, der ikke ville fungere.

I virkeligheden er tilfældig dynamik inspireret af forbindelsen mellem forskellige fagområder, f.eks. mellem biologi og fysik: De biologiske systemer, dyr og planter og vi selv, er samtidig fysiske systemer og må adlyde de kendte naturlove. Men nu fin-

der man f.eks. regelmæssigheder, som kan forklares teoretisk ved Darwins udviklingsteori, uden brug af detaljer i de kendte fysiske love. Mange grundstoffer spiller kun en meget beskednen rolle for de levende væsener, og det ville være meget overraskende, om ikke livets opståen og udvikling kunne have fundet sted også uden dem. Måske ville livet have udviklet sig en smule anderledes, hvis der f.eks. ikke havde eksisteret sølv. Men biologiens lære om hensigtsmæssige organer og formering ville generelt set nok være lidet forstyrret af ændringer i fysikkens detaljer.

På lignende måde afhænger kemiens fænomener ikke meget af detaljer i kernefysikken. Det er stort set kun antallet af protoner i kernen, der er vigtigt for kemien, mens antallet af neutroner kun har en meget lille betydning. Og alle de nye partikler, som man har fundet i højenergifysikken, spiller slet ingen rolle for hverken kemi eller biologi.

I analogi hermed er det en naturlig tanke, at de partikler, strenge eller hvad det nu kan være, som højenergifysikkens partikler måtte være bygget op af, heller ikke spiller nogen større rolle for de fænomener, vi kan udforske med vor tids instrumenter. Måske kan de mere generelle aspekter af de love, der gælder for de kendte højenergifysik-partikler, ligesom hensigtsmæssigheden af organer, opfattes som et udtryk for en udvælgelse af de mest egnede individer.

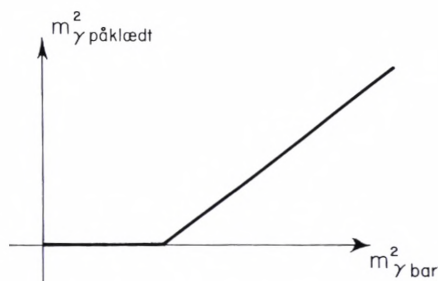
Vi kan med nogen ret anskue de fra højenergifysikken kendte partikler som udvalgte med særlig små masser i forhold til Planck-massen (formodentlig den fundamentale masse) 10^{19} GeV/ c^2 . Vi er jo kun i stand til at se partikler med ekstremt lave masser, målt med denne enhed. Den tungeste partikel, man har produceret, er Z^0 med masse på ca. 90 GeV/ c^2 .

Det er faktisk sådan, at de partikler vi kender, altså standardmodellens partikler, bærer spor af at være udvalgte. Alle partiklerne i standardmodellen har nemlig på den ene eller den anden måde egenskaber, som gør, at de ville have været masseløse, hvis det ikke var på grund af Higgs-feltets effekt. Hvis der ikke er noget Higgs-felt eller en anden mekanisme, der kan give gaugepartiklerne, kvarkerne og leptonerne masse forskellig fra nul, så ville alle de kendte partikler stort set være masseløse. Kun sam-

mensatte partikler, der er bygget op af standardmodellens fundamentale partikler, ville have masse forskellig fra nul. I denne forstand bærer de kendte partikler spor af at være udvalgt som ekstraordinært lette.

At leptoner, kvarker og gaugepartikler skal være masseløse, kan i virkeligheden føres tilbage til den samme formelle symmetri, nemlig gaugesymmetri, der er en vigtig egenskab ved Yang-Mills teorier. Det er et hovedpunkt i tilfældig dynamik, at vi kan argumentere for, at en almindelig feltteori kan blive til en gauge teori ved et tilfælde:

Vi ser på fotonens masse. Det er en erfaring, at hvis man ønsker at få en parameter som fotonens masse til at blive præcis nul, må man enten tilpasse en eller anden parameter særdeles nøjagtigt, eller man må pålægge modellen et symmetrikrav; her ville kravet om gaugesymmetri kunne bruges. Men nu påstår vi, at selv om man starter fra en model, der ikke er pålagt noget dertil svarende symmetrikrav, og selv om man ikke finjusterer nogen parameter, så kan det alligevel meget let ske, at fotonmassen bliver eksakt lig nul. Dette er illustreret ved figur 16. Her har jeg vist fotonens »effektive« masse, $m_{\gamma \text{ påklædt}}^2$, som funktion af teoriens oprindelige tilfældigt valgte masse, m_{bar}^2 . (Den teori jeg her har brugt er en »gittergauge teori uden gaugesymmetri«. Det er en teknisk model, hvori felterne kun er defineret i adskilte punkter. Model-

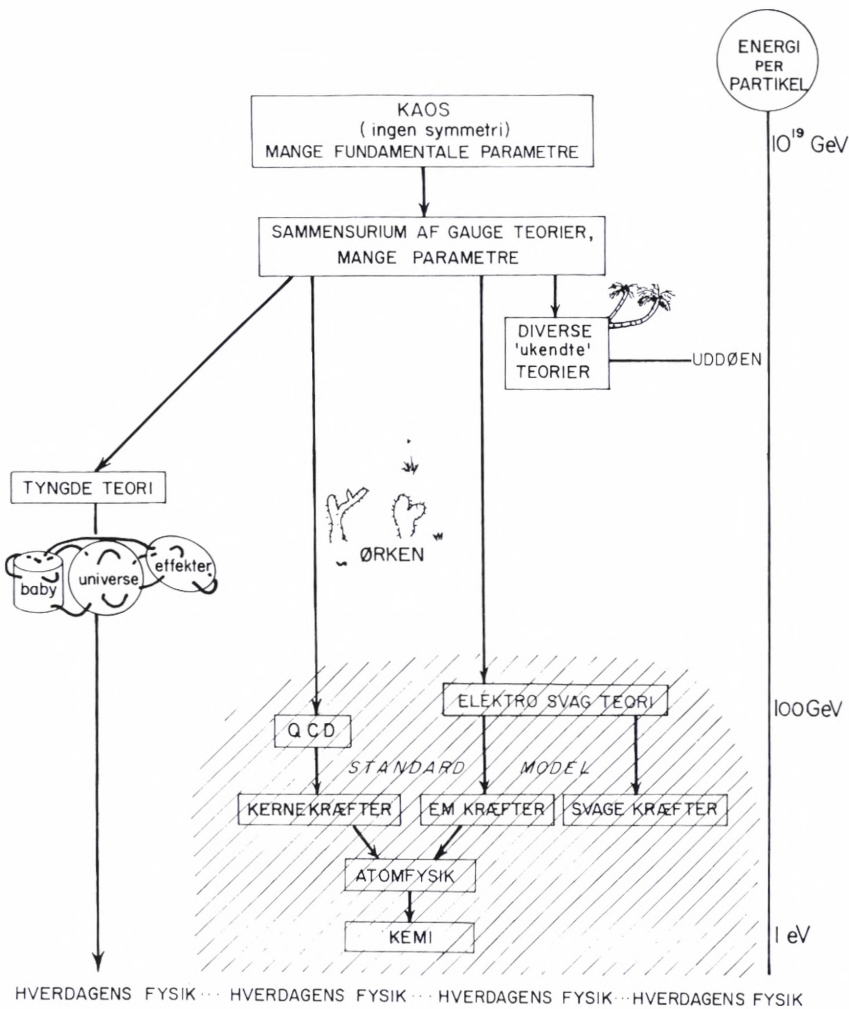


Figur 16. I kvantefeltteorier er der ofte forskel på den oprindelige værdi af en kobling, den, man indsætter i teorien, og den effektive værdi, den man kunne måle ved eksperimenter. I grafen er det illustreret ved fotonens masse for en vis type teorier. Grafen giver den effektive masse, $m_{\text{påkldt}}^2$, som funktion af den oprindelige, m_{bar}^2 . For tilfældig dynamik er det interessant, at den effektive masse kan blive nøjagtigt 0, selvom den oprindelige værdi kunne være en hel del forskellig fra 0.

len er konstrueret, så den ligner elektrodynamikken, uden at der dog er pålagt nogen symmetri som f.eks. gaugesymmetri). Pointen er, at den effektive fotonmasse bliver eksakt nul for et helt interval af den oprindelige (tilfældige) masse. Da afstanden mellem gitterpunkterne antages at være nær Plancklængden, må masserne måles i enheder af Planckmassen. Det virker altså, som om man får et præcist tal 0 ud uden at have måttet putte noget præcist tal ind. Gud havde så at sige ikke behov for at finindstille nogen parameter for at sikre, at fotonens masse skulle blive eksakt nul, det kom af sig selv, blot den bare masse m_{bar} var lille nok.

Det er bemærkelsesværdigt, at de partikler, der bliver masseløse ved denne lidt mirakuløse mekanisme, hører til blandt dem, vi kender fra eksperimenter. Noget kunne altså tyde på, at de partikler, som vi har observeret indtil i dag, netop er dem, som kan gøres masseløse uden at finindstille nogen parametre. Det virker, som om vi just ser de partikeltyper, der er masseløse som følge af en naturlig mekanisme. Naturens tilsyneladende interesse for gauge teorier kan altså, efter min opfattelse, være en afspejling af, at vi kun kan observere partikler, der er masseløse på Planckskalaen, og at gauge teorier med masseløse partikler kan opstå fra feltteorier med tilfældige parameterværdier (figur 17). Vi har været i stand til at argumentere for de fleste kendte naturlove ud fra meget generelle forudsætninger, og på den måde mener vi at have en vis støtte for tilfældig dynamik, men jeg må indrømme, at vore argumenter for det meste ikke er tilstrækkelig overbevisende, og at vi har måttet gøre forskellige hjælpeantagelser.

Nogle af vore bedste forudsigelser er, at vi kan sige noget om den gauge gruppe, som karakteriserer standardmodellen. Denne gruppe og dermed strukturen i standardmodellen er bemærkelsesværdig ved en særlig mangel på symmetri. Vi kalder den skæv. Skævheden kan forklares ved tilfældig dynamik. En anden forudsigelse, som vi med lidt god vilje kan få ud af tilfældig dynamik, kommer fra en beregning af de tre finstrukturkonstanter (for stærke, for elektromagnetiske og for svage kræfter), som indgår i standardmodellen. Der er nemlig en relation mellem antallet af partikel-generationer og finstrukturkonstanternes værdier. De



Figur 17. Fysikkens sammenhæng set fra tilfældig dynamik-synspunkt.

eksperimentelle værdier kan kun reproduceres, hvis der er netop tre generationer. I den første kladde til dette manuskript måtte jeg skrive, at antallet af generationer endnu ikke var kendt – det kunne være både tre eller fire, måske endda mere. Det er nu blevet målt. Antallet er tre.

Hvis virkeligt tilfældig dynamik var sandheden, ville det be-

tyde, at Gud havde flere tangenter at spille på, end hvis for eksempel superstrengteorien var den rigtige. Ifølge tilfældig dynamik skulle det nemlig ikke gøre nogen forskel for de kendte naturloves udledning, hvilken grundlæggende fysik og hvilke parametre Han måtte vælge. Han behøvede ikke at kere sig om naturlovene, men kunne hellige sig andre interesser, og lade naturlovene vise sig af sig selv.

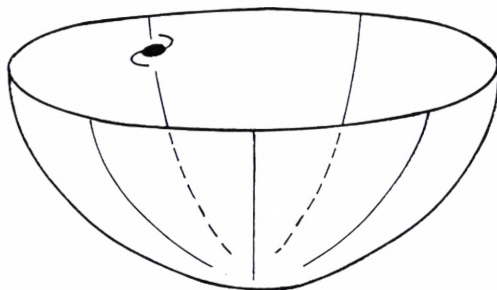
Jeg synes selv, at det er et overordentlig lovende tegn for sandheden af tilfældig dynamik-teorien, at vi har været i stand til at komme til tallet tre for generationer, inden det blev endeligt målt. Endnu er dog ingen af de tre »teorier«, som jeg har omtalt, blevet bekræftet overbevisende, heller ikke strengteorien, selv om den er den mest populære blandt fysikerne.

Så der er stadig åbent for yderligere spekulationer. Vi kan formodentlig slet ikke få nogen afklaring af, hvilken teori der er den rigtige, før vi har meget store accelerators, f.eks. med energi helt op til Planck-energien.

Men det må betragtes som ret fantastisk, at vi allerede nu har så gode forslag til teorier for fysikkens love: Superstrengen, babyunivers-teorien og tilfældig dynamik. Til en vis grad kunne sandheden være en kombination, især kunne babyunivers-effekterne være vigtige, selv om en af de andre modeller var sandheden.

Jeg vil gerne takke Lisbeth Nordby og Elisabeth Grothe, som henholdsvis har læst korrektur på manuskriptet og lavet tegningerne.

Figur 18. Skål, der symboliserer universets udvikling.



Litteratur

- Fabien Gruhier et Bernard Werber: Dieu et le Big Bang. Le nouvel Observateur 1989/3.
- G. 'tHooft: Gauge Theories of the Forces between Elementary Particles. Scientific American, Juni 1980.
- H. Georgi: A Unified Theory of Elementary Particles and Forces. Scientific American, April 1981.
- S. Weinberg: The Decay of the Proton. Scientific American, June 1981.
- E. D. Bloom and G. J. Feldman: Quarkonium. Scientific American, May 1982.
- C. Quigg: Elementary Particles and Forces. Scientific American, April 1985.
- J. M. LoSecco, F. Reines and D. Sinclair: The Search for Proton Decay. Scientific American, June 1985.
- J. D. Jackson, M. Tigner and S. Wojcicki: The Superconducting Supercollider. Scientific American, March 1986.
- H. E. Haber and G. L. Kane: Is Nature Supersymmetric? Scientific American, June 1986.
- M.B. Green: Superstrings. Scientific American, September 1986.
- M. J. G. Veltman: The Higgs Boson. Scientific American, November 1986.
- J. L. Petersen: Superstreng. Fysisk Tidsskrift 85, 1987, No. 3.

Diskussion

OVE NATHAN: Jeg takker foredragsholderen for en omfattende, alvorlig og dog humorfyldt fremstilling af det hele, hvor det jo blev gjort nemt for Vorherre. Jeg forstår, at Vorherre nærmest kører i en bil med automatgear og automatisk choker, så han behøver bare at trykke på speederen, og så vil alle finindstillinger i øvrigt fungere af sig selv. Mit spørgsmål gælder dit udgangspunkt, The Big Bang, som du introducerede og også i din afslutning kommenterede ret håndfast. Du sagde: »I hvert fald var der en stor eksplosion«. Når det kommer til stykket, så er vel Big Bang-hypotesen en hypotese eller, med Olaf Pedersens ord, en fysisk teori, som konsistent forklarer tre endnu ikke fuldstændige datasæt, som du ikke nærmere kom ind på. Men kan disse data ikke om 10-20-50 år være modificerede af ny iagttagelser, så vi også må modificere hypotesen eller teorien om The Big Bang? I så fald er det måske nok temmelig spekulativt så dramatisk at introducere ordet »skabelsen« allerede i overskriften og senere i foredraget. Spørgsmålet er, om man ikke bør forlene disse ambitiøse fysiske teorier med en betydelig grad af ydmyghed og konstatere, at man altså har et sæt matematisk formulerede synspunkter, som kan forklare nogle endnu ufuldstændige observationer, og så glæde sig over, at man kan bygge visse ordvisioner op om det, men at det er lige hårdt nok så vedholdende og så postulatorisk at tale om så definitivt et ord som »skabelse«. Det er mit hovedspørgsmål til dig, om du ikke lader dig rive med af den utvivlsomme succes, dine og andre teorier har, til en lovlig vidtgående fortolkning, i hvert fald på det verbale plan.

HOLGER BECH NIELSEN: Når man vil tale om »skabelsens« allerførste øjeblik, er der grund til at være forsigtig. Jeg tror, at et Big Bang har fundet sted; vi har ikke mange observationer, men véd dog, at galakserne, mælkevejssystemerne, bevæger sig bort fra os. Modforslag er opstillet, men er man skeptisk her, er der mange ting at være skeptisk overfor.

Men selvfølgelig: Extrapolerer man ned under 10^{-13} sekunder og regner med en temperatur, der er så høj, at vi ikke kan simu-

lere den med vore instrumenter i dag – så er vi ude i det spekulative. Hvad var der før? Ikke nødvendigvis en skabelse, for naturlovene kan have været anderledes – og nogle mener, vi kan være kommet ud af et univers, der eksisterede før vort. Vi ved meget lidt om det første øjeblik, og hvis jeg siger, at der dengang ikke fandtes tid og rum, så er det jo spekulativt uanset eksperimenterne bagved teorien. Den har imidlertid en så betydelig skønhed, at man nok må regne med en vis sandhedsværdi. Alligevel: Situationen under og måske »før« Big Bang er højst uklar; først lidt senere kan man udtale sig med nogen sikkerhed.

HECTOR ESTRUP: Mit spørgsmål drejer sig også om The Big Bang. Det, der fangede mig, var din påstand om, at der før The Big Bang hverken var tid eller rum. Men hvis man bruger ordet *før*, så har man jo allerede forudsat tiden. Taler man om altings begyndelse, så forudsætter man næsten også, at der har været både et før og et efter.

Må det her være mig tilladt at påpege, at vi også inden for samfundsvidenskaberne har eller har haft en eller flere teorier om et Big Bang. Det har altid forundret samfundsforskerne – økonomer, sociologer og jurister – at et samfund bestående af millioner af mennesker, der alle, hver især, gør, som de selv vil – at det hele så alligevel falder til ro i et ordnet mønster. Så vi starter med de tilfældige mennesker, de tilfældige viljer, der krydser hinanden på masser af forskellige måder, og alligevel mønstres det på en smuk, forudsigelig måde, og des bedre jo større grupper man ser på. Mange gange er nemlig makrofænomenerne mere forudsigelige og også mere strukturerbare end den enkelte persons handlinger; for de enkelte mennesker kan finde på så frygtelig meget. I samfundsvidenskaben er teorien om The Big Bang en teori om overgangen fra et gorillasamfund til et organiseret menneskesamfund. En sådan teori stilledes på benene af forskellige forfattere i det 18. århundrede. Det var teorien om samfundskontrakten. På en eller anden måde måtte mennesker have mødtes og aftalt de grundlæggende regler, man skulle opføre sig efter. Ud fra disse grundlæggende regler udvikler sig da det mønster og de samfundsformer, som man faktisk observerer. Samfundskontrakten

er derfor en slags Big Bang. En måde at kritisere denne teori på er at sige, at en sådan kontrakt aldrig kunne være indgået, for hvordan skulle man enes om noget, når der ikke i forvejen var regler for, at aftaler skulle holdes, osv.? Så det kunne jo aldrig være noget, der i virkeligheden var sket. Svaret herpå er, at teorien ikke refererer til et historisk faktum, og at samfundskontrakten altså ikke er noget, der refererer til den materielle virkelighed. Det er en logisk betingelse, ikke noget ontologisk.

Når man nu tænker på, hvordan man skal forstå fysikerens teori om The Big Bang, forekommer det naturligt at spørge, om The Big Bang er noget, der virkelig fandt sted, eller om det er en teori, der har karakter af en slags logisk betingelse for de øvrige ting, – altså om man skal forstå den som en ontologisk eller som en logisk teori. Er det det ene, eller er det det andet?

BECH NIELSEN: Det skal forstås på niveau med andre fysiske teorier – hvor »ontologiske« man så vil gøre partiklerne. Stoffet var faktisk engang varmere og tættere. Man bør for så vidt nok udrydde talen om, hvad der skete, før eksplosionen var i gang; men da den var startet, fandt den virkelig sted. (Egentlig foregår den stadigvæk, idet galakserne endnu fjerner sig fra hinanden). Men vi bruger nu engang modelbilleder, og tidsbegrebet ligger dybt i vort sprog, så vi fristes til at bruge det, også hvor det næppe er eller var gyldigt. Det medfører modsigelser i sproget, ligesom Olaf Pedersen refererede det fra Antikken.

Hvis vi skal beskrive de ting, der hænger sammen med Big Bang og med relativitetsteorien, så skal vi nok bruge matematiske begreber som ligninger for mangfoldigheder eller Riemannrum. Hvis vi derimod bruger dagligsproget, støder vi på det indbyggede tidsbegreb, som måske kommer i konflikt med vort emne.

Man kan dog godt forsøge med at tale om noget, som egentlig skulle omtales i et andet sprog, og så må man bruge metaforer som i det gamle Grækenland. »Før Big Bang var der ingen tid og intet rum« er selvfølgelig en metafor, og tanken om »ingen tid« forbyder i sig selv ordet »før«. Måske burde man tage et kursus i den generelle relativitetsteori og lære at udtrykke sig i matemati-

ske termer. Men hvordan når man via computer eller via videnskabelig tænkning frem til at beregne og tolke konsekvenserne? Man siger, at galakserne flyver fra hinanden – men hvad man i praksis har observeret, er, at en linie i galaksens spektrum er mere rød, end den ville være, hvis galaksen ikke fjernede sig.

Man har måske ikke forstået tingene, før man har gennemskuet hele vejen – og måske ikke engang da. Måske kan man tale ontologisk – måske er det farligt at huse for mange fordomme. Men Big Bang-teorien har i hvert fald målelige konsekvenser og er derfor brugbar.

OLAF PEDERSEN: Fremkaldt af Ove Nathans indlæg vil jeg sige, at om det er filosofisk eller fysisk, ved jeg ikke rigtigt; men jeg vil gerne sige til dig, Holger, at det jo ikke er teologi, du har talt om. Og jeg synes, at der er grund til at gøre opmærksom på, at i sådan en diskurs som din, – som jeg har beundret meget, ikke mindst fordi det altid er rart at høre det fra »the horse's mouth«, – er det lidt betænkeligt at tale om begreber som skabelse og Gud, der spiller på klaver. Det giver jo menneskene den forestilling, at her knytter du fysikken til en teologisk diskurs om verden; men det er jo ikke tilfældet. Når du siger »skabelse«, ved jeg godt, hvad du mener: du mener, at verden har haft en begyndelse for et endeligt antal år siden, da der skete mange sære ting; men det er jo ikke det, teologerne mener med skabelse. Teologisk forstået siger begrebet ikke noget om, om verden er begyndt for endeligt eller uendeligt mange år siden; det siger bare, at verden er begyndt uden os. Vi har ingen lod og del i, at den er der; den er noget, vi forefinder, – den er ikke af os; og det er det, man her forstår ved skabelse. Man kan måske gøre det lidt vanskeligere for overfladiske apologeter at hoppe på dit foredrag ved at præcisere disse ting.

BECH NIELSEN: På den anden side: et ord som »skabelse« er måske igen en søgen efter ord, som man kan bruge til at udtrykke en mening, som ikke er så nem at få frem med andre ord fra dagligsproget. Egentlig føler jeg ikke, at udstrækningen af ordet skabelse fra den teologiske anvendelse til anvendelsen i Big Bang-

beskrivelsen er så lang – hvis man vil understrege, at det foregår uden os; og siger teologien, at det er Gud, der har gjort det, eller måske direkte, at Verden er skabt uden menneskene, så stemmer det jo også meget godt med Big Bang-historien, da der jo ikke var mennesker, dengang Big Bang begyndte; og derfor skete selvfølgelig skabelsen, sådan som jeg brugte ordet, uden os. Om vi så skal kalde det skabelse eller ej? Personligt finder jeg ikke ordet skabelse så vildledende, men selvfølgelig må man så modificere meningen af ordet så meget, at man ikke, blot fordi jeg siger ordet skabelse, tror, at jeg taler teologisk. Det må man i hvert fald advare imod.

Til sidst brugte jeg »Gud« i forbindelse med tilfældig dynamik: Han behøvede ikke at finindstille noget eller tage hensyn til naturlovene, de kom af sig selv i tilfældig dynamik. Det var nok ment delvis humoristisk, men der kunne måske også være nogen ide i, at tilfældig dynamik kan mildne følgende, som nogle kan føle som et problem: I andre fysiske verdensbilleder, hvor verden udvikler sig deterministisk, må Gud blot sætte sig hen og lade Universet køre uden rigtig at kunne gribe ind. Men der har vi også en mulig metafor, som egentlig ikke er så dårlig: De grundlæggende naturkonstanter er de tangenter, Gud har at spille på. Vi står over for et sprogligt problem, vi vil gerne udtrykke noget, og så kan vi gribe i kasser forskellige steder; og når vi taler om Big Bang, og om at naturkonstanterne skulle være tilfældige i min model, er teologien ikke nogen dårlig kasse at finde nogle begreber i.

JES FORCHHAMMER: Et kort spørgsmål om den første tid i Big Bang: Har man i teorien nogen beregning af, om universet udviklede sig med hastigheder over lyshastigheden i denne enorme eksplosion, eller er det meningsløst, hvis tiden ikke engang fandtes på det tidspunkt? I så fald kan man jo ikke engang tale om hastighed.

BECH NIELSEN: Nej, men tiden fandtes jo sådan set, så snart Big Bang var i gang. Så var der jo en slags tidsbegreb, måske modificeret lidt efter den generelle relativitetsteori; men jeg vil godt tale

om tid på det tidspunkt. Men kan man tale om en hastighed, som kan sammenlignes med lyshastigheden, når man spørger om ekspansionen af et univers? Her taler vi nemlig om en ekspansion, hvori galakser, eller hvad der nu har været af stof på de forskellige tidspunkter, spredes fra hinanden, men med forskellig relativ hastighed. I denne såkaldte Hubble-ekspansion spredes galakserne fra hinanden således, at de galakser, der allerede ligger langt fra hinanden, spredes med større relativ hastighed end de, der ligger nærmere ved hinanden. Jo længere væk en galakse er i forvejen, des hurtigere fjerner den sig fra os. Der er så at sige den samme procentuelle udvidelse alle steder, og derfor bliver »hastigheden«, hvormed eksplosionen foregår til et bestemt tidspunkt – hvis jeg må tillade mig at tale om tidspunkt her – spørgsmålet om, med hvor mange procent den udvider sig om året, og det vil sige: hvor stor er fordoblingstiden, hvor længe går der, for at alle afstandene skal fordobles? Det tager nu noget i retning af 10 milliarder år.

Man forestiller sig faktisk, at tilstrækkelig fjerne galakser fjerner sig med hastigheder større end lysets. I generel relativitetsteori, hvori selve rummet kan tænkes at udvide sig, er der ingen modstrid mod, at afstanden mellem to galakser øges med mere end de 3×10^8 m/sek., som er lysets hastighed.

EBBE SPANG-HANSEN

*Hvad er humanistisk videnskab,
og hvorved adskiller den sig fra
naturvidenskaben?*

Humaniora mellem kunst og naturvidenskab

Jeg har ikke selv valgt titlen på det foredrag, jeg skal holde nu. Titlen er den opgave, der er blevet stillet mig. Og jeg synes, den er interessant, fordi selve opgavens ordlyd viser noget væsentligt om de humanistiske videnskabers situation, nemlig dette at man må forklare de humanistiske videnskabers væsen ud fra en sammenligning med naturvidenskaben, som er selve prototypen på, hvad videnskab er.

Man kan vanskeligt forestille sig, at man havde bedt en naturvidenskabsmand forklare, hvad naturvidenskab er, idet vægten skulle lægges på, hvorved naturvidenskaben adskiller sig fra humaniora. Man ville også have sat denne naturvidenskabsmand i en vanskelig situation, for mens man, som vi har set i de foregående foredrag, kan give en temmelig præcis karakteristik af naturvidenskabens væsen, så er det sværere at give en præcis karakteristik for humanioras vedkommende.

Når jeg hæfter mig ved denne asymmetri, at humaniora må forklares i forhold til naturvidenskaben og ikke omvendt, så er det altså ikke, fordi jeg vil beklage mig over opgavens ordlyd. Tværtimod er den meget karakteristisk for hele den kulturelle situation, vores samfund befinder sig i. Det, der skete i det 17. og 18. århundrede, da Galileis og Newtons verdensbillede fik over-

taget, var, at deres måde at ræsonnere på blev selve modellen for korrekt tænkning og videnskab. Man havde nok før vidst, at matematikere kunne ræsonnere med en enestående sikkerhed, men man erfarede nu, at den matematisk-fysiske metode havde meget vide anvendelsesmuligheder, og den ophørte med at blive en sag for specialister. Den kom til at stå som det lysende eksempel på den tænkemåde, der burde anvendes i alle forhold, og den blev en konstituerende del af moderne menneskers livsopfattelse.

Det er velkendt, at det franske og engelske ord for videnskab, 'science', kun dækker naturvidenskab. Humaniora hedder henholdsvis 'lettres' og 'arts', ord der tydeligt angiver, at humaniora snarere hører sammen med kunsten end med videnskaben, på trods af at humaniora ligesom naturvidenskaben institutionelt er placeret på universiteterne. I nyere tid har man skabt betegnelser som 'sciences humaines' eller 'social sciences' for at dække de nyopståede humanistiske discipliner, der klart tager naturvidenskaberne til forbillede, først og fremmest fag som sociologi og psykologi. På de skandinaviske sprog har tendensen været at kalde 'les sciences humaines' for samfundsvidenskaber, idet det fortrinsvis er på samfundsområdet, at man med held har kunnet beskrive menneskelige foreteelser med statistiske metoder og andre former for talbehandling.

Det, jeg skal opholde mig ved her, er naturligvis ikke de mange vanskelige afgrænsningsproblemer, der kan være, når man skal opdele et universitet i fakulteter, men selve det afgørende faktum, at de humanistiske videnskaber – i vekslende grad for hvert enkelt fag – befinder sig i en spænding mellem en gammel humanistisk tradition, der har tydelige forbindelser til kunsten, og det forbillede, som naturvidenskaberne leverer. Jeg skal i det følgende forsøge at beskrive de to forskningstraditioner, den man kan kalde den humanistiske, eller historisk-filologiske, og den naturvidenskabeligt inspirerede, og sluttelig skal jeg prøve at vurdere, hvor vi står i dag, og give nogle personlige synspunkter på, hvilke veje der synes frugtbare.

Den humanistiske tradition

Det var i Renæssancen, i det 15. og 16. århundrede, at den humanistiske bevægelse opstod, og for nu ikke at gå alt for langt tilbage er Renæssancen nok et rimeligt udgangspunkt for at beskrive den humanistiske tradition. Humanister var betegnelsen for de lærde, der ville genoplive den antikke kulturs ånd gennem et grundigt studium af de antikke græske og romerske forfattere.

Det var litterært orienterede studier, der optog humanisterne. De studier, de dyrkede, omfattede litteratur, grammatik, veltalenhed, historieskrivning og moralfilosofi, og dem kaldte de sammenfattende »*studia humanitatis*«, fordi disse studier ansås for i særlig grad at kunne danne, eller uddanne, mennesket. Man drejede interessen væk fra de evige sandheder, som Middelalderens tænkere oftest havde sat i centrum – teologi, erkendelsesteori, logik – og over mod det menneskeskabte: kunsten, det gode liv, det smukke sprog.

Selvom humanismen først og fremmest var en lærd bevægelse, der var knyttet til Antikken, tjente den et ideal, som har kunnet leve videre uden speciel binding til det gamle Rom: en forestilling om det værdifulde menneske, der kan og bør uddannes, og en forestilling om mildhed og tolerance mellem mennesker. Men her skal jeg først og fremmest interessere mig for, hvordan humanistbevægelsen har formet vores humanistiske lærde studier.

Siden Renæssancen har vi opfattet kernen i de humanistiske fag som beskæftigelsen med det menneskeskabte, som fx litteraturen, og ikke studiet af menneskets naturgivne evner.

Der er utrolig meget i vores humanistiske tradition, der er givet med denne mærkelige historiske situation, at de vesteuropæiske lærde gennem århundreder så at sige gik baglæns frem, med blikket fast rettet bagud. De vidste, at der engang havde været en højere civilisation end deres egen, og det var da en naturlig tanke først at ville tilegne sig det gamle, hvis man ville fremad. Da det især var på det rent menneskelige område, at Antikken virkede så dragende, ved sin frie menneskeopfattelse og ved sin kunst, blev der i vores kultur knyttet en varig forbindelse

mellem en humanistisk menneskeopfattelse og nogle historisk-filologisk orienterede studier.

Humanisme og filologi er begge børn af Renæssancen. Middelalderens lærde havde også haft et bredt kendskab til den antikke litteratur, men man brugte den nærmest, som vi andre anvender et konversationsleksikon (Garin 1969). Den antikke litteratur lå der som et stort forråd af viden, man kunne øse af. Det nye i renæssancetiden var en ny tidsbevidsthed, en bevidsthed om, at man var adskilt fra den antikke verden ved et kulturskel, og at de antikke tekster måtte forstås i deres egen kulturelle sammenhæng. Dermed skete der en af den slags distanceringer, som psykologen og videnskabsfilosoffen Jean Piaget (Piaget 1970, litteraturhenvisninger s. 129) har påpeget som den nødvendige betingelse for en videnskabs opståen. Det normale for mennesker er at opfatte deres egen virkelighedsforståelse som den centrale og blot til denne virkelighedsforståelse at addere ny viden, man får fat i. Her opstod en ny videnskab, fordi man blev sig bevidst, at man selv befandt sig i én kultur, og de gamle grækere og romere i en anden, som var mindst lige så værdifuld, og at enhver tekst kun kunne forstås ordentligt i sin egen kulturelle sammenhæng.

Sammenhængen mellem humanisme og filologi personificeres i en forsker som Erasmus af Rotterdam, der for hele det 16. og 17. århundrede stod som symbolet på den ægte humanist. Med enorm flid op søgte han de bedste antikke tekster og lavede tekst-kritiske udgaver af dem. Mest berømt er hans kritiske, kommenterede nyudgave af Det nye Testaments græske tekst, som Luther lagde til grund for sin oversættelse. Mange af de korrektioner, Erasmus foretog i forhold til den autoriserede katolske bibeludgave, Vulgata, fik afgørende idéhistorisk betydning. Samtidig med dette tekstkritiske arbejde skrev han skrift på skrift i pacifismens og tolerancens tjeneste.

Der er virkelig god grund til at mene, at Erasmus og hans samtidige humanister grundlagde noget, man med rette kan kalde en videnskab. Der var tale om et studieobjekt, som blev afgrænset og objektiveret. De forstod, at man aldrig måtte slutte umiddelbart ud fra sin egen opfattelse af en tekst, men at man måtte undersøge, hvilke mulige betydninger ordene kunne have i

den givne kulturelle kontekst. Og de fandt frem til metoder til at vurdere forskellige læsninger af de gamle skrifter i forhold til hinanden. To væsentlige kriterier for videnskabelighed var opfyldt: objektivisering af studieobjektet og metoder til verifikation.

Siden har denne gode humanisttradition bredt sig til mange andre fag end netop de klassiske studier – til historiske, arkæologiske og sproglige studier af alle mulige kulturer. Den er i høj grad blevet raffineret i tidens løb, men nogle af de helt væsentlige karakteristika er forblevet de samme: videnskabeligheden består for en stor del i den meget nøje vurdering af alle detaljer i deres rette sammenhæng. Det er blevet sagt, at metoden især består i den uhyre respekt for empiri: man prøver på alle måder at sikre sig, at hver detalje er ægte, dvs. virkelig stammer fra den omhandlede kultur, og man gør alt for at placere hver detalje rigtigt i kulturmønstret. Til gengæld er man meget tilbageholdende med en større teoridannelse, netop fordi man ikke vil tvinge sine egne teorier ned over objektet. I realiteten foretrækker man tit at mene, at den grundige detailundersøgelse giver grundlag for at leve sig ind i den fjerne kultur. Den videnskabelige empiri forbindes med en næsten kunstnerisk indstilling til indlevelse og oplevelse.

Og her er vi ved noget af det, der på afgørende vis skiller den humanistiske forskningstradition fra den naturvidenskabelige: endemålet for den humanistiske beskrivelse er oplevelsen af en virkelighed i et givet tidsrum. Vi siger, vi forstår, når vi kan se hele situationen for os.

Efter den tyske filosof og historiker Wilhelm Dilthey har man tit karakteriseret de såkaldte åndsvidenskaber ved, at de fokuserer på helhedsopfattelsen af et engangsfænomen, en historisk begivenhed, et kunstværk, en kulturel situation, modsat de naturvidenskabeligt prægede fag, der koncentrerer sig om at finde lov-mæssigheder i fænomener, der gentager sig. Yderligere må man vel tilføje, at det engangsfænomen, det drejer sig om i den humanistiske forskning, er særdeles komplekst, fordi spørgsmålet om den fremmede virkelighed er spørgsmålet om, hvordan *nogle andre* mennesker har oplevet verden. Hvis vi vil forstå den franske revolution, er det ikke nok at forstå en materiel baggrund, men vi

må forstå, hvordan bønderne, borgerne, adelen, kongefamilien oplevede det, der skete omkring dem. Opgaven går altså ud på at genskabe en virkelighed fra én kultur i en anden kulturs begreber.

Ligesom dengang naturvidenskaben begyndte at tage form, kan vi sige, at det før opbyggelsen af den gamle humanistiske videnskab drejer sig om at løse et sprogligt problem. Men det sker bare på to helt forskellige måder. Naturvidenskabsmændene fandt frem til at udtrykke de problemer, de ville beskrive, i matematikkens sprog. Humanisterne fandt frem til en kompliceret oversættelsesprocedure fra en kultur til en anden – så at sige fra et naturligt sprog til et andet. Når vi fx læser klassiske tragedier fra det 17. århundrede, kan vi ikke undgå i første omgang at undre os over, at mennesker dengang kunne blive ved med at diskutere kampen mellem æren og kærligheden. Vi forstår i en vis forstand godt ordene, men modsætningsparret 'ære og kærlighed' siger os bare ikke ret meget. Hvis vi derimod ser på, hvordan begreberne ære og kærlighed fungerer i den gamle kultur, så forstår vi, at det problem, det handler om, er det, vi ville kalde spørgsmålet om fri vilje eller determinisme. Kærligheden opfattes først og fremmest som en passion, dvs. en følelse som den elskende passivt drives med af, mens æren er udtryk for menneskets evne til at styre sit liv med sin viljeskraft. Tragedierne handler altså om noget så fundamentalt som spørgsmålet, om mennesket har en selvbestemmelse. Og når vi har lavet en sådan oversættelse, kan vi måske trænge så langt ind i forståelsen af den gamle kultur, at vi føler den levende og vedkommende.

Det er tydeligt, at den humanistiske beskrivelse har til fælles med kunsten, at den tilstræber en helhedsoplevelse af en given situation, men der er dog den klare forskel, at man i den humanistiske videnskabstradition skal sandsynliggøre en lang række delpåstande, som tilsammen danner helhedsbilledet, hvorimod kunstneren langt mere frit kan opbygge sin verden.

Den humanistiske traditions styrke og svaghed

Den humanistiske traditions store styrke ligger ikke mindst i, at den er bundet til et smukt menneskeligt ideal: respekten for hvert menneskes særpræg. Den humanistiske tradition er knyttet til humanismen, der ender med i det 18. århundredes slutning at give sig udtryk i Menneskerettighedserklæringerne. Der ligger heri hele den vesteuropæiske individualisme, troen på hvert enkelt individs unikke værdi.

Forbindelsen mellem menneskesyn og forskningstradition viser sig for det første i selve dette, at forskningen stræber mod at give en fremstilling af noget unikt, det være sig et kunstværk, en person, et forløb.

Og såvel det humanistiske menneskesyn som forskningstraditionen bygger på en vis kulturel relativisme, dvs. forståelse for at ens egen opfattelse er farvet af den kultur, man er opvokset i, og at man derfor skal være yderst varsom med at tro, at den har universel gyldighed. Det er grundlaget for tolerance og gensidig respekt.

Endelig tegner der sig en forbindelse mellem menneskesyn og forskningstradition ved den vægt, der lægges på menneskers selvforståelse og forståelse af egen virkelighed. Renæssancehumanismens tro er, at menneskets særpræg blandt dyrene er dets trang til at forstå. Derfor er det også vigtigt at kunne oversætte alment forståeligt fra en kultur til en anden, sådan fx at senere tiders mennesker selv kan danne sig en forståelse af, hvad der står i Det nye Testamente.

Som menneskeideal har humanismen haft en umådelig gennemslagskraft, i hvert fald i princippet, eftersom store dele af dens program er blevet fastslået som universelle adfærdsregler af FN, men den humanistiske forskningstradition har ofte måttet føle sig trængt af den naturvidenskabelige model.

Den traditionelle humanistiske forskning tager sig ikke ud af ret meget i sammenligning med den naturvidenskabelige, især fordi den i ringere grad er kumulativ. I naturvidenskaben afløser den nye indsigt som regel den gamle. Det, der var rigtigt i den gamle viden, indbygges i den nye, sådan at man stort set ikke

behøver kikke på den gamle viden længere, undtagen af historisk interesse. Ved således hele tiden at absorbere den gamle viden i den nye systematik vokser den aktuelle systematik stadig. I de humanistiske fag kan forskerne som regel ikke med samme sikkerhed sortere, hvad der var rigtigt i den videnskab, de forefandt, da de begyndte, og kun give det videre, der var rigtigt – videreudviklet og indpasset i den nye systematik. Selvom der naturligvis også i de humanistiske fag gennem tiderne sker en stor opsamling af viden, så er denne proces ikke kumulativ på den måde, at vi kan vide, at vi i den aktuelle viden har absorberet stort set alt det, der var rigtigt i tidligere tiders viden. I de fleste humanistiske fag er grundlaget så usikkert, at hver forsker til en vis grad må begynde forfra og vurdere fagets grundlag og historie. Man kan ikke bare bygge videre på det, man overtog, men må hele tiden også gå tilbage og se, om der skulle være interessante synspunkter og diskussioner, man har glemt.

Det hænger helt naturligt sammen med, at den traditionelle humanistiske forskning ikke beskriver sine resultater i et universelt sprog som matematikkens, men netop har til opgave at oversætte noget fra en kultur på et givet tidspunkt til en vis anden kultur på et andet tidspunkt. Oversættelsen er tids- og kulturbundet, fra et naturligt sprog til et andet.

Lige fra det naturvidenskabelige gennembrud i det 17. århundrede har der været følt en vis konkurrencesituation mellem den nye matematiske naturvidenskab og den humanistiske tradition (Preti 1968). For eksempel er modsætningen til humanisterne eksplicit hos både Galilei og Descartes. Humanisterne havde en overdreven tro på, hvad man kunne hente af naturvidenskabelig viden i Antikken, men mere alvorligt var det nok, at den humanistiske holdning tit førte til en almen skepsis over for muligheden af at grundlægge en sikker, universelt gyldig teori. Den humanistiske holdning førte ofte til ret uteoretisk dataindsamling. Det er netop det, Descartes gør op med: han smider al sin humanistiske lærdom fra sig og prøver helt fra bar bund at bygge en sikker, universel viden op efter den matematiske metode.

Det, der må interessere os endnu i dag, er selvfølgelig spørgsmålet om, hvorvidt de to metoder er uforenelige. Det er de nok

kun, hvis man tror, man må give den ene måde at tænke på prioritet over den anden, og problemet er vel, at den naturvidenskabelige metode har fået så enorm en autoritet på grund af naturvidenskabens triumfer, at andre måder at tænke på let nedvurderes.

Jeg tror, at et hovedproblem er spørgsmålet om *forståelighed*. Synspunktet går igen og igen hos humanisterne i det 17. og 18. århundrede: den nye naturvidenskab gør naturen forståelig, ja men kun for nogle få. Humanismens idé var, at hvert eneste menneske skulle danne sig en samlet forståelse af sin situation i verden. Derfor benytter humanismen sig af et dagligsprog. Det er helt tydeligt hos Holberg, hvis hele bestræbelse var at få så mange som muligt til at få en forståelse af deres egen situation. Derfor var han bange for naturvidenskab, sådan som han viser det i Erasmus Montanus. Det er reelt det, komedien handler om, selvom Holberg gør Erasmus til grin bl.a. ved at lade ham servere en masse uforståeligt latin.

Risikoen er, at det almindelige menneske i imponerthed over naturvidenskab, hvoraf det forstår meget lidt, taber tilliden til sin egen fornuft, som humanismen netop vil give det tillid til. Det har aldrig været Holbergs eller nogen fornuftig humanists mening, at naturvidenskab ikke skulle udvikle sig efter de succesrige metoder, den nu engang havde fundet, men det er vigtigt i dag som på Holbergs tid, at mennesker ikke taber tilliden til deres almene dømmekraft. I sin berømte bog »Computer power and human judgment« taler datalogen Joseph Weizenbaum, i lighed med adskillige andre tænkere, som fx den tyske Frankfurterskole og den kendte finske filosof Georg Henrik von Wright (von Wright 1986), om den fare, »human judgment« er udsat for i en verden, der er faldet på maven for »formal reason«.

Jeg tror ikke, at de humanistiske fag skal holde sig til traditionel humaniora, men jeg ville dog gerne slå et slag for den store værdi, der ligger i denne tradition, især når det lykkes forskerne at udtrykke sig forståeligt. Jeg tror ikke bare, det er et spørgsmål om at lave populærvidenskab, men at det er en væsentlig side af hele humanioras funktion at hjælpe med til at gøre den oplevede virkelighed begribelig, hvilket vil sige at tydeliggøre sammen-

hænge i samfundslivet og de enkelte menneskers liv i samspillet med de naturlige omgivelser.

Den traditionelle humanistiske beskrivelse er ikke mindst vigtig, fordi den går ud på at vise mennesker og menneskelige værker som unikke helheder, netop at se dem i deres unicitet, i en verden, der domineres af en beskrivelsesmodel, som lægger vægt på lovmæssigheden og dermed de samme elementers stadige kommen igen.

Tilnærmelse til det naturvidenskabelige forbillede

Bestræbelserne for at gøre den humanistiske videnskab til en strengt systematisk disciplin, nærmere det naturvidenskabelige forbillede, er af gammel dato, men jeg tror, man kan sige, at den tog et voldsomt spring fremad allerede i det 19. århundredes begyndelse, med den romantiske bevægelse.

Det kan umiddelbart lyde underligt, at der skulle være en sammenhæng mellem romantik og videnskabelighed, og jeg vil derfor gerne illustrere problemet med et konkret eksempel, der har tilknytning til vores hjemlige forskningsverden. En af vores største sprogteoretikere, Louis Hjelmslev, havde i 1930'erne hævdet, at Rasmus Rask var blevet en af grundlæggerne af den egentlige sprogvidenskab, fordi han trods sin tids romantik – det var i begyndelsen af det 19. århundrede – var fast forankret i en rationalistisk indstilling. Men da en af Hjelmslevs elever ville udfolde det synspunkt i en disputats, blev en af opponenterne, professor Paul Diderichsen, opmærksom på, at der var noget galt i den antagelse, og gik sagen grundigt igennem. Det viste sig, at det er meget mere rigtigt at sige, at Rask blev den store fornyer, fordi han på afgørende punkter var præget af de romantiske tanker. Det betød nemlig, at han ikke så på vores bevidsthed om sproget, på alt det der er betydning og mening i sproget, men at han derimod betragtede sproget som en *organisme*, der lever på sine egne betingelser i det ubevidste lag i mennesket. Derved fik han distanceret sit studieobjekt. Han kunne nu opstille systemer for bøjningsskemaer og lydændringer og komme fri af tidligere år-

hundreders spekulationer, der alle byggede på, at sproget mere eller mindre direkte må afspejle tanken. Sålænge man selvcentreret kikker på sin egen tanke, opstår der ikke nogen videnskab.

Den franske filosof og videnskabshistoriker Michel Foucault har vist, at eksemplet med Rask har en bred gyldighed. Også i mange andre videnskaber var grundlaget for de moderne humanistiske systematiseringer det 19. århundredes sans for de ubevidste lag i menneskesindet (Foucault 1970). Dette syn gav den fornødne distancering og inciterede forskerne til at søge de love, der gælder for disse skjulte kræfter, der styrer os. Eller for at bruge Olaf Pedersens udtryk: man søger at forklare, hvorfor tingene udvikler sig, som de gør, ud fra en indre nødvendighed. Det 19. århundredes forståelse for de ubevidste kræfter ligger foruden bag sprogvidenskaben også bag så indflydelsesrige modeller som Marx' og Freuds.

Den store udvidelse af kendskabet til fremmede kulturer op igennem det 19. og 20. århundrede har ligeledes bidraget stærkt til at gøre mange humanistiske fag mere systematisk videnskabelige. Også i den henseende er Rask et forbillede. På sine lange rejser indsamlede han den viden, der ligger bag hans komparative sprogvidenskab, og efterhånden har man i mange humanistiske discipliner kunnet prøve at opstille teorier for, hvad der er universelt menneskeligt, uafhængigt af kulturkredse. Her er der altså tale om at opstille lovmæssigheder, som i naturvidenskaberne.

I det 20. århundrede er systematiseringen af de humanistiske fag gået videre med store skridt, ofte under navnet strukturalisme. Mens den humanistiske tradition som nævnt koncentrerer sin videnskabelighed om granskningen af detaljerne, den omhyggelige empiri, og overlod sammenfatningen af enkelthederne til intuitionen, så anså strukturalisterne det som et hovedmål at opstille teorier om de store sammenhænge. I sprog- og litteraturstudier har man lært sig mere og mere at finde alle mulige forskellige typer strukturer i tekster, i stedet for som før at blive hængende alt for længe i betragtningen af enkelte ord og udtryk.

I et samfund som vores, hvor henvend 50 % af arbejdsstyrken er beskæftiget med informationsbehandling under en eller anden

form (Sundbo 1983, Østrup 1986), tror jeg nok, man må sige, at det er en meget væsentlig ting, hvis man kan finde ud af noget mere om, hvordan indkodning og afkodning af budskaber foregår – for nu at blive lidt ved sprogvidenskaben, som er mit eget fag. Og jeg synes nok, at der er sket pæne fremskridt i tekstanalysen, fremskridt der forklarer, at erhvervslivet i betydeligt omfang kan bruge humanistiske kandidater til dokumentations- og informationsarbejde på et forholdsvis højt niveau.

Men selvom der er sket en betydelig klargøring af strukturer i tekster og i samfund i de seneste årtier, så må man dog sige, at de begreber, der bruges, stadig er langt fra den præcision, man kender fra fysik og kemi. Så langt er man slet ikke i begrebsafklaringen, og det er forsåvidt også meget forståeligt, som det, man søger at systematisere, er nogle højst komplekse fænomener.

Der er i humaniora tit en afvejning, man må foretage, mellem fænomenernes interesse og vores mulighed for at beskrive dem præcist. Spændende og meget indviklede fænomener, som fx hvordan begreberne i en tekst strukturerer sig i modsætningspar, er svære at beskrive med virkelig præcise begreber. Men med hensyn til mindre spændende ting, som fx den syntaktiske beskrivelse af hvilke ordkombinationer der er mulige på et givet sprog, har man i de seneste år fundet frem til et præcist begrebsapparat.

Datateknikken har givet adskillige humanistiske videnskaber en mulighed for at være eksperimentelle på en helt ny måde. Vi kan give maskinen et regelsæt og se, om den med det givne regelsæt er i stand til at acceptere og eventuelt også analysere en mængde sætninger, som vi anerkender som gode danske sætninger, og derimod forkaste en mængde ordsammenstillinger, som vi ikke vil anerkende som danske sætninger. Hvis maskinen kan skelne mellem rigtige danske sætninger og ordsammenstillinger, der ikke er danske sætninger, så slutter vi, at det regelsæt, vi har givet den, er udtryk for en viden om det danske sprog. Eller vi kan i stedet give maskinen regelsættet og lade den generere tilfældigt alle de sætninger, den kan komme af sted med ud fra et givet ordforråd, og så se, om den kun genererer rigtige sætninger eller ej.

Så snart vi ikke bare kikker på sætningernes form, men spørger om deres mening, bliver det hele mere betænkeligt. Det er da også muligt at beskrive teksters indhold, sådan at en maskine kan svare på spørgsmål om, hvad teksten siger, men endnu er det meget famlende, hvad man foretager sig på det område. Endnu har man kun lavet interessante forsøg om teksters indhold på korte tekster og på et meget lille ordforråd. Man er stadig meget usikker på, i hvilket sprog man kan beskrive naturlige sprogs indhold; om man kan bruge en eller anden form for udvidelse af den velkendte formelle logik, eller om man må finde et helt andet begrebsapparat, der svarer mere til menneskers intuitive måde at opfatte verden på.

Jeg tror, den situation, jeg har antydnet inden for sprogvidenskaben, er typisk for mange humanistiske fag. I bestræbelserne for at videnskabeliggøre fagene foregår der på et ret højt niveau af kompleksitet nogle interessante og brugbare systematiseringer af vores viden om menneskelivet – fx forståelse af strukturer i samfundet, i personligheden, i tekster og mundtlige budskaber – men disse begreber er trods alt normalt langt fra den præcision, man finder i den matematiserede naturvidenskab. På den anden side foregår der også på lavere planer forsøg på at lave formaliserede systemer, der kan få en maskine til at efterabe en eller anden menneskelig evne, som fx visse sider af sprogevnene.

Afsluttende vurderinger

Jeg tror, at det er med god grund, at de humanistiske forskningsaktiviteter udfolder sig under så forskellige former, som jeg her har skitseret.

Vi er stærkt på vej ind i et informationssamfund, siger man vistnok med rette. Færre og færre mennesker er beskæftiget med manuelt arbejde, flere og flere med symbolbehandling. Både i den offentlige og den private sektor vrimler det fx med sagsbehandlere, der forsøger at trække information ud af dokumenter, og at formulere passende reaktioner på den information, de ud-

drager. Det er klart, at hvis *humaniora* vil spille nogensomhelst rolle i dette samfund, der er på vej, må de humanistiske fag have en kvalificeret holdning til den moderne teknologi, der ligger bag hele denne symbolbehandling. Fra mange sider vil man udnytte den nye teknologi til at forme tekster, billeder og dermed menneskesindet, og humanisterne må vide noget om, hvad det er man kan gøre på alle disse områder.

Men det er nu ikke bare i en defensiv ånd, at humanisterne bør gå videre med anvendelsen af mere naturvidenskabelige metoder. Det bør de alene af den grund, at det virkelig giver en ny indsigt i, hvor komplekst og rigt menneskesindet er. Dengang man på Galileis tid indførte kikkerten og mikroskopet, blev man slået med undren og forbavselse over, hvor kompleks naturen er. Det samme sker nu med hensyn til menneskesindet, og jeg er overbevist om, at alle de nye teknikker og medier har givet en helt ny realitet til den åndelige side af mennesket. Nu kan vi så at sige se vores egne tanker hoppe og danse på skærmen, og hvis vores programmer er snedige, kan vi nogle gange se, hvor vores tanker kommer på afveje.

Men det er også en flimrende verden, vi lever i. Man har talt om blip-blop-kulturen, og netop i denne kulturelle situation understreges *humanioras* gamle forpligtelse til at være med til at gøre verden forståelig, dvs være med til at beskrive i et sprog, der ikke er for indviklet, hvordan vores samfund og vores kultur er skruet sammen.

I gamle dage var det en almindelig anskuelse, at litteraturen – skønlitteraturen som det så betegnende hedder med et gammelt ord – havde til opgave at forskønne verden, så den var til at holde ud at leve i. Det er ikke mærkeligt, når man tænker på, hvordan sygdom og sult har præget dagligdagen for det store flertal af befolkningen også her i Vesteuropa. I dag er sjælens forvirring nok et større problem i Vesteuropa end sult og sygdom, så hvis kunsten og *humaniora* skal hjælpe mennesker til at leve i verden, gælder det ikke så meget om at forskønne den, som om at gøre den lidt mere forståelig. Det kræver tænkning i brede termer, der ikke altid kan være så præcise. Det kræver skønsomhed, vurdering og omtanke, og først og fremmest kræver det tro på, at

det nytter noget at udvikle og forbedre sin forståelse af mennesker, også selvom det ikke sker inden for rammerne af den formelle logik. Det er stadig essentielt for humaniora at arbejde med dagligsprogets beskrivelse af vores egen og vores medmenneskers oplevede verden.

Litteratur

- Diderichsen, Paul: *Rasmus Rask og den grammatiske tradition*. Studier over vendepunktet i sprogvidenskabens historie. *Historisk-filosofiske Meddelelser* Bd. 38:2, udgivet af Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, København 1960.
- Foucault, Michel: *Les mots et les choses*. Gallimard, Paris 1966.
- Garin, Eugenio: *Moyen Age et Renaissance*. Oversat fra italiensk 'Medioevo e Rinascimento'. Gallimard, Paris 1969.
- Harbsmeier, Michael and Trolle Larsen, Mogens (ed.): *The Humanities between Art and Science. Intellectual Developments 1880-1914*. Akademisk Forlag, København 1989.
- Liedman, Sven-Eric: »Humanistiske forskningstraditioner«. Oversat fra svensk. Kritik nr. 46, 1978, side 25-71.
- Piaget, Jean: *Épistémologie des sciences de l'homme*. Gallimard, Paris 1970.
- Preti, Giulio: *Retorica e logica*. Einaudi, Torino 1968. (Specielt kapitel 2: »La polemica antiumanistica del Seicento«).
- Rabil, Albert Jr, ed.: *Renaissance Humanism. Foundations, Forms and Legacy*. 1-3. University of Pennsylvania Press, Philadelphia 1988.
- Spang-Hanssen, Ebbe: *Erasmus Montanus og naturvidenskaben*. Gad, København 1964.
- Spang-Hanssen, Ebbe: *Humanisme og hornmusik*. Fremad, København 1989.
- Sundbo, Jon m.fl.: *Informationssektoren, informatikken og beskæftigelsen*. Jurist- og økonomiforbundets forlag, København 1983.
- Weizenbaum, Joseph: *Computer Power and Human Reason*. Førsteudgave 1976. Penguin Books 1984.
- Wright, Georg Henrik von: *Vetenskapen och förnuftet*. Førsteudgave 1986. Mån-pocket 1988.
- Østrup, Kim: Virksomhedskultur – en ny udfordring. I Dorte Jeppesen (red.): *Kunsten at slutte sig sammen*. Forlaget Bavnepanke, Slagelse 1987, pp. 81-90.

Diskussion

SØREN EGEROD: Igennem denne smukke fremstilling af humanistisk videnskabs placering i åndshistorien anes en almenmenneskelig eller almenkulturel udvikling fra kunst over humanisme til naturvidenskab.

Billedet bekræftes ved at se på f.eks. Kina med dets lange vel-dokumenterede udvikling. Den ældste kulturs videnskab var kunsten, inklusive fortællekunsten, mytologien. Gennem kunsten udtrykte man sandheden om mennesket og verden. Kungfuzianismen og taoismen overtog et nedbrudt begrebsapparat og pustede liv i det gennem filosofi om mennesket. Kungfutzi fandt svaret på spørgsmålet om menneskets vilkår i menneskets indre moral, Laotzi fandt svaret uden for mennesket i den ubønhørlige natur. Du siger, at der ingen videnskab kommer ud af at kigge for meget ind på egne tanker. Nej, der skulle også i Kina en interesse for tidligere tider og deres frembringelser til, før en humanisme udviklede sig af den kungfuzianske tankegang, og det var blandt taoisterne – romantikerne kunne vi kalde dem – og ikke blandt de fornuftige kungfuzianere, at magi blev til naturvidenskab. Men kunst og humanisme forsvinder ikke med naturvidenskabens opståen. Kan det tænkes, at kunsten og humanismen lever videre, fordi de er udtryk for uafvendelige krav i menneskesindet, således at de genopstår eller genskaber sig, hvis de søges overfløjet eller undertrykt?

EBBE SPANG-HANSSSEN: Det er store spørgsmål, der her bliver rejst. Der er nok ikke så mange mennesker, der underkender kunstens betydning. Det, som måske snarest er kommet i klemme, er et eller andet imellem kunsten og naturvidenskabens. Vi anerkender alle naturvidenskabens. På den anden side anerkender vi også allesammen behovet for kunst, for den selvstændige, den subjektive oplevelse. Det, som vel snarest er i klemme i vort samfund, er alt det, der ligger imellem de to yderpoler, – hvad man kunne kalde »judgment« eller skønsomhed. Denne skønsomhed, som ligger mellem den formelle logik og det rent subjektive, hænger sammen med humaniora.

ERIK FISCHER: Du stiller naturvidenskaben op som prototypen på videnskab. Men genkalder jeg Holger Bech Nielsens foredrag, så er der måske først tale om en flimrende serie billeder oppe på de to lysbilledskærme, ledsaget af pege-lysets røde pletter, som i stor seismografisk hast lynede hen over skemaerne med uigennemskuelige mål for øje. Den logiske kontekst fortabte sig i det uvisse, og det hele mindede mest af alt om en af de video-installationer, man hyppigt møder i den nutidige billedkunst. Og sideløbende hermed en sagsfremstilling, båret af en sand dionysisk passion, og som jeg ikke et øjeblik tvivler på var gennemsyret af strengt håndhævede regler for matematisk præcision. Og dog tillige med et klart indtryk af, at visionerne var *miles ahead* i forhold til de matematiske efterrationaliseringer – at der altså var tale om forskning *in statu nascendi* og dermed om et erkendelsens kaos, der bestemt ikke er mindre end det, der opstår, når humanister arbejder. Som kritisk rettesnor afprøves dernæst en række matematiske modeller som kontrol af gyldighed og bærekraft i de visioner, der efterfølgende formuleres og skanderes, som var der tale om en klassisk tragedie i fem akter. Just dette forhold mellem vision, kontrol og formulering kan vi med taknemmelighed annanne som den fuldgyldige prototype for humanistisk videnskab. Jeg ser ingen grundlæggende forskel mellem de to videnskabsgrene, når der er tale om grundlæggende erkendelser. Prototypisk set er humaniora og naturvidenskab i mit verdensbillede et tvillingepar.

Tilmed mener jeg, at man overser historievidenskabens – altså i virkeligheden humanioras – rolle i naturvidenskaberne. For når Bech Nielsen fremfører den efterhånden gamle historie om *Big Bang* og *The First Three Seconds*, er der jo i virkeligheden tale om historieforskning, som på mange måder minder stærkt om humanisternes stadige kredsen om at forstå, *wie es eigentlich gewesen*. Naturen har i det sidste par hundrede år ikke længere kunnet anskues som noget statisk, skabt og størknet én gang for alle. Jeg mener at kunne huske, at en dynamisk – og følgelig historisk – opfattelse af naturen begyndte i geologien med opdagelsen af bjergmassivers foldninger og erosioner og af deres inkrustationer af fossilt materiale. Med evolutionsteorien kom der for alvor

gang i studiet af naturhistorien, der viste sig at rumme uanet lange kronologiske forløb, og som faktisk manifesterede sig som historie, omsluttende både erkendbare styrende kræfter og uigen-nemskuelige impulser.

Den biologiske erkendelse er nu – i kraft af molekylærbiologi-ens seneste resultater – nået så langt tilbage i evolutionshistorien som til grænseområderne mellem liv og ikke-liv, mellem besjælet og ikke-besjælet stof. Narrer min amatørnusning mig ikke, så er kemien og fysikken nået derhen, hvor de store spørgsmål drejer sig om selve stoffets historie. Og så er vi tilbage igen ved Bech Nielsens *Big Bang*, hvor – med hans egne ord – et punkt, som ingenting er, i et rum, som ikke eksisterer, i en tid, som endnu ikke eksisterer, pludselig giver sig til at eksplodere. Om dette ikke udgør den selvsamme blanding af erkendende anelse, forskning og digt som den, der udmærker de bedste historikers arbejde, så må jeg have misforstået ikke så lidt af al erkendelses indre mekanik. Men først og fremmest: Er vi da ikke nået frem til den situation, *at historievidenskaben i dag er endt med at være modervidenskaben frem for nogen anden?* Med Gauguins ord: Hvem er vi, hvor kommer vi fra, hvor går vi hen? Og dermed er det efter min mening forbi med at tale om naturvidenskabens prioritet i prototypisk henseende. Naturvidenskaben besidder i matematikken et kritisk apparat af uforlignelig præcision, for humanister et misundelsesværdigt, men stort set uanvendeligt apparat. Men derudover rummer naturvidenskaben sine åbenbarende, kunstneriske intuitioner, ligesom humanistisk erkendelse rummer en stedse nagende stræben mod rationalitet. Alligevel forekommer de fælles bånd og mål mig stærkere end de (kilde)kritiske metoders forskellighed, og derfor er det for mig det frugtbareste aspekt at opfatte videnskaben som én stor enhedsbestræbelse under den universelle historieforsknings ægide, inden for hvis rammer al anden forskning er hjælpevidenskab.

F. J. BILLESKOV JANSEN: Jeg vil fortsætte, hvor Erik Fischer slap. Når han gjorde historien til videnskabernes fællesnævner, kan man minde om, at blandt muserne stod Urania, astronomiens muse, for naturvidenskaberne, og at musernes moder var Erin-

dringen: vi samles alle under Historien. Jeg vil nemlig gerne understrege fællesskabet. Ebbe Spang-Hanssen dvælede længe ved forskellighederne mellem naturvidenskaberne og humaniora. Men der er dybt slægtskab i den psykiske proces, hvor en ny idé fødes; altså det skabende øjeblik, da hypotesen dukker op, teorien, visionen. Der, hvor æblet falder. Her i åndens smedje mødes forskerne med digterne og måske med alle andre kunstnere. Måske hører der en vis uskyld til, at ånden skaber nyt. Det kan, lidt populært sagt, se ud, som om en naturvidenskabelig teori formes lykkeligst hos den, der nok besidder sit emne, men ikke er alt for langt inde i stoffet, for dermed er ånden allerede bundet af sin detaljerede viden, fagets rutine, som gør, at der snarere søges tilslutning til systemet end helt nye veje. (Sammenlign Chr. Crone: Kreativitet i videnskab og digtning, in En bog om kunst der forløste, Det danske Akademi 1981-1988, 1988.) Det er jo ofte netop meget unge digtere, endnu begyndere i livet og kunsten, som pludselig holder Aladdins lampe i hånden. Jeg tænker på de store kulturhistoriske synteser, som satte flere generationer af forskere i arbejde, f.eks. Jacob Burckhardts Kultur der Renaissance. For mig og en del samtidige fik Vilh. Grønbech og Ernst Cassirer vækkende betydning, ikke mindst den sidstes sammenfattende syn på eksakte og humane videnskaber, i Philosophie der symbolischen Formen. Til forståelse af fællesskabet hører tillige den tvivl, som fra tid til anden sættes ved naturvidenskabernes eksakthed. Omkring 1900 satte en fransk filosofisk skole spørgsmålstegn ved naturlovenes absolutte gyldighed. Emile Boutroux behandlede i sin disputats De la contingence des lois de la nature (1874) begrebet *Contingens*, altså ikke-nødvendighed i naturlovene. Vi kender beslægtede bevægelser i dag hos dyrkere af chaos-teorierne. Henri Bergson førte kritikken fra Boutroux videre med sin lære om det umiddelbart givne i bevidstheden og dettes udforskning i kraft af intuitionen. Mit spørgsmål til Spang-Hanssen er da: Er du enig med mig i, at i det skabende øjeblik mødes eksakte og humane videnskaber, og har du en personlig opfattelse af Bergsons ide om intuitionen?

SPANG-HANSEN: Jeg vil sige til begge indlæg, at jeg understregede, hvad der er forskellene på humaniora og naturvidenskab – måske for stærkt, navnlig fordi vi allerede har fået naturvidenskabens opståen grundigt belyst. Men det er klart, at der i begge former for videnskab er nogle af de samme bestræbelser, og det er noget af det, Leif Grane vil samle sammen til sidst, for at vi ikke skal tro, det er helt spredt. Det er oplagt, at der i begge former for videnskab er visioner og begejstring, som man også kunne høre her i formiddag. Men der ligger en stor forskel i netop det sproglige. Når Holger Bech Nielsen kommer med store visioner, så er det jo for at forklare os andre i letfattede billeder nogle matematiske formler, han sidder og tumler med. Det væsentlige i det, du laver, det er jo i virkeligheden nok så meget de formler, du sidder og tumler med, som de metaforer, du bruger for at forklare os andre, hvad det hele går ud på, ikke? – HBN: Jo!

NIELS OLE KJELDGAARD

Hvad ved vi om livets oprindelse, og hvilke af livsmekanismernerne forstår vi?

Molekylærbiologiens bidrag til en lidt større klarhed

For omkring 420 år siden var Tycho Brahe travlt optaget af alky-miens mysterier. Da han om aftenen den 11. november 1572 forlod laboratoriet ved herregården Heridsvad i Skåne, betragtede han som så ofte før stjernehimmelen. Her så han til sin store overraskelse en ny og meget stærkt lysende stjerne midt i stjernebilledet Cassiopeia. Det han så var imidlertid ikke noget, der skete hin novembernat, men det var signalet fra en begivenhed, der var sket 10.000 år forinden.

Det samme gentog sig for medarbejderne ved Las Campanas Observatoriet i Chile den 24. februar 1987, da de observerede en supernova i den store Magellanske stjernehænge. Mange astronomer verden over fik straks travlt med at følge signaler fra denne stjerneeksplosion, som i virkeligheden var sket for omkring 150.000 år siden.

Ved at betragte stjernehimmelen kan vi således i et og samme øjeblik få informationer om begivenheder i verdensrummet, hvoraf nogle kan være forholdsvis nutidige, mens andre har været flere milliarder år om at nå os. Vi modtager derfor til stadighed signaler om begivenheder fra den tid, da livet begyndte på planeten Jorden. Måske indeholder nogle af disse fysiske signaler også en besked fra andre fjerne planeter om levende organismer, der allerede var under udvikling, da signalet blev sendt.

Ligesom astronomernes signaler fra verdensrummet gør fortid til nutid, kan vi håbe på, at biologerne kan fravryste nutidens signaler om nogle af urtidens store begivenheder, som var basis for, at Jorden i dag er befolket med en vrimmel af højst forskelligartede levende organismer.

Astronomerne fortæller os, at Jorden opstod for omkring 4,5 milliarder år siden som et varmt og ugæstfrit sted. I løbet af årmillioner blev Jordens overflade afkølet så meget, at vanddamp kunne fortættes til væske og dække store områder af planeten. Hermed blev der skabt den første absolutte betingelse for, at liv kunne opstå, da vand er nødvendigt for alle de kemiske processer, der foregår i de levende celler.

Man formoder, at atmosfæren endvidere bestod af brint, metan og ammoniak. Dette miljø gav mulighed for, at lyn og solens ultraviolette stråling kunne fremkalde et virvar af kemiske reaktioner, som også kunne føre til dannelsen af en lang række af de kulstofforbindelser, som vi finder i nutidens levende organismer. Det er rimeligt at antage, at disse organisk-kemiske stoffer i løbet af den første milliard år blev ophobet i koncentrationer, der var tilstrækkeligt høje til, at ur-havet eller ur-tidens søer kunne blive arnested for de første spæde trin af livets opståen. Måske skete dette blot et enkelt sted på kloden, måske er udviklingen sket flere steder samtidig.

Der findes i dag klipper, som kan give os vidnesbyrd om tiden, da Jorden var ung. I nogle af disse 3,5 milliarder år gamle klippeformationer er der fundet spor af simple encellede organismer, som minder om vore dages bakterier.

Mere udviklede og komplekse celler af den type, vi i dag kender som gær eller skimmelsvampe, viste sig først for omkring 1,4 milliarder år siden. Også disse var encellede organismer. De tidligste mangelcellede organismer synes først at være udviklet for omkring 500 millioner år siden.

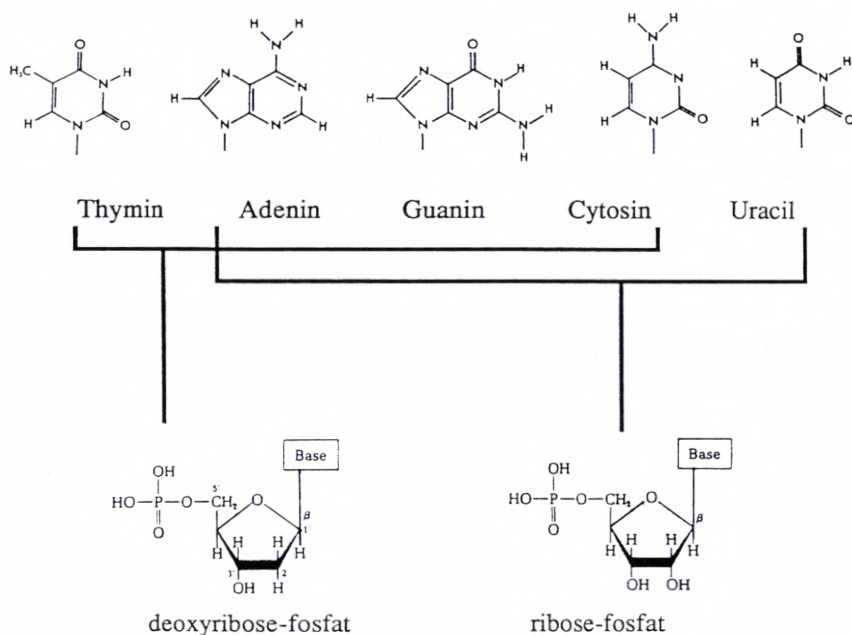
Palæontologien fortæller os uhyre meget om organismernes udvikling, men den viser os kun de ydre spor af liv bevaret i sten. De substanser, der var bærere af livet, er forlængst forsvundet, og dog er det disse substanser, som må interessere os mest, når vi skal søge efter livets opståen.

Ligesom stjernernes stråling har været myriader af år om at nå os for at give oplysninger om fortidens hændelser i kosmos, kan vi håbe på, at spor fra livets uendelig fjerne fortid også er afspejlet i nutidens levende organismer. Men hvor skal vi lede? Umiddelbart kunne man forestille sig, at bakterier og blå-grønaler, der er nutidens mest primitive celler, må have den største lighed med de allerførste encellede organismer. På den anden side har de fleste simple celler en formidabel væksthastighed, hvorfor de måske også har haft mulighed for at ændre sig langt mere end de 1,4 milliarder år yngre, mere udviklede og langsomt voksende celler. Feltet er helt åbent, og vi må søge efter urtidens spor overalt i den levende verden.

Hvad forstår vi ved LIV?

For at vide, hvad vi skal søge efter, må vi nødvendigvis have en idé om, hvad vi skal forstå ved LIV.

Selv om vi nok allesammen har en fornemmelse af, hvad der er levende, og hvad der er dødt, er det ikke så ligetil at opstille en klar definition på LIV. Hos dyr synes begrebet at være relativt enkelt. Når et dyr løber omkring, er det levende, ligger det stille, er det enten dødt, eller også sover det. Men hvad med planter? Hos disse levende organismer er vores fornemmelse af liv mere på afstand. Vi bryder os måske ikke så meget om at skære hovedet af en kylling, men en gulerod trækker vi uden skrupler op af jorden og gnasker i os med stor fornøjelse. Om vinteren, når et træ står uden blade, er det heller ikke så nemt for os at konstatere, om dette træ er levende eller dødt. Vi må vente på forårets komme. Skelnen mellem liv og død bliver endnu sværere, når vi kommer til de encellede organismer, og når vi kommer til virus, bliver det helt umuligt. Jeg skal derfor ikke her gøre forsøg på at opstille en tilbundsgående definition af begrebet LIV, så meget mere som det måske er usikkert, om de første spor af »LIV« her på Jorden fulgte nøjagtig de samme biologiske principper, som benyttes af nutidens levende celler. Dog, evnen til at blive ophav



Figur 1. Den kemiske struktur af de to sæt på hver fire nukleotider, der indgår i opbygningen af DNA og RNA. DNA er opbygget af deoxyribonukleotider og RNA af ribonukleotider. De ringformede purin- og pyrimidin-grubbers binding til sukker-fosfat-molekylet er angivet med Base.

til kopier af sig selv er en foreteelse, der er fælles for alt levende, og som nødvendigvis altid må have været baggrunden for LIV. Det er nok ved disse processer for selvkopiering, at vi må starte vores søgen efter livsfænomenernes allerførste start.

Cellen er basis for alt liv. Alle organismer er opbygget af celler; nutidens dyr og planter er fler- eller mange-cellede, mens mange mikroorganismer er encellede. I den første halvdel af dette århundrede afslørede biokemiens analyser, at alle levende celler er omgivet af en *lipid-membran*, der fungerer som cellernes grænse mod omverdenen. Cellemembranen skaber herved et indre miljø, der er specielt gunstigt for cellens kemiske processer, og som omslutter cellernes dominerende komponenter: DNA, RNA og *proteiner*. Det er disse tre komponenter, der indeholder nøglen

til livet, og som udgør tre forskellige verdener, som dog er totalt integrerede og koordinerede i nutidens levende celler.

DNA udgør arvelighedens stabile verden, der videregiver de arvelige egenskaber til nye generationer med en uhyre lille fejlmargin. Fire forskellige, men dog analoge kemiske forbindelser, kaldet deoxyribonukleotider, udgør grundelementerne i dette fantastiske molekyle.

Med fire ribonukleotider som byggesten fungerer RNA som informationsstrømmens univers, hvor en række RNA-molekyler viderebringer arvelighedens mønster og bringer dette til at fungere i cellerne gennem dannelsen af proteiner.

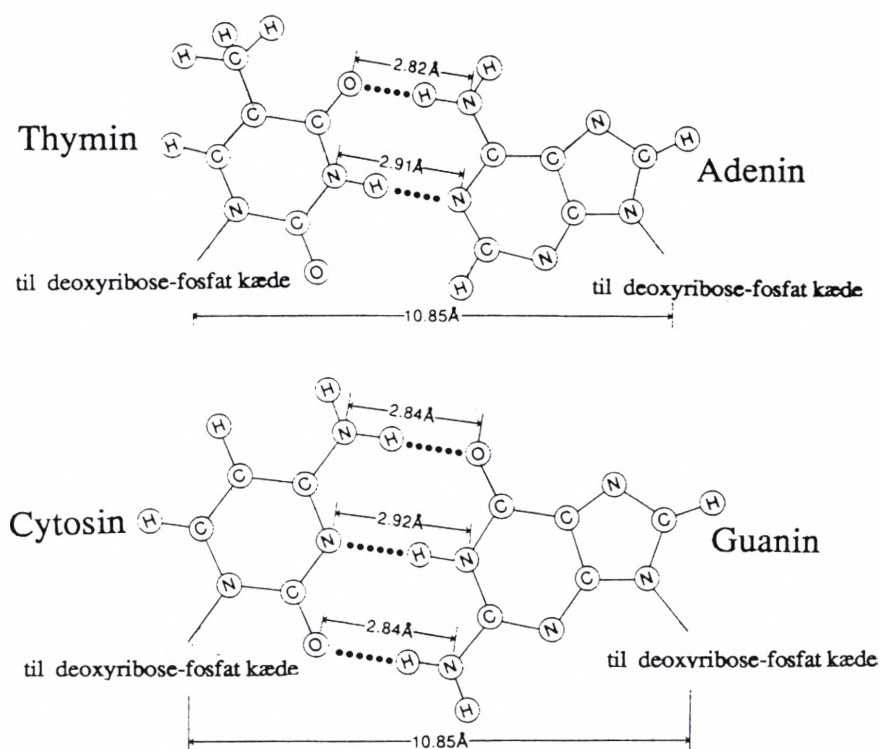
Med deres 20 forskellige aminosyrer udgør proteinerne cellernes udøvende magtsfære, idet de får alle cellens kemiske processer til at forløbe i et passende dynamisk tempo.

Grundlaget for livet består således af blot 28 forskellige kemiske komponenter.

DNA-molekylernes verden

I alle nulevende celler er de arvelige egenskaber knyttet til DNA, opbygget som uhyre lange kæder af sammenkoblede deoxynukleotider. Kemisk set består deoxynukleotiderne af et sukker-molekyle, deoxyribosefosfat, der er koblet enten til purinerne: adenin (A) og guanin (G), eller til pyrimidinerne: cytosin (C) og thymin (T) (figur 1). Det er rækkefølgen af disse fire deoxynukleotider i DNA-kæden, der er bestemmende for den arvelige information. I 1953 foreslog Watson og Crick, at DNA i cellerne findes som et dobbeltstregnet molekyle, hvor DNA-kæderne er snoet sammen to og to omkring hinanden i form af en dobbelt helix, og hvor sammensætningen af den ene kæde giver en slags spejlbillede af den anden kæde. Denne dobbeltkarakter af DNA gav en simpel forklaring på, hvordan DNA-molekylerne bliver mangfoldiggjort, og hvordan de arvelige egenskaber bliver videreført uændret til ny generationer af celler.

Ved at se lidt nærmere på opbygningen af DNA-molekylet og



Figur 2. Brintbindinger mellem et thymidin-adenin-par og et guanin-cytosin-par. I DNA-molekylet kan der dannes to brintbindinger mellem adenin og thymidin og tre brintbindinger mellem guanin og cytosin. Å = Ångström = ti milliontedel millimeter.

de mekanismer, der fører til replikationen af DNA, kan vi måske lære noget om principperne for livets begyndelse.

I DNA er purin- og pyrimidin-grupperne A, G, C og T alle rettet mod midten af det dobbelt-strengede molekyle. Strukturen af de ringformede purin- og pyrimidin-grupper giver mulighed for, at der parvis, og på en helt specifik måde, kan dannes svage kemiske bindinger, kaldet brint-bindinger, mellem ringene (figur 2). Således betinger molekylestrukturen, at adenin vil danne par med thymidin (A=T par), og guanin vil danne par med cytosin (G≡C par). Dannelsen af brintbindinger vil således garantere, at en adenin-gruppe på den ene streng altid modsvarer af en thymidin-gruppe på den anden, medens en guanin-gruppe på den ene

altid vil modsvares af en cytosin-gruppe på den anden streng (figur 3). Det er dannelsen af brintbindinger, det, der kaldes base-parringen, der garanterer, at rækkefølgen af de ringformede grupper i den ene streng af et DNA-molekyle altid vil modsvares af en komplementær rækkefølge i molekylets anden streng. Den arvelige information, der ligger gemt i rækkefølgen af deoxyribonukleotider, er således til stede i to eksemplarer, om end det er



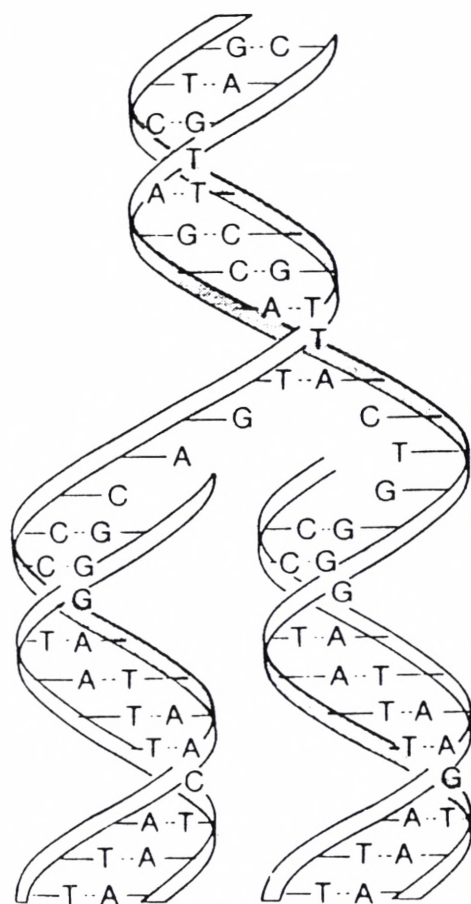
Figur 3. Helix-struktur af DNA. De ydre bånd af det spiralformede dobbeltstrengede molekyle repræsenterer kæder af sammenkoblede deoxyribose-fosfat-molekyler. De ringformede, flade purin- og pyrimidin-grupper er lokaliseret mod midten af spiral-strukturen, i afstande, der let tillader, at dannelsen af brintbindinger finder sted. Brintbindingerne, der stabiliserer spiralstrukturen, er vist skematisk på den højre figur.

to komplementære kopier. Denne opbygning af DNA-molekylet giver derfor en meget høj sikkerhed for, at den arvelige information vil blive bevaret.

I tiden mellem to celledelinger bliver cellens arvemasse fordoblet for senere at blive ligeligt fordelt mellem de to datterceller. I alle celler er der en række proteiner, der som enzymer medvirker ved denne fordobling. DNA-polymerase er det enzym, der er ansvarligt for sammenkoblingen af deoxynukleotiderne til de uendelig lange DNA-kæder. Fra hver kæde af det dobbeltstrengede molekyle vil der dannes en ny DNA-streng, idet baseparringen tager vare på, at det er de korrekte purin- og pyrimidin-baser, der bliver indbygget på de rigtige steder. Det må naturligvis være et problem at få et meget stort dobbeltstrengt, spiralsnoet molekyle til at blive til to ligeså store spiralsnoede molekyler (figur 4). Cellerne har derfor også brug for enzymer, som sørger for, at spiralstrukturen bliver åbnet i det område, hvor DNA-polymerase-molekylerne skal replicere DNA-strengene. De enzymer, der deltager i DNA-replikationen, er genfundet i alle levende celler, såvel i de simple som i de højt udviklede celler. DNA-verdenen må således have fundet sin endelige funktionelle form tidligt under cellernes udvikling. Men naturligvis er der forskelle. I bakterier findes arvemassen som et eneste stort DNA-molekyle, der endda er endeløst, idet molekylets to ender er forbundne. Hos bakterien *Escherichia coli* indeholder dette gigantiske, »cirkulære« molekyle 4,7 millioner nukleotid-par. Hos de mere udviklede celler findes flere forskellige »lineære« DNA-molekyler indesluttet i en cellekerne. I forbindelse med DNA-replikationen bliver hvert af disse DNA-molekyler opviklet til et kromosom, som derefter fordeles ligeligt mellem dattercellerne under celledelingen. I menneskets celler findes der således 24 forskellige DNA-molekyler med i alt 3 milliarder basepar, som ved cellernes deling fordeles over 22 kromosomer og 2 køns-kromosomer.

RNA-molekylernes verden

Cellernes DNA indeholder den arvelige information for dannelsen af flere tusind forskellige proteiner. I løbet af 1960'erne gav den molekylærbiologiske forskning løsningen på, hvordan informationen i DNA kan oversættes til en proteinstruktur og herved få et funktionelt indhold. Man fik belyst, hvorledes en rækkefølge af nukleotider kan blive »oversat« til en rækkefølge af aminosyrer i proteinerne gennem brugen af den genetiske kode. Tre forskellige typer af RNA-molekyler er medvirkende ved denne oversættelse.



Figur 4. Replikation af et DNA-molekyle. DNA-syntesen finder sted i området omkring forgreningen. Det samme gælder de processer, der afhjælper de struktur-mæssige problemer, som opstår, når et uhyre langt dobbeltstrengt molekyle skal snoes op og blive til to lige så lange dobbeltstrengede DNA-molekyler.

I lighed med DNA er RNA opbygget af fire forskellige nukleotider; her er det imidlertid ribonukleotider, der indeholder sukker-gruppen ribose-fosfat. To af ribonukleotiderne indeholder purin-grupperne: adenin (A) og guanin (G), mens de andre to indeholder pyrimidin-grupperne: cytosin (C) og uracil (U) (figur 1). I alle nutidens organismer findes der et enzym, RNA-polymerase, som er ansvarligt for, at den genetiske information i DNA bliver overført på RNA-form. De fire ribonukleotider bliver sammenkoblet til et enkeltstrenget RNA-molekyle, idet nukleotid-rækkefølgen af den ene DNA-streng bliver kopieret, også her ved hjælp af baseparings-mekanismen. Guanin danner basepar med cytosin ($G \equiv C$), og adenin pardanner med uracil ($A = U$).

De områder af cellernes DNA, der koder for strukturen af et protein, kopieres til RNA-molekyler, der kaldes messenger-RNA (mRNA). I cellens cytoplasma vil disse forbinde sig med et makkerpar af ribosomale partikler, der koordinerer de talrige trin i proteinsyntesen. De to ribosomer, et lille og et stort, indeholder hver sit store RNA-molekyle (rRNA), som er kompleksbundet med i alt 50 forskellige ribosomale proteiner. Oversættelsesprocessen fra en nukleotid-kode i mRNA til en rækkefølge af aminosyrer i et protein involverer endnu en gruppe RNA-molekyler, kaldet transfer-RNA (tRNA). Ved en enzymatisk reaktion kan disse relativt små RNA-molekyler blive sammenkoblet med en given aminosyre. Hvert medlem af tRNA-gruppen kan kun kobles til én aminosyre. I en anden del af molekylet findes en rækkefølge på tre ribonukleotider, der på en entydig måde kan danne nukleotid-par med tre nabostillede nukleotider i et mRNA-molekyle. Denne baseparring foregår, når de tre nukleotider i mRNA er lokaliseret på et ganske bestemt sted i ribosom-parret. Oversættelsen af den genetiske information til en aminosyre-rækkefølge i proteinet foregår således i grupper på tre nukleotider. Mønstret for oversættelsen er givet i skemaet for den genetiske kode, som viser relationerne mellem de 64 mulige kombinationer af de fire ribonukleotider og de tyve aminosyrer. For hver kombination indeholder cellerne et bestemt transfer-RNA-molekyle (figur 5). Den genetiske kode er universel, idet det er den samme tre-nukleotid-kode, der benyttes af alle kendte organismer. I få

UUU Phe UUC UUA Leu UUG	UCU Ser UCC UCA UCG	UAU Tyr UAC UAA Ter UAG	UGU Cys UGC UGA Ter UGG Trp
CUU Leu CUC CUA CUG	CCU Pro CCC CCA CCG	CAU His CAC CAA Gln CAG	CGU Arg CGC CGA CGG
AUU Ile AUC AUA Met AUG	ACU Thr ACC ACA ACG	AAU Asn AAC AAA Lys AAG	AGU Ser AGC AGA Arg AGG
GUU Val GUC GUA GUG	GCU Ala GCC GCA GCG	GAU Asp GAC GAA Glu GAG	GGU Gly GGC GGA GGG

Figur 5. Den genetiske kode. Tabellen viser de 64 mulige kombinationer af en rækkefølge af tre nukleotider sammensat af fire ribonukleotider. De tri-nukleotid-sekvenser, der findes på messenger-RNA-molekylerne, er angivet sammen med de aminosyrer, der svarer til de pågældende sekvenser. Til 20 aminosyrer svarer der 61 tri-nukleotider, og der er derfor nogle aminosyrer, som har flere tri-nukleotid-koder. Tre trinukleotider (Ter) giver ribosomerne signal om at afslutte proteinsyntesen.

Phe: phenylalanin, Leu: leucin, Ile: isoleucin, Met: methionin, Val: valin, Ser: serin, Pro: prolin, Thr: threonin, Ala: alanin, Tyr: tyrosin, His: histidin, Gln: glutamin, Asn: asparigin, Lys: lysin, Asp: asparingsyre, Glu: glutaminsyre, Cys: cystein, Trp: tryptophan, Arg: arginin, Gly: glycin.

tilfælde er der observeret enkelte afvigelse, som giver interessante informationer om visse udviklingsmæssige relationer.

I alle nutidens organismer, såvel i bakterier som i de mere udviklede organismer, er proteinsyntesen baseret på messenger-

RNA-molekyler, to typer ribosomale partikler og 61 tRNA-molekyler. I de mere udviklede celler, hvor DNA er lokaliseret i en cellekerne, dannes mRNA-molekylerne i cellekernen for derefter at blive transporteret til cellens cytoplasma, hvor de forbinder sig med de to ribosomer.

Informationsstrømmen med tre typer af RNA-molekyler har samme virkemåde i alle organismer. Det er derfor sandsynligt, at disse funktioner ligeledes må være blevet fastlagt på et meget tidligt trin i cellernes udviklingshistorie. Undersøgelser af nukleotid-rækkefølgen af rRNA fra forskellige organismer har derfor haft stor betydning for at fastlægge den vej, som udviklingen har fulgt.

Proteinernes verden

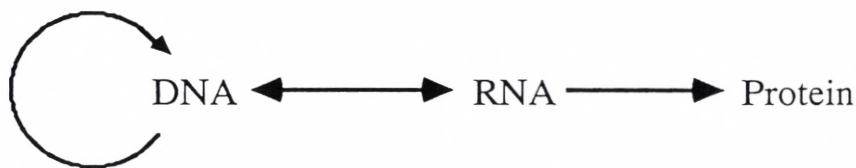
Proteinerne udgør cellernes funktionelle verden, idet de er nødvendige for forløbet af de mangfoldige kemiske processer, som er en betingelse for cellernes og organismernes eksistens og funktion. Desuden udgør nogle proteiner vigtige form-elementer i cellerne. Proteinernes brede funktionsspektrum beror på, at de er opbygget af aminosyrer med en vidt forskellig struktur, og at varierende kombinationer af de tyve aminosyrer resulterer i vidt forskellige rumlige opbygninger af proteinmolekylerne. For omkring tredive år siden blev der udviklet metoder, der gjorde det muligt både at bestemme rækkefølgen af aminosyrer i proteiner og at analysere proteinernes rumlige struktur.

Biokemiske undersøgelser har vist, at en lang række af de *enzymer*, der er af central betydning for stofskiftet, kan genfindes i alle levende celler. Det er dog ikke alene de enzymatiske reaktioner, der er fælles; undersøgelser af proteinernes opbygning har vist, at der, på meget forskellige trin af organismernes udvikling, er væsentlige fællestræk i proteinernes struktur og i rækkefølgen af aminosyrer i proteinerne. Undersøgelserne af proteiners opbygning har derfor kunne bruges til at forbinde palæontologiens tidsskema for arternes udvikling med ændringer i rækkefølgen af aminosyrer i proteinerne.

Det centrale dogme

I 1958 formulerede Francis Crick det, han kaldte »biologiens centrale dogme«. Hermed postulerede han, at den genetiske informationsstrøm går fra DNA over RNA til protein og aldrig i modsat retning (figur 6). Dette postulat er i høj grad blevet bekræftet af senere undersøgelser, men det fik en drejning, idet det viste sig, at RNA også kan fungere som arvemateriale, da der hos bakterier, planter og dyr findes virus, der har et RNA-genom. Blandt disse RNA-virus findes der hos pattedyr en gruppe af virus, der kaldes retrovirus, og som bl.a. omfatter AIDS-virus. De to amerikanske forskere David Baltimore og Howard Temin viste i 1970, at retrovirus-genomet indeholder et gen, som koder for revers-transkriptase, som er et enzym, der kan overføre en rækkefølge af ribonukleotider i RNA til en rækkefølge af deoxyribonukleotider i et DNA-molekyle. Crick's »dogme« måtte altså modificeres, og DNA og RNA blev på en vis måde ligeværdige som bærere af den arvelige information.

For omkring femten år siden var der således opstillet et temmelig præcist billede af de biologiske funktioner i nutidens celler. Dette gav visse muligheder for at ekstrapolere disse funktioner til fortiden og at opstille hypoteser for organismernes opståen og udvikling. Ved at forsøge at opstille hypoteser for livets begyndelse stødte man dog endnu engang på det gamle dilemma om hønen eller ægget. Hvem var det, der kom først? DNA-molekylerne er nødvendige for, at den arvelige information kan blive overbragt til kommende generationer, og som kilde for den information, der medfører dannelsen af de nødvendige enzymer. Samtidig er en række af disse enzymer nødvendige for syntesen af nye DNA-molekyler og for dannelsen af proteiner.



Figur 6. Crick's centrale dogme.

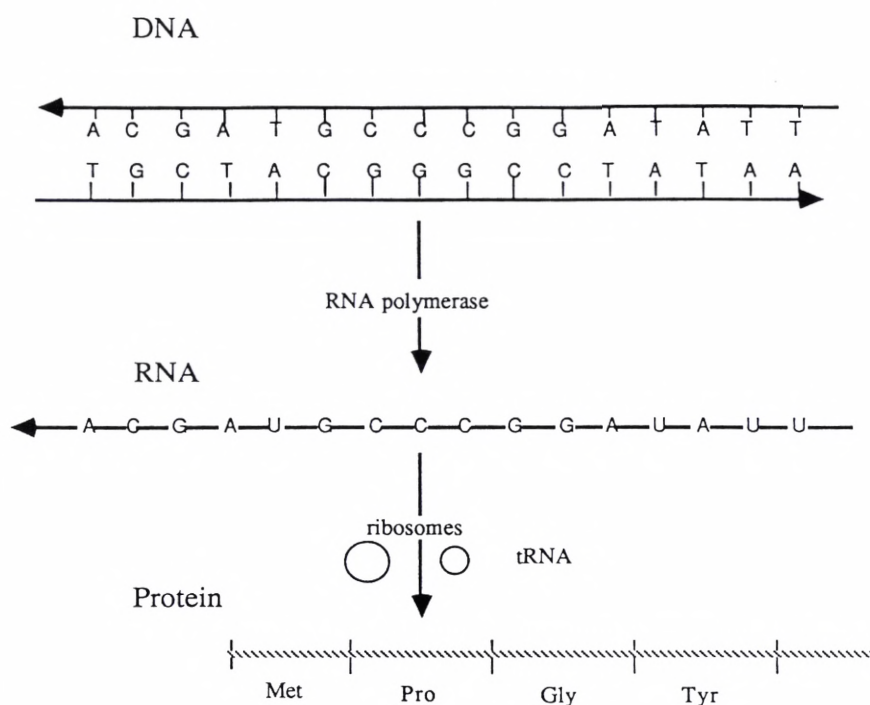
Gensplejsning og DNA-sekventering

En ny revolution inden for molekylærbiologien gav fra midten af 1970erne mulighed for at trænge nærmere ind i arvemassens mysterier. Gensplejsningens metoder gjorde det muligt at mangfoldiggøre udvalgte fragmenter af DNA-molekyler, idet man benyttede bakterier til at producere det ønskede DNA i ret store mængder. Det er denne forholdsvis komplicerede proces, der er blevet kaldt kloning af DNA-fragmenter. Fred Sanger i England og Walter Gilbert i USA udviklede metoder, der gjorde det muligt, på en nem og hurtig måde, at bestemme rækkefølgen af de fire deoxynukleotider i DNA. Der var således både tilstrækkeligt materiale og en metode, der tillod en detaljeret analyse af den arvelige information i alle arter af celler.

Tidligere eksperimentelle forudsigelser for opbygningen af bakteriernes genstruktur viste sig at passe. Hos bakterier og andre simple celler er generne placeret tæt ved siden af hinanden, kun afbrudt af korte DNA-områder, som medvirker til at regulere produktionen af det kodede protein. Ved hjælp af nukleotid-rækkefølgen i DNA, det man kalder DNA-sekvensen, var det muligt at forudsige aminosyre-rækkefølgen i proteiner, idet man benyttede kendskabet til den genetiske kode. Hos de simple celler eksisterer der således en helt entydig, tæt relation mellem generne på DNA, messenger-RNA-molekylernes opbygning og proteinerne struktur (figur 7).

De opdeltede gener

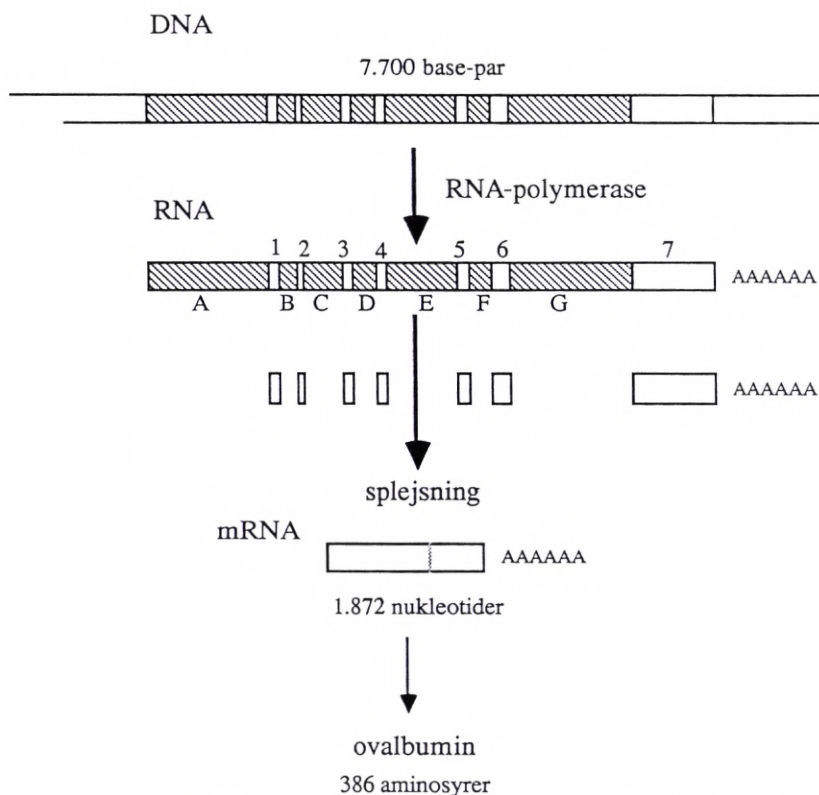
Hos de mere avancerede celler viste forholdene sig dog at være noget mere udviklede. Fra cellerne kan man isolere de messenger-RNA-molekyler, der er bestemmende for proteinernes biosyntese. Ved hjælp af retrovirus-enzymet, revers-transkriptase, kan dette mRNA omdannes til DNA-molekyler, som igen ved gensplejsning kan klones i bakterier. Der er nu mulighed for at udvælge netop det DNA, der svarer til det ønskede protein. En



Figur 7. Oversættelsesmekanismen fra DNA til protein. Deoxyribonukleotid-sekvensen af et dobbeltstrengt DNA bliver med RNA-polymerase kopieret til en ribonukleotid-sekvens i et mRNA-molekyle, som derefter kan oversættes til en rækkefølge af aminosyrer, idet tri-nukleotid-koden benyttes. Kendes deoxyribonukleotid-sekvensen af et DNA-molekyle, kan man således forudsige rækkefølgen af aminosyrer i et protein, der kodes af DNA-området.

bestemmelse af nukleotid-sekvensen af det klonede DNA giver igen mulighed for at forudsige aminosyre-opbygningen af proteinet. Dette kloningsarbejde gav ingen principielle overraskelser; proteinernes struktur afspejlede som forventet mRNA-molekylernes opbygning. Ved kloning og sekvens-bestemmelsen af selve generne, som er indeholdt i cellekernernes DNA, viste der sig derimod hurtigt overraskelser. I de højtudviklede celler ligger den genetiske information for dannelsen af et proteinmolekyle ikke samlet som hos bakterierne, men den er opsplittet i småstykker, som kan være spredt over et meget stort stykke DNA (figur 8). Disse gener er opbygget af områder, der blev kendt *exons*,

Ovalbumin-gen



Figur 8. Introns og exons i genet for ovalbumin. Ovalbumin produceres af cellerne i æggestokken hos fugle som et protein med 386 aminosyrer, der udgør en stor procentdel af æggehviten. Genet for dette protein dækker et område på 7.700 basepar og er opbygget af 7 introns (A-G) og 7 exons (1-7). Gen-området bliver kopieret i sin helhed til et RNA-molekyle, som derefter tilføjes en række adenin-ribonukleotider i den ene ende, RNA-molekylet undergår en række splejsnings-reaktioner, hvorved de 7 exons bliver sammenkoblede til et mRNA-molekyle på 1.872 nukleotider. Ved syntesen af ovalbumin er det dog kun 1158 nukleotider, der bliver oversat til en aminosyre-sekvens. De første 64 og de sidste 650 nukleotider af mRNA-molekylet oversættes ikke.

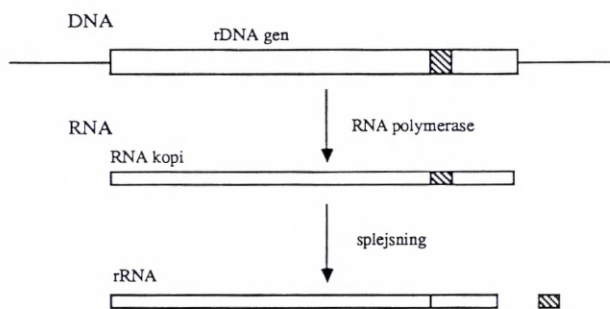
som indeholder informationen for dannelsen af en del af et protein, og af områder kaldet *introns*, der er informations-tomme områder. En intron kan have en meget variabel størrelse, der strækker sig fra omkring 50 til omkring 50.000 nukleotidpar. Da

generne samtidig er opbygget af et stort antal introns og exons, kan strukturen af et protein være bestemt af et gen-område med en størrelse på op til flere hundrede tusind nukleotidpar. I cellekernen bliver hele gen-området kopieret til et stort RNA-molekyle, der således er en kopi af både exons og introns. Dette RNA undergår derefter en række enzymatiske reaktioner, hvorved alle introns bliver fraspaltet og de talrige exons sammenkoblet til det messenger-RNA-molekyle, som eksporteres fra cellekernen og oversættes til et protein. De enzymatiske spaltningssreaktioner, som er blevet kaldt *splejsning*, involverer fem forskellige små RNA-proteinpartikler, der findes i cellekernen. Her tager de vare på, at exon-sammenkoblingen finder sted mellem de korrekte nukleotider.

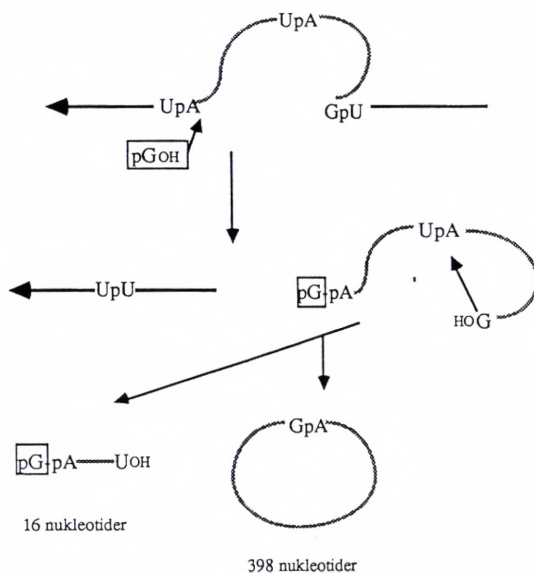
Så godt som alle RNA-molekyler i de mere avancerede celler bliver syntetiseret som primær-produkter, der er større end de endelige funktionelle RNA-molekyler. Det gælder også de to andre typer af RNA-molekyler, ribosomal-RNA og transfer-RNA.

Ribozymer

Den encellede *ciliat Tetrahymena thermophila* er en af de mere avancerede organismer, der har været objekt for mange undersøgelser. Bestemmelsen af nukleotid-sekvensen af klonede DNA-fragmenter fra disse celler har vist, at genet for ribosomal-RNA indeholdt en intron på 413 nukleotider, som også blev genfundet i det omkring 7000 nukleotider store RNA-molekyle, der blev kopieret fra dette gen. Det var helt uventet, da det i 1981 blev observeret, at denne intron blev fjernet fra RNA-molekylet, uden at det var nødvendigt at tilsætte enzym. RNA-molekylet fungerede selv som et enzym og kunne selv-splejse, idet der samtidig indgik et guanin-ribonukleotid i reaktionen (figur 9). Det blev senere vist, at denne såkaldte ribozym-aktivitet var knyttet til nukleotiderne i intron-RNA, og at dette RNA kan udføre en række forskellige enzymatiske reaktioner, der medfører omdannelse af andre RNA-molekyler. En af de mest interessante af disse reaktio-



Selv-splejsnings reaktion



Figur 9. Selvsplejsning af RNA-kopiet af rRNA-genet i *Tetrahymena thermophila*. En RNA-polymerase kopierer genet og danner et stort RNA-molekyle, der indeholder en intron på 413 nukleotider tæt ved den ene ende. Denne intron kan selv-splejse, og der opstår et pre-rRNA-molekyle, som derefter opdeles i de tre rRNA-molekyler, der indgår i ribosomerne. Det drejer sig om de to store (17S og 26S) og et lille rRNA-molekyle (5,8S).

Den nederste del af figuren viser selv-splejsnings-reaktionen, hvorved intron bliver opdelt i et lineært polynukleotid med 16 nukleotider og et cirkulært med 398 nukleotider. Et guaninribonukleotid (pGoh) indgår ligeledes i splejsningsreaktionen.

ner er ribozymets evne til at katalysere en forlængelse af et allerede eksisterende polynukleotid. Ribozymet kan således fungere som en RNA-polymerase, idet det dog kun drejer sig om dannelsen af små RNA-molekyler med en længde på omkring 15 nukleotider.

Ved gensplejsning har man kunnet ændre intron-RNA i rRNA-genet fra *Tetrahymena*, og det er lykkedes at få fremstillet et lille ribozym på 19 nukleotider, der kan kopiere et allerede eksisterende RNA-molekyle ved sammenkobling af korte polynukleotider.

Der skal ikke megen fantasi til at forestille sig, at der også kan have eksisteret, og måske stadig eksisterer, et ribozym, der kan ny-syntetisere et RNA-molekyle. En sådan RNA-replikase vil både fungere som arvemateriale og som det enzym, der kan opformere arvematerialet, og det vil således forene »hønen og ægget« i et og samme molekyle.

De seneste års undersøgelser har vist, at RNA-molekyler ikke er de relativt passive molekyler, som man tidligere har antaget. I alle celler findes der et enzym, RNaseP, hvis funktion det er at omdanne forstadier af transfer-RNA til funktionelle molekyler. Dette enzym indeholder et RNA-molekyle, som er helt nødvendigt for enzymets funktion.

I december 1989 blev Nobelprisen i kemi givet til Thomas Cech, University of Colorado, og Sidney Altman, Yale University, for opdagelsen af ribozymer.

Det har ligeledes vist sig, at RNA-molekylet spiller en nødvendig rolle for funktionen af de små RNA-protein-partikler, som er involveret i fjernelsen af intron fra forstadierne til messenger-RNA.

Tidligere formodede man, at de to store RNA-molekyler, der findes i ribosomerne, var passive deltagere i proteinsyntesen, mens det var de ribosomale proteiner, der var aktivt involverede. De seneste års forskning har sået tvivl om dette og har vist, at rRNA spiller en meget aktiv rolle i proteinsyntesen.

I RNA-kæderne kan vi således genfinde mange af de egenskaber, selvkopiering og enzymatisk aktivitet, der må have været knyttet til de molekyler, der medvirkede ved livets opståen.

Et billede af livets begyndelse

Vi kan nu lade fantasien løbe og forestille os den nøgne verden for fire milliarder år siden. Russeren Oparin foreslog for omkring 70 år siden, at urtidens atmosfære af brint, ammoniak og metan blev påvirket af den kraftige ultraviolette stråling fra solen, af voldsomme lyn og af varme til at danne mange af de kulstofforbindelser, vi finder i de levende organismer. Nyere undersøgelser har vist, at disse organiske stoffer syntetiseres, hvis man lader elektriske udladninger foregå i den formodede urtidsblanding af luftarter. I løbet af millioner af år kan havene og søerne være blevet omdannet til en kraftig suppe af organisk-kemiske molekyler. Andre forskere regner dog med, at koncentrationerne næppe har været så høje, og at de organiske stoffer i stor udstrækning ville ende med at blive omdannet til tjære. Der kan næppe være tvivl om, at Jorden i urtiden var opfyldt af mineraler, sandsynligvis med en stor variation i den kemiske sammensætning. Vi ved fra nutiden, at mange mineraler har en evne til at binde forskellige organiske stoffer. Det er derfor ikke usandsynligt, at der fandtes et mineral, som i særlig grad kunne binde de ribonukleotider, der måtte findes i urtids-havet. I løbet af æoner af tid kunne en op-hobning af ribonukleotider føre til en spontan dannelse af korte RNA-kæder.

Hvis blot et eneste af disse molekyler havde ribozym-aktivitet, kunne baseparrings-mekanismen befordre dannelsen af såvel selvkopier som kopier af andre RNA-molekyler. Dette kunne føre til dannelsen af en selvformerende *RNA-verden*.

Der er dog stadig et stort uløst problem. Endnu har ingen eksperimenter fortalt os, hvordan ribonukleotiderne blev dannet i urtids-søen. En nyt »høne eller æg«-problem har afløst det gamle. Men det forhindrer os ikke i at spekulere over de senere trin i dannelsen af de første celler.

I alle nutidens levende celler findes transfer-RNA-molekyler, som er i stand til at forbinde sig med aminosyrer. Måske fandtes der i RNA-verdenen tilsvarende molekyler, som kunne forbinde sig med en aminosyre og samtidig aflæse koden i et oprindeligt messenger-RNA ved en baseparring. Ved bindingen af flere af

disse oprindelige tRNA-molekyler til et og samme mRNA-molekyle ville de påkoblede aminosyrer have store muligheder for at blive rumligt placeret så tæt på hinanden, at der var en øget sandsynlighed for, at der kunne skabes en kemisk forbindelse mellem aminosyrerne. Herved kunne de første små proteiner være blevet dannet. På et eller andet trin i udviklingen må de første RNA-protein-komplekser være opstået. Kemisk set er RNA-molekyler ikke særlig stabile, og det er sandsynligt, at protein-komplekser ville have en øget stabilitet og derfor være mere funktionelle. Urtidens spor i nutidens celler taler for, at RNA-verdenen blev omdannet til en verden af ribonukleo-proteiner, en *RNP-verden*.

Det er tankevækkende, at alle de fire deoxyribonukleotider, der i nutidens celler er byggestenen for syntesen af DNA, bliver produceret ved en enzymatisk omdannelse af de tilsvarende ribonukleotider. Det er i alle tilfælde sukker-molekylet, der bliver modificeret fra ribose til deoxyribose, foruden at uracil bliver omdannet til thymin (figur 1). Vi må således regne med, at udvælgelsen af de nødvendige enzymer var en forudsætning for, at omdannelsen af RNP-verdenen til en *DNA-verden* kunne påbegyndes som det næste trin i livets udvikling.

I første omgang var der vel mulighed for, at ribozymerne kunne klare både denne proces og polymeriseringen af deoxyribonukleotider til DNA. Nogle forskere har endda fornylig foreslået, at en RNA-DNA-verden helt uden proteiner var et led i livets udvikling.

På et eller andet tidspunkt under den milliard år lange udviklingsproces må de selvformerende enheder være blevet indekapslet i en sæk af lipider. Vi kan med tilnærmelse genskabe dette i laboratoriet og skabe relativt stabile vandige suspensioner af bitestmå kugler, hvor et uhyre tyndt lag af specielle fedtstoffer, de såkaldte fosfo-lipider, omslutter en mikroskopisk vanddråbe. Da den levende verden blev omsluttet af en lipid-membran, bevarede det indre miljø, og de biologiske processer blev fremmet.

Når vi i dag analyserer de levende celler, finder vi, at det indre miljø er uhyre rigt på kalium- og magnesium-ioner og fattigt på natrium-ioner. Det er nøjagtig den modsatte situation, vi i dag finder for cellernes ydre miljø, hvor der er talrige natrium-io-

ner, men kun få kalium- og magnesium-ioner. Dette gælder både for cellernes nære ydre miljø, som vi finder det i blodet hos dyr, og i det fjernere ydre miljø i nutidens have og søer. Det kan være fristende at postulere, at det indre cellemiljø reflekterer de omgivelser, der eksisterede, da det første liv blev omsluttet af en lipidmembran. Måske kunne en sådan hypotese give os et spor at følge for at finde de omgivelser, der var vidne til livets opståen.

Vi kan således udtænke det hændelsesforløb, der gav os den første meget primitive celle, som havde den arvelige information opbevaret i et dobbeltstrenget DNA-molekyle, og som havde simple ribosomer, der kunne oversætte messenger-RNA til proteiner ved hjælp af transfer-RNA-molekyler. I løbet af de næste par milliarder år gjorde udviklingen de enkelte reaktioner stadig mere perfekte, hvad der kan have ført til, at der opstod de simple celler, der nu viser sig for os i 3,5 milliarder år gamle forsteninger.

Alt dette er hypoteser, men det er hypoteser med et vist skær af sandsynlighed. Det er givet, at de næste årtiers undersøgelser af de cellulære processer i et stadig større spektrum af organismer og celler vil give os mulighed for at opstille et billede, som er endnu mere sandsynligt. Måske vil vi endda kunne rekonstruere enkelte af disse processer i laboratoriet. Det er dog utopisk at tro, at milliarder af års udvikling vil kunne sammentrænges til blot en menneskealders laboratorieforsøg. Om endnu et halvt århundrede vil der stadig være rum for gætteværk.

Cellernes udvikling

De celler, der nu eksisterer på Jorden, inddeler videnskaben i to store grupper: prokaryote og eukaryote.

De prokaryote celler finder vi i form af bakterier og blå-grønalger, hvis indre udgør et kontinuum med DNA, mRNA, ribosomer, tRNA og proteiner i tæt indbyrdes kontakt. De allerførste

celler må nok have haft en vis lighed med disse simple prokaryote celler.

De eukaryote celler, som vi finder hos gær, svampe, planter og dyr, er mere kompliceret opbyggede, med en klar rumlig opdeling. Cellekernen, der er omgivet af en lipidmembran, indeholder cellens store, lineære DNA-molekyler, mens f.eks. maskineriet for proteinsyntesen ligger uden for kernen. Denne ruminddeling har haft som konsekvens, at der opstod mekanismer, som kan sikre fordelingen af proteiner således, at nogle kan virke ved syntesen og bearbejdelsen af DNA og RNA i kernen, mens andre sikrer proteinsyntesen og den omfattende syntese af aminosyrer og nukleotider i cellens cytoplasma. I alle eukaryote celler findes mitokondrier, der er organeller ansvarlige for cellernes iltoptagelse og energiforsyning. I planternes blade findes derudover grønkorn (kloroplaster), som varetager omdannelsen af kuldioxyd til sukker gennem fotosyntesen. Begge disse organeller er efterkommere af prokaryote celler, der i udviklingens løb er blevet optaget som ydende og nydende bestanddele af de eukaryote cellers cytoplasma. I nutidens eukaryote celler har disse intracellulære efterkommere af prokaryote celler bevaret det cirkulære DNA, der bl.a. koder for de rRNA-molekyler, der indgår i organellernes ribosomer. Organellernes DNA koder ligeledes for enkelte mRNA-molekyler, der instruerer disse ribosomer til at syntetisere nogle af de proteiner, der indgår i mitokondriernes eller kloroplasternes opbygning. De proteiner og RNA-molekyler, som derudover er nødvendige for organellernes funktion, kodes af cellens gener og syntetiseres af cellens normale maskineri.

I menneskets celler findes der flere tusind mitokondrier, som hver indeholder et cirkulært DNA-molekyle med 16.596 basepar. Dette DNA koder for 2 rRNA-molekyler, 22 tRNA-molekyler foruden 13 proteiner, der indgår i mitokondriernes energisætning. Disse 37 molekyler udgør dog kun et lille udsnit af de flere hundrede molekyler, der er nødvendige for mitokondriernes funktion. Helt analoge forhold gælder for kloroplasterne, hvor sameksistensen med plantecellerne blev etableret med en af de fotosyntetiserende prokaryote celler, der i urtiden frigjorde den ilt, som nu udgør en så vigtig del af Jordens atmosfære.

Mange af de gener, som vi finder i de eukaryote celler, indeholder exons og introns. At nogle introns har ribozym-aktivitet taler for, at den splittede opbygning af generne er et relict, måske endda fra den tid, da det var en RNA-verden, der beherskede Jorden. Samtidig kan genernes intron-opbygning give os en sandsynlig forklaring på fremkomsten af de talrige forskellige proteiner, der sikrer cellernes funktion. Det er lidet sandsynligt, at det enorme antal proteiner, der eksisterer i Jordens organismer, er opstået hver for sig og helt uafhængigt af hinanden. Da vores klode trods alt kun har eksisteret i omkring 5×10^{17} sekunder, er det en tidsmæssig umulighed, at mangfoldigheden af proteiner kan nedstamme fra et eller få ur-proteiner, og at de er opstået ved gentagne mutationer af ur-generne, hvor der kun blev ændret ved et enkelt nukleotid ad gangen. Naturligvis forekommer der punktmutationer, men sammenligner vi strukturen af det samme protein fra forskellige organismer, ser vi, at punktmutationer kun meget sjældent bliver etableret i arvemassen. Vi ved i dag, at proteinernes rumlige struktur indeholder karakteristiske områder, kaldet domæner, og at proteinernes funktion, eller en del af en funktion, kan henføres til disse domæner. Yderligere er det blevet observeret, at det samme domæne kan findes i proteiner, der udfører forskellige, men parallelle funktioner. Det blev ligeledes konstateret, at opbygningen af et domænes aminosyre-rækkefølge bestemmes af nukleotiderne i en exon. Derfor fremsatte Walter Gilbert for en halv snes år siden en model for udviklingen af arvemassen, der blev kaldt kassette-teorien. Denne model foreslår, at der oprindeligt fandtes et begrænset antal arvelige enheder, der hver kodede for et domæne af et protein, og at generne for en lang række proteiner med forskellig funktion blev skabt ved, at disse små oprindelige gener blev kombineret på forskellig måde. Disse exons blev afbrudt af ikke-kodende nukleotid-områder, der, i genernes oprindelige udgaver, nok kan tænkes at have haft splejsnings-aktivitet.

Evolutionen

Forsteningernes vidnesbyrd fortæller os, at celler, der i opbygning lignede de nuværende eukaryote celler, eksisterede for omkring 1,4 milliarder år siden. Det tog så atter omkring en milliard år, før de eukaryote celler fik lært at samarbejde og at opnå den differentiering af cellernes funktion, der er karakteristisk for de mangecellede organismer. For omkring 500 millioner år siden var scenen skabt for udviklingen af planter og dyr. Vi ved kun meget lidt om, hvad der betingede denne udvikling. Når man sammenligner opbygningen af et bestemt protein og dets genstruktur i en række højt udviklede organismer, støder vi atter på træk af livets udvikling. Det ser ud til, at nogle proteiner, der produceres i visse højt specialiserede celler, kan være opstået inden for de seneste 100-200 millioner år gennem en skiften rundt mellem exons. Dette kan fortolkes som en meget effektiv måde at skabe nye muligheder for proteinernes rumlige opbygning, som til syvende og sidst bestemmer proteinets funktion.

Celler fra dyr og planter er karakteriseret ved, at cellekernerne indeholder meget DNA, langt mere end der efter vores nuværende viden synes at være arvemæssigt behov for.

Menneskets arvemasse er gemt i 3 milliarder basepar. Vi har set, at gen-området for ovalbumin dækker 7.700 base-par, hvoraf kun ca. 15% bestemmer opbygningen af proteiner (figur 8). Hvis vi er lidt generøse og antager, at 10.000 base-par er en gennemsnitsstørrelse for et gen-område, kan vi beregne, at menneskets kromosomer har mulighed for at bestemme strukturen af omkring 300.000 forskellige proteiner. Dette er et alt for stort tal. Med den viden, vi besidder om menneskets proteiner, må det være måske 10 gange for stort. Alt i alt kan vi således forudsige, at det kun er omkring 1-2% af menneskets arvemasse, der bliver udnyttet ved dannelsen af proteiner. Vi ved ikke ret meget om de 98%, men det er nok ikke særlig sandsynligt, at disse nukleotider er helt uden betydning. I løbet af de sidste par år har der rundt omkring i verden været taget initiativ til at få bestemt den totale nukleotid-sekvens af det menneskelige genom, foruden af arve-massen fra enkelte andre organismer. Det er ved at sammenligne

nukleotid-rækkefølgen i analoge områder af gener fra forskellige organismer, at vi engang i fremtiden om ti, tyve, måske om halvtreds år kan få tilstrækkelig information til, at de højere organismers udviklingshistorie får videnskabelig realisme.

Diskussion

OVE NATHAN: Du udviklede en spændende model for livets opståen, men du underspillede dit tema lige så meget, som en af de tidligere talere overspillede sit. Jeg lagde mærke til, at du ofte brugte udtrykket »tilfældigvis at«, og til andre tider »det var nødvendigt at«. Opfatter du hele denne lange føljeton som en udvikling, der kom til, ved *en tilfældighed*, at skabe liv og derefter fodsporene i Afrikas sand? Eller var der, efter din mening, *en nødvendighed*? Hvis du så at sige havde haft mulighed for at spille filmen igen, ville den så have udviklet sig til det samme liv?

NIELS OLE KJELDGAARD: Både og. Jeg tror ikke, at Jorden er det eneste sted, denne film udspiller sig. Hvis filmen udspiller sig andre steder, så tror jeg, at den udspiller sig næsten på sammen måde, men måske ikke nøjagtig ligedan. Blandt andet ved vi, at de 28 molekyler, der opbygger DNA, RNA og protein, har rumlige opbygninger, der giver sig udslag i visse optiske drejninger af lys. De er udvalgt på en ganske bestemt måde, som et sæt af molekyler, lad os kalde dem venstre-håndede. Jeg tror, de præcis lige så godt kunne være udvalgt som højre-håndede, som et sæt med modsatte optiske drejninger, men de kunne sikkert ikke have været en blanding af højre- og venstre-håndede. At de har et sæt ganske bestemte rumlige konfigurationer, det er en nødvendighed, men at det er denne konfiguration, der blev udvalgt, det er en tilfældighed. Det kunne sikkert lige så vel have været den modsatte konfiguration.

Når jeg bruger ordene tilfældighed og nødvendighed, så mener jeg, at de allerførste trin af livets opståen er en tilfældighed. At

der blev dannet nogle RNA-molekyler, var en tilfældighed, men fra det øjeblik, de første funktionelle RNA-molekyler var dannet, var tilfældigheden ophørt, og den videre udvikling blev i store træk en nødvendighed. Selvfølgelig kan man forestille sig, at der var opstået systemer, der fungerede dårligt; men fra det øjeblik, vi har det første godt fungerende system, er resten en nødvendighed.

Nu hævder jeg jo, at vi først får dannet RNA-molekyler; men her har vi atter et stort problem for vores billede af livets opståen. I de forsøg, der er lavet for at imitere hændelserne i den tidlige atmosfære, – elektriske udladninger i en blanding af metan, ammoniak og vanddamp, – har man aldrig set dannelse af ribonukleotider. Vi har konstateret dannelsen af alle purin- og pyrimidinbaser, adenin, guanin, cytosin og uracil, som indgår i nukleotiderne, og vi har set mange aminosyrer. Der dannes mange forskellige suktermolekyler, men det er aldrig blevet eftervist, at der dannes ribose, som indgår i ribonukleotiderne. Det er derfor muligt, at der, før vi kom til en RNA-verden, har eksisteret en præ-RNA-verden opbygget af andre nukleotider end ribonukleotider. Disse forløbere til RNA har måske indeholdt et andet suktermolekyle, og måske kunne de også katalysere de kemiske processer, som førte til dannelsen af ribose. Hvis disse præ-RNA-molekyler ikke har været tilstrækkelig stabile, så er udviklingen gået i stå, indtil en RNA-verden tog over, og udviklingen gik denne vej. Det er, hvad man kan kalde molekylær arkæologi.

ELSE HOFFMANN: Jeg er en lille smule ked af, at du stoppede ved de selvkopierende molekyler, der blev omgivet af en lipidmembran, fordi jeg er lidt bange for, at vore meget billeddannende humanistiske venner herefter vil forstå livet som selvkopierende molekyler, isoleret totalt fra omverdenen i deres eget lille urhav. Da du jo faktisk på dit sidste billede havde alle de »gulerodslignende« molekyler siddende i lipidlaget, så vil jeg gerne bemærke, at cellen meget tidligt må have udviklet sådanne proteiner, der gik igennem lipidlaget, så cellen blev i stand til at kommunikere med sine omgivelser.

»It takes a membrane to make sense out of disorder in bio-

logy«, som Lewis Thomas siger det i sin bog »Lives of a Cell«. Det må, så snart kalium ikke længere var den dominerende ion i cellens omgivelser, have været nødvendigt at udvikle iontransportmekanismer, som netop har bestået af proteiner, der har været i stand til at gå igennem lipidlaget og kommunikere med omgivelserne. Hvis ikke ionindholdet kunne reguleres, så ville den lille lipidsæk rundt om cellen simpelthen sprænges på grund af stadig indtrængning af salt og vand. Og derefter har transportproteinerne så yderligere udviklet sig, idet de har dannet grundlag for, at vi har udviklet både specifikke ionpumper og særdeles specialiserede ionkanaler, som for nerveledningens og muskelkontraktionens vedkommende er baggrund for sansefønelserne og for levende organismers bevægelighed.

Andre proteiner udvikledes i membranerne i planternes grønkorn. Disse kunne modtage lyset fra solen og omsætte det til kemisk energi, baggrunden for, at vi overhovedet har liv på jorden i den form, vi kender det. Membranproteiner er gennem udviklingen blevet mere og mere raffinerede: Nogle blev udviklet som membranreceptorer, der modtager besked fra omverdenen og sørger for, at cellen gør bestemte ting, når receptorproteinet blev ramt af det bestemte molekyle. Vi har fået antigener, hvoraf nogle er i stand til at kende andre celler og sørger for, at cellerne holder hinanden i ave og kan danne flercellede organismer. Derfor kunne jeg tænke mig at få dig til at kommentere det, der hedder regulering, herunder regulering af proteinsyntesen. Det er jo ikke blot DNA, RNA og proteiner, som går deres gang. Der er i selve livsmekanismen, som vi kender den i dag, en utrolig udvælgelse af, hvilke gener der udtrykkes, hvilke proteiner der syntetiseres, og hvornår de syntetiseres. Tror du ikke, at sådanne reguleringsmekanismer for proteinsyntesen har måttet udvikles, så snart DNA-molekylerne, RNA-molekylerne og proteinerne blev indesluttet i lipidsækken adskilt fra deres omgivelser?

KJELDGAARD: Når man spærrer noget ude, må man naturligvis også have en mulighed for at kommunikere gennem den mur, man bygger op.

Med vilje stoppede jeg op efter at have opstillet et groft billede af livet. Skulle jeg have omtalt den videre evolution, ville det have taget i det mindste endnu en time. Men det er naturligvis fuldstændig nødvendigt at have mekanismer, der kan transportere molekyler af forskellig art gennem lipid-membranen. De proteiner, der varetager disse funktioner, må sikkert være opstået på et tidligt trin i udviklingen; måske kan de endda have eksisteret, før membranerne omsluttede de første celler.

Jeg berørte ikke reguleringsmekanismerne, da jeg ikke tror, de er blandt de første trin i en primitiv udvikling. Reguleringsmekanismerne er et raffinement, der udvikledes, idet de gjorde de levende systemer mere perfekte. Reguleringen af brugen af den arvelige information involverer proteinmolekyler. Jeg formoder ikke, at udviklingen af disse proteiner har været et tidligt trin på livets stige, de er snarere et led af en uendelig lang række af biologiske begivenheder. Vi kan endnu ikke opstille komplette modeller for livets udvikling, men vi har nogle nye ord, der gør det muligt for os at begynde at tale om en udvikling.

FINN SURLYK: Som geolog bliver jeg selvfølgelig stærkt fascineret af disse uendelige tidsrum, og jeg må sige, at Ove Nathan tog lidt af duften ud af mit spørgsmål, for jeg ville selvfølgelig også straks have spurgt, om det var et resultat af en uendelig lang kæde af næsten tilfældige hændelser, eller om der skete en ændring i jordens overflades fysiske og kemiske forhold. Vi ved jo, at i de ældste lag er der faktisk tegn på ret dramatiske ændringer i atmosfærekemi, havkemi osv. Er det muligt at søge oplyst, om det var en egentlig jordisk trigger-mekanisme, som satte de afgørende hændelser i gang, eller om det er denne meget lange kæde af stokastiske processer?

KJELDGAARD: Det har jeg ikke noget ræsonnabelt bud på, men jeg kan kun gætte, at det er en lang kæde af stokastiske processer.

EBBA LUND: Jeg har et spørgsmål, som du, vistnok med vilje, ikke gik ind på. Du omtalte virus som noget underligt, og så gik du videre med gennemgang af en række meget tidlige cellefunk-

tioner, som du kom ind på i dit smukke og interessante indlæg. De mange virus, som kun indeholder RNA og ikke DNA, endda kun en enkelt kæde af RNA, – det er f.eks. influenza-, mæslinge-, polio-, forkølelsesvirus og mange andre, – de har den egenskab, at de kan tvinge cellen til noget særligt. Ud fra den genetikinformation, evt. det enzym, de har med sig i viruspartiklerne, kan virus tvinge cellen til at gøre noget, den normalt ikke kan, nemlig at lave RNA ud fra RNA. Vi tror på dit centrale dogme, men disse virus tror ikke på, at vi altid går fra DNA til RNA til protein. Vi har retrovirus, som går fra RNA til DNA til RNA til protein, og så har vi altså de andre RNA-virus, som går fra RNA til protein og samtidig kan replicere RNA. Disse funktioner, som er cellen fremmed, ligner i høj grad, hvad du fremførte som mulighed for liv på et eller andet meget tidligt stadium. I den forbindelse får jeg jo som virolog straks den idé, at det, det drejer sig om, er, at RNA-virus kom først i verden – inden cellerne. Hvad siger du til det?

KJELDGAARD: Den idé vil jeg meget gerne købe. Men disse RNA-virus skulle kunne replicere sig selv, før der var celler til stede, som de kunne vokse i. Jeg er helt overbevist om, at RNA-virus er relikter fra urgammel tid, men modificeret i tidens løb.

JES FORCHHAMMER: Som svar til Ove Nathan sagde du, at der var både højre- og venstredrejende muligheder i biologiske materialer, men det var stort set kun de venstredrejende, der havde været succesfulde. Trods alt findes jo højredrejende aminosyrer i visse bakterier. Anser du disse bakterier for at være relikter i udviklingen andre steder, og hvor meget er der forsket i dette?

KJELDGAARD: Jeg tror ikke, d-aminosyrer er relikter. De indgår ikke i den normale proteinsyntese, som udelukkende bruger l-aminosyrer. De ganske få d-aminosyrer, der findes, indgår i polypeptider med helt specielle funktioner. Jeg tror derfor snarere, at d-aminosyrerne er opstået ved modifikationer af den normale syntesevej for aminosyrer, og har vist sig nyttige for visse bakterier.

LEIF GRANE

Videnskaben og det menneskelige

Enhed og adskillelse

Orientering ud fra naturvidenskaben?

Forsøger man at overskue, hvad der er blevet sagt i de fem foredrag, vi har hørt, idet man i første omgang ser dem ud fra den sondring mellem naturvidenskab og humaniora, som jo karakteristisk nok også er grundlæggende for dette selskabs opdeling, er det påfaldende, i hvilken grad tyngdepunktet er kommet til at ligge i naturvidenskaben. Ikke blot handler de tre af foredragene herom, men også de to humanistiske foredrag er orienteret ud fra naturvidenskaberne. Det ene, Ebbe Spang-Hanssens, gør rede for, hvad humanistisk videnskab er, men med bestandig tanke på, hvor forskellene befinder sig. Som Spang-Hanssen gør opmærksom på, er det symptomatisk, at en tilsvarende redegørelse for naturvidenskab, set i lyset af humanistisk videnskab, ikke falder nogen ind.

Det andet humanistiske foredrag, David Favrhholdts, gør dels rede for den nyere naturvidenskab, dels for dens grænser, som de tager sig ud for en filosof. Da talerne ikke selv har valgt deres emner, kan man ikke bebrejde dem den nævnte skævhed – hvis det er det rette ord for vægtningen. Meget tyder på, at en stiltiende forudsætning, som vi måske alle ligger under for, har været virksom. Det synes nemlig at være en ufravigelig, og aldrig anfægtet forudsætning, når der reflekteres over videnskab i almindelighed, men også når man drøfter forsknings- og universitetspolitik, at naturvidenskaben leverer de kriterier, der skal anvendes.

I betragtning af den sproglige adskillelse, hvori Olaf Pedersen ser udgangspunktet for naturvidenskabens særlige stilling, synes håbet om at se en sammenhæng mellem videnskaberne på denne baggrund at være såre spinkelt. Holger Bech Nielsen taler om det betænkelige ved at bruge dagligsproget til at skildre fysikkens udkast til et verdensbillede, og også hos Niels Ole Kjeldgaard må vel mange af de ord fra dagligsproget, som anvendes, siges at have metaforisk karakter. Den smertelige erkendelse af sprogets utilstrækkelighed, når det gælder om at udtrykke omfattende teorier, som i sig selv unddrager sig eksperiment og iagttagelse, kan minde en historiker om de problemer, middelalderens tænkere havde, når de ville tale om Gud. Også de var overordentligt bevidste om sprogets utilstrækkelighed: da vore begreber er dannet på basis af den for os tilgængelige erkendelse, var det klart, at de ikke umiddelbart var anvendelige uden for det område, der havde givet anledning til dem. Som en af disse tænkere sagde: Jeg kan ikke love jer at sige sandheden – højst at sige noget, der ligner den (*verisimile*)¹. Andre talte om deres udsagns symbolske eller analoge karakter.

Både i Kjeldgaards og i Bech Niensens foredrag mærkes en vilje til eller i det mindste et ønske om at tænke i store linier. At en teori »om det hele« må være målet, er ikke så mærkeligt, men historisk set må det nok konstateres, at det ikke var sådanne bestræbelser, der har givet humanistisk videnskab kompleks over for naturvidenskaben. Her må man langt snarere tænke på evnen til at opnå sikre resultater på et mindre omfattende plan. Idet man blev i stand til at opnå nøjagtige beskrivelser ved at isolere objekter fra deres omverden, syntes man at nå en grad af objektivitet, som måtte give humanister hovedpine. Den position, som naturvidenskaben opnåede i det 19. århundrede, og som den aldrig har mistet, forekom historikere og andre humanistiske videnskabsmænd misundelsesværdig. Et tegn på, at det var dette, og ikke spekulationer om »det hele«, der imponerede, har man måske i den omstændighed, at de store historiefilosofiske systemer siden det 19. århundredes midte som regel blev mødt med hovedrysten i faghistoriske kredse.

Men nu møder vi altså i naturvidenskabelige oplæg – særligt i

det fysiske – en klart spekulativ tendens, der ikke viger tilbage for at have helheden som genstand. En analog beskæftigelse med historien måtte sætte sig for at forstå den menneskelige overlevering, som den møder os i arkæologiske og litterære kilder, som en tilsvarende helhed. Sådanne forsøg har da også med mellemrum været gjort, men de har sjældent vundet bifald, og der er ting, der tyder på, at en sådan dristighed ikke lige straks vil blive god tone blandt historikere. Ikke desto mindre må det spørgsmål melde sig, om vi står over for en tid, hvor dette vil blive naturvidenskabens vej, eller i hvert fald en af dens veje, og om de humanistiske videnskaber i vanlig følgagtighed – eller måske i kraft af ny selverkendelse – vil slå ind på den samme vej?

Hvis David Favrholt har ret i, at menneskelige oplevelser er utilgængelige for naturvidenskaben, synes der at være sat en grænse, som i hvert fald vil forhindre *den* form for videnskaberens enhed, som mange positivister inden for de humanistiske fag engang drømte om. De håbede, at det en dag skulle vise sig muligt at skildre menneskets liv, handlinger og åndelige aktivitet med naturvidenskabelig præcision. Har Favrholt ret, så vil det sige, at naturvidenskaben – trods den enorme indflydelse, den ved sin erkendelse og via sin tekniske anvendelse udøver på menneskets verden – vedblivende vil være i et distant forhold til det menneskelige i dagligsprogets forstand. I så fald giver det stadig mening, hvad salmisten siger i Davids 90. salme: »Lær os at tælle vore dage, så vi kan få visdom i hjertet«. Så går det ikke an, hertil at svare: det problem har vi klaret; at beregne tiden er vor mindste kunst. At tælle er da noget ganske andet end at have styr på tidens beregning.

I så fald er teorier om humanistiske videnskaber, der går ud på at forstå dem så tæt på naturvidenskabelige metoder og synsvinkler som muligt, ikke blot i nogle konkrete tilfælde forkerte, men fundamentalt afsporede. Man kan f.eks. tænke på Hippolyte Taine, der mente, at studiet af litteraturen kunne og skulle forstås som en slags åndslivets botanik, hvis love var lige så indlysende som dem, der kunne opstilles vedrørende planternes liv, vækst og undergang².

Nu er det naturvidenskabens grænser, Favrholt vil beskrive,

idet han siger, at naturvidenskaberne ved den selvbe-grænsning, som overhovedet gjorde den moderne naturvidenskab mulig, afskar sig fra adgang til studiet af den menneskelige bevidsthed. Som kontrast henviser han til kunsten. Hertil kan man spørge, om ikke just den menneskelige bevidsthed og dens følger i menneskets verden er det, de humane videnskaber beskæftiger sig med? Det rejser på den anden side spørgsmålet om grænsen mellem de humane videnskaber og kunsten, som Spang-Hanssen er inde på.

Spang-Hanssens indlæg er naturligt nok præget af det spørgsmål, han har fået opgivet, men han leverer mange vigtige bidrag til et billede af, hvad man kunne kalde den humanistiske videnskabs fysiognomi. Der er ét led i denne skildring, som det måske kan være nyttigt at gå lidt nærmere ind på. Spang-Hanssen taler om oversættelse fra en tid til en anden, fra en kultur til en anden, og berører i den forbindelse en væsentlig følge af denne bestræbelse, nemlig den relativering af den enkelte tid eller kultur, som må blive resultatet. Uden at repetere, hvad Spang-Hanssen siger i denne forbindelse, er der grund til at understrege, at det virkelig er her, en afgørende forskel mellem naturvidenskab og humaniora viser sig. Men måske kan man, ud over at karakterisere denne forskel, også antyde dens nødvendighed.

Den fundamentale forskel

Lad os til at begynde med gøre en rent hypotetisk overvejelse. Hvis den forskel, der her viser sig, er nødvendig og ikke blot tilfældig og eventuelt udtryk for manglende perfektion i humanioras metoder, vil det betyde, at der er tale om en fundamental forskel, dvs. om en forskel, som det end ikke er ønskeligt at få fjernet. I så fald må man nærme sig spørgsmålet om sammenhængen mellem videnskaberne på en anden måde end ved bestræbelser på at finde et fælles udgangspunkt. Det bliver spørgsmålet kun sværere af, men det er der ikke noget at gøre ved. Et

svar kan selvfølgelig umuligt findes, hvis man overser nødvendige forskelle ved at ignorere deres uomgængelighed.

Det vil her være nødvendigt at antyde nogle træk fra den nyere filosofis historie³. Descartes ville i sin filosofi kun beskæftige sig med naturvidenskab og afviste historien som vej til sikker viden. Anderledes stillede det sig med hans engelske kritikere, John Locke og David Hume, hvis empirisme involverede en historisk orientering, som de ganske vist selv kun delvis drog konsekvenserne af. Locke's afvisning af medfødte ideer har til følge, at erkendelse er et produkt af erfaringen, hvilket vil sige, at den er et historisk produkt. Hume gjorde i sine tanker om en »Science of Human Nature« op med substansbegrebet og bestred således eksistensen af en menneskelig natur, som var til forud for og uafhængig af, hvad mennesket tænker og handler. Begrebet »sjælelig substans« blev erstattet af begrebet »sjælelig proces«, men denne proces var stadig forstået statisk, idet Hume gik ud fra, at den menneskelige natur i det sydlige England i sidste del af det 18. århundrede var den menneskelige natur slet og ret. Han gjorde sig ikke klart, at den menneskelige natur, han talte om, var et historisk produkt. Trods den orientering mod historien, som implicit lå i hans empirisme, forblev han inden for de rammer, som Descartes havde afstukket, dvs. han lagde naturvidenskaben til grund for sin »Science of Human Nature« uden at opdage, at den komplette parallelitet manglede. Derfor blev han, trods alle fremskridt, hængende i en statisk og metafysisk opfattelse af mennesket, som ingen naturvidenskab kunne befri ham for. En frigørelse herfra forudsætter en historisk forståelse af mennesket.

Hume begik den fejl at anse det for to sider af samme sag at erkende f.eks. kemiske stoffers sammensætning og anvendelighed og at erkende, hvad den menneskelige bevidsthed indeholder eller kan indeholde. Nu har mange tilsyneladende uanvendelige stoffer vist sig at kunne bruges som råmateriale for nyttige produkter – så snart deres kemiske sammensætning var blevet kendt. Erkendelsen ændrer ikke disse stoffers sammensætning det mindste. De eksperimenter, der førte til opdagelsen, kan når som helst gentages med tilstrækkelig sikkerhed for at opnå det samme re-

sultat. Stoffernes kemiske sammensætning er den samme, som den var, før man anstillede de iagttagelser og eksperimenter, som gjorde dem anvendelige. (Jeg ser bort fra det komplicerede erkendelsesteoretiske problem, om vor iagttagelse påvirker fænomenerne. Her er empiristernes egen forståelse tilstrækkelig: vor erkendelse er ganske vist aldrig af absolut sandhed, men sikker nok til at være brugbar).

Anderledes tager det sig ud, hvis man anvender de samme principper på vor erkendelse af bevidstheden – det, som Locke og Hume kaldte »den menneskelige natur«. Det var nemlig deres forudsætning, at også bevidstheden forbliver den samme, når vort kendskab til den øges. Altså: erkendelse af bevidstheden forholder sig til bevidstheden, som erkendelse af naturen forholder sig til naturen. Denne opfattelse danner baggrund for det 18. århundredes optimistiske fremskridtstro, som på en mærkelig måde synes – visse steder – at have overlevet til vore dage: hvis nemlig den menneskelige natur forbliver den samme, når vi opnår bedre kendskab til den, skulle hver ny opdagelse betyde eliminering af et problem, uden at et andet opstår i stedet for. Logisk måtte det betyde, at menneskeheden ikke kunne undgå at blive stadig lykkeligere. Det er, tror jeg, ikke naturvidenskaben, men det, som man kan kalde »den historiske bevidsthed«, der har gjort en ende på denne overbevisning.

Den historiske bevidstheds overlevering, som er noget ganske andet end indsamling af vidnesbyrd om fortiden og antikvarisk interesse for dokumenter og monumenter, er lang og kompliceret. Men i vor sammenhæng må det være nok at pege på opgøret med det 18. århundredes natur- og fornuftbegreb som det sted, hvor en historisk forståelse af mennesket, både som individ og som led i sociale helheder, slår afgørende igennem. Først med bestræbelsen på at forstå mennesker og deres handlen ud fra deres tids- og milieubestemte betingelser var det forbi med at opfatte historien som et arsenal af moralske og umoralske eksempler til belæring af nutiden. Det gjaldt om at forstå tider og kulturer ud fra deres egne forudsætninger. »Jede Epoche ist unmittelbar zu Gott«, som Leopold von Ranke sagde. Det vil just sige, at det fremmede skal studeres sådan, som Spang-Hanssen

har skildret det: ikke vore normer skal være retningsgivende, men det gælder om at forstå hver tid på dens egne betingelser. »Historisme« kalder man denne grundindstilling⁴. Trods al betænkelighed ved den relativisme, som synes at blive følgen, er historismen ikke så let at blive af med. Ikke blot har den i mange henseender hjulpet studiet af historien af med abstrakte moralske aksiomer, som mere hindrede end fremmede forståelsen af en given fortid, men den synes at være den eneste udvej, hvis man ikke vil gøre krav på at se historien med Guds øjne.

Historismen har som synsvinkel præget alle humanistiske discipliner siden det 19. århundrede, men det har ofte knebet med at acceptere en bestemt konsekvens af den, nemlig den omstændighed, at historiciteten omfatter os selv såvel som de tider, mennesker og kulturer, vi studerer. Den historiske bevidstheds gennembrud gav i første omgang anledning til nogle forsøg på en historiens filosofi, men på længere sigt prøvede man, under indtryk af naturvidenskabens fremgang og iøjnefaldende teknologiske konsekvenser, at bruge den stadigt mere finslebne historiske teknik som middel til at befri de humane studier for generende afhængighed af historiciteten.

Det, som for mig at se er konstituerende for al humanistisk videnskab og altså en nødvendig betingelse for, at den kan være til, opfattedes som den svaghed, det gjaldt om at eliminere. Misundeligt så man på den biolog, der kunne studere bladlus uden af den grund at skulle blive »luset«, mens man selv uheldigvis var nødt til at være menneske for at kunne studere menneskers sære færden. Vel findes der en række områder, hvor anvendelse af metoder, der kan minde om naturvidenskabelige, ikke blot kan, men bør finde sted. Men det ændrer intet ved det fundamentale forhold, at historikerens, litteraturforskerens og filologens menneskelighed, ved siden af en række tekniske færdigheder, er en afgørende betingelse for hans forståelse. Uden et reflekteret forhold til menneskelig erfaring i videste forstand kommer han ikke langt.

Vil man ikke affinde sig hermed, idet man anser dette vilkår for humanistisk videnskab for at være en svaghed, må man indlade sig på en reduktionisme, der har til formål at eliminere følgerne af

vor egen historicitet ved at abstrahere fra, at vi selv lever og tænker på traditionens betingelser. Vil man undgå den fundamentale forudsætning for humanistisk videnskab, har man formentlig kun to udveje: enten kan man holde sig til det, der kan gøres, uden at tiden gør sig gældende som definitiv bestemmelse, og derfor kun er en tilfældig omstændighed uden indflydelse på ens studier, eller også må man blive gud, dvs. belyse alt det, der er sket og vil ske, idet man selv står uden for tiden. Det første forekommer meget lidt morsomt, det andet ret selvhævdende – men begge dele fjerner på radikal måde den formentlige svaghed ved humanistisk videnskab, nemlig ved helt at ophæve denne.

Konklusionen på disse alt for korte bemærkninger må da blive, at humanistisk videnskab *per se* er undergivet vilkår, som synes ukendte i naturvidenskaben, og at humanistisk videnskab, hvis den overhovedet skal være til, kun kan være det under disse vilkår. Det giver selvfølgelig ingen mening at konstatere, at dens objekt, den menneskelige aktivitet i fortid og samtid, kun er tilgængelig i den transformation, som erkendelsen af den repræsenterer, for derefter at betragte dette grundvilkår som en mangel ved vedkommende erkendelse. Den franske historiker Henri-Irénée Marrou siger, at historien, hvis den er sand, altid er det i dobbelt forstand: som en sandhed om fortiden og som et vidnesbyrd om historikeren⁵. Man kan godt blive ubehageligt berørt af denne påstand uden iøvrigt at bestride humanistisk videnskabs grundvilkår.

Skellet mellem naturvidenskab og humaniora – i historisk belysning

Humanistisk videnskabs uomgængelige bundethed til det menneskelige, fordi der ikke er nogen anden vej til gennemførelse af dens forehavende, står i en klar modsætning til, hvad Olaf Pedersen har belært os om, for så vidt angår den matematisk bestemte naturvidenskab: »allerede i sin første begyndelse blev denne form

for naturvidenskab anbragt i en isoleret position i forhold til det menneskelige«. Holder man nu denne for vort spørgsmål meget tungtvejende konklusion sammen med den tredje af de traditioner, Olaf Pedersen har skildret for os, bliver det klart, at grøften var gravet, længe før den blev så synlig, som den har været de sidste to århundreder. Det er meget vigtigt at blive klar over, fordi det viser, hvor forgæves det ville være, hvis vi prøvede at komme til bunds i de problemer, som står til debat i dag, alene ved at tage vort udgangspunkt i den aktuelle situation.

Ordene »anbragt i en isoleret position i forhold til det menneskelige« er en konstatering, der synes godtgjort på betryggende måde. Men så snart man vil overveje den nærmere og betragte konsekvenserne, vil det gå knap så let at opnå enighed. Her hjælper næppe nogen form for naturvidenskab, skønt man må formode, at enhver naturvidenskabsmand, som er parat til at anerkende rigtigheden af disse ord, også vil indse, at de kun kan skydes til side i en pragmatisk resignation. Vil man derimod tage dem op, må man tage i hvert fald to ting i betragtning. For det første gør en sådan konklusion hele den mellemliggende intellektuelle historie i vor kultur væsentlig for enhver drøftelse af forholdet mellem videnskaberne. For det andet kommer man ingen vegne uden at forholde sig til sine førvidenskabelige forudsætninger. »Det menneskelige« er der ingen færdig opskrift på. Her nås ingen vished ved videnskabelige undersøgelser, men kun ved personlig erfaring og overvejelse.

Vi har hørt om, hvordan naturvidenskabens fødsel indebar en overgang fra mythos til logos, med det resultat, at i hvert fald en åndelig elite mistede forholdet til den græske folkereligion. »Sofisterne« hos Platon afspejler situationen, som han så den. Det sofistiske slogan: »Mennesket er alle tings mål (dvs. målestok)« udtrykker ikke en verdensanskuelse, men snarere det absolutte fravær af den mening med livet, som det tidligere havde været gudernes opgave at bringe til veje. Men, som just Platons Sokrates viser, var sofisternes skepsis ikke den eneste tænkelige vej. Man kunne vedblivende se mennesket som led i kosmos, som enkelttilfælde af det almene og dermed som indføjjet i en omfattende helhed, hvis love det var undergivet. Det går vel an at

sige, at således vedblev man i græsk og hellenistisk filosofi at anskue mennesket, trods alle forskelle mellem de enkelte skoler. Ved afmytologisering af den gamle religion kunne dette billede af menneskets indføjelse i kosmos bevares, også hvor den begyndende naturvidenskab gjorde sig gældende.

Et brud med denne betragtningsmåde indtrådte imidlertid, så vidt jeg kan se, med kristendommen. For de kristne havde ordet »kosmos« i det væsentlige en negativ klang. Det var betegnelsen for syndens og dødens verden, som mennesket netop skulle udfries af. Den kristne skabelsestro så ikke mennesket først og fremmest som natur, men som person. Som genstand for Guds frelsende indgriben var dets afgørende bestemmelse ikke indordningen i en på forhånd eksisterende helhed, men den fremtid, som var tiltænkt det af Gud. Nok var også den øvrige verden, planternes, dyrenes og mineralernes verden, Guds skaberværk, men grundforskellig fra mennesket og dermed tilgængelig for udforskning og anvendelse. Skønt det skulle vare længe, før et seriøst naturvidenskabeligt studium atter blev taget op efter antikens undergang, lå vejen altså åben.

Da den middelalderlige videnskab begyndte at blomstre i det 11.-12. århundrede, havde man da heller ikke de mindste skrupler med hensyn til naturvidenskaben, der betragtedes som en del af filosofien. Skellet lå ikke mellem grammatik og fysik, men mellem filosofi og teologi, mellem fornuft og åbenbaring. På denne sontring lagde man den allerstørste vægt, og den blev hele skolastikkens tid igennem skærpet mere og mere. For at sige det ligefremt: der var her intet at gøre for den moderne ugudelighed, da den dukkede op for alvor i løbet af det 18. århundrede. Skolastikerne havde allerede – og med stor præcision – håndhævet skellet mellem det, vi kan erkende, og det, vi kun kan vide i kraft af guddommelig oplysning. At kristendommen ikke kan indses ved naturlig erkendelse, var for enhver skolastiker en banalitet.

Det filosofiske studium, som efterhånden udbyggedes til at være en gennemgang af Aristoteles' værker, omfattede både de »sermocinale« og de »reale« videnskaber, eller, anderledes sagt, både de sproglige discipliner (grammatik, retorik og logik) og matematik og naturvidenskab. Selvfølgelig var man klar over

forskellen, men det væsentlige var, at alt dette hørte til den naturlige fornufts område. En sontring af den art, som vi er vant til, var derimod næppe aktuel. Den forudsætter dels renaissancehumanismen, dels den nyere naturvidenskab med Galilei, Descartes m.fl.

Humanisternes betoning af »studia humana« var heller ikke rettet mod naturvidenskaberne, men angav retningslinier for et studieprogram, der tilsigtede dannelse. Det gjaldt om gennem studiet at blive forment med livet for øje. Den modsætning, der skal tænkes med, når der tales om »studia humana«, er modsætningen til skolastisk dialektik og filosofisk-teologisk spekulation – beskæftigelser, der for humanisterne kun førte til golde, intellektualistiske færdigheder og kundskaber uden betydning for formningen af en etisk personlighed.

I forhold til den rådende skolastik kunne der altså meget vel være tale om en modsætning, men den drejede sig mere om studierne form og metode end om indholdet. For mange af de førende humanister, således også for Erasmus af Rotterdam, var målet netop anvisning af en bedre vej til kristendommens fornyelse og kirkens reform. Studiet af kilderne omfattede lige så meget Bibelen og kirkefædrene som den antikke litteratur.

Humanismen gjorde sig gældende inden for alle videnskaber, men gennemgribende betydning fik den kun i forhold til studiet af oldtidens klassiske og kristne litteratur. For så vidt humanister satte spor inden for naturvidenskab og medicin, gjorde de det ikke som humanister, men fordi de optog og videreførte de tilskyndelser, der lå i middelalderens arbejde med oldtidens videnskab. Om den grøft, som allerede var gravet ved naturvidenskabens fødsel i oldtiden, synes de ikke at have vidst noget. Det hænger vel bl.a. sammen med, at de samme personer frem til det 18. århundrede på skift studerede f.eks. fysik og teologi, men også at naturvidenskabsmænd som Galilei og Newton samtidig arbejdede intensivt med teologien.

Newton og physico-teologerne søgte endnu at holde verden sammen, idet de henførte den matematisk-mekaniske naturforklaring til Gud. Hans evighed og uforanderlighed kom for dem til syne i naturlovenes nødvendighed. Det var utvivlsomt fromt

tænkt, men længe kom det ikke til at vare, før man via deismen nåede til den rene naturalisme. De naturvidenskabelige opdagelser mistede tilsyneladende intet i brugbarhed, når man gav afkald på hypotesen Gud. Påvirket heraf afviste man tradition og autoritet til fordel for den naturlige fornuft, som man sagde, og troen på fremskridtet. Ikke mindst naturvidenskabernes resultater skabte en bevidsthed om at have del i et historisk forløb. På en anden måde end tidligere mente man at »opleve« historien, hvilket gav den en betydning som aldrig før. Evolutionismen, det 19. århundredes kongstanke, der ikke var mindre vigtig i politik end i biologi, fik sin storhedstid. Det er en moderne idé, der savner ethvert tilholdssted i vor kulturs ældre epoker.

Evolutionismen fik to afgørende følger, som vi næppe har overvundet i dag: altings historisering og de sejrriige naturvidenskabers rolle som norm for virkelig viden. I det 19. århundrede bliver videnskabens spaltning for alvor en kendsgerning, det vil sige: den bliver synlig på en sådan måde, at naturvidenskabens normfunktion anses for at være berettiget. I yderste konsekvens betyder det, hvis Olaf Pedersens formulering anvendes, at det for al videnskab antages at være ideelt at blive anbragt i en isoleret position i forhold til det menneskelige.

Den af naturvidenskaben udledte fremskridtstro og overbevisning om menneskets absolutte autonomi har haft betydelige følger: det viser sig ikke blot i de humane videnskabers forlegenhed ved at være afhængig af egen historicitet, men der kan gives gode grunde for den antagelse, at også menneskets fordrivelse fra kunsten – for at bruge Ortega y Gassets udtryk – hænger sammen med dette. Kunsten har mistet sin umiddelbare sammenhæng med det menneskelige fællesskab og naturen og må virke som dekoration, prestigeobjekt eller fritidssysse eller fungere som genstand for dyrkelse, som erstatningsreligion⁶. Det følger af dette forløb, at hvis de humane videnskaber helst vil være fri for at have en mening om, hvad det menneskelige er for noget, bliver det vanskeligt at overvinde den isolerede position i forhold til det menneskelige.

Hvad bliver nemlig resultatet, hvis man inden for de humane videnskaber bestræber sig på at fjerne det grundlæggende mo-

ment af tolkning, som er nødvendigt for at forstå andre mennesker, såvel i samtid og nærvær som i dokumenter og monumenter? Det vil føre i retning af menneskets endelige fordrivelse fra videnskaben. Men mennesket er nu engang ikke en såkaldt »faktor«, hverken individuelt eller kollektivt – lige så lidt som historien i alle dens aspekter nogensinde har bestået af andet end mennesker og de måder, hvorpå de har levet med og mod hinanden, og brugt den omverden, de er sat i. Ingen »faktorer« har nogensinde foretaget sig noget som helst⁷.

To kulturer?

Betyder den afgørende forskel mellem naturvidenskab og humaniora, at man har ret til, ja, måske ligefrem er nødt til at tale om to kulturer, som C.P. Snow har gjort? Det mener jeg ikke, man hverken kan eller har lov til. David Favrholt har med rette udtrykt sin beklagelse over, at mange filosoffer og humanister ved alt for lidt om naturvidenskab. Han har i denne forbindelse betonet, at naturvidenskabens resultater er opdagelser, dvs. ubundne af tid og subjekt. For at noget kan opdages, må det være der i forvejen – uafhængigt af den opdagende. Ved sin understregning af, at opdagelserne ikke er menneskeskabte, sammenligner han med fundet af et bronzesværd og opdagelsen af Amerika. Det er gode eksempler, fordi de henviser til, at også de humanistiske videnskaber beskæftiger sig med genstande, som de pågældende videnskabsmænd ikke selv har opfundet, men tværtimod forefundet, så at der er noget at opdage. Ganske vist, monumenter, redskaber, bøger, arkivmateriale m.v. er alt sammen menneskeskabt, men det foreligger som vidnesbyrd om fortidig virkelighed, som det ikke står i historikerens magt at ændre på eller eksperimentere med.

Ganske som man kan tale om den givne natur som naturvidenskabernes med- eller modspiller, kan man også tale om kulturprodukter som givne i den fortid, der begynder, så snart de foreligger. Det er altså ikke således, at mens naturvidenskaberne har

en genstand, som ikke er et produkt af menneskelige begreber og teorier, skulle dette ikke være tilfældet for de humanistiske videnskaber. Det er just tilfældet også for dem. Det er grunden til, at vi overhovedet kalder dem videnskaber: der er noget foreliggende, som kan opdages⁸. Det må betones, at jeg her udelukkende taler om det, der er disse videnskabers genstand – ikke om det, der bliver resultatet af den enkelte videnskabsmands arbejde.

Også på et andet område er der, så vidt jeg kan se, fuld overensstemmelse mellem naturvidenskab og humaniora. Også for humaniora gælder det, at sproget bliver meningsløst, hvis ikke logikkens regler overholdes. Just derfor er det muligt at forstå et videnskabeligt ræsonnement også inden for fag, som man kun har et sporadisk og overfladisk kendskab til. At der her – så vidt vi kan se – er tale om »historieløse« principper, er klart.

Det kan ikke benægtes, at der er noget overordentlig tiltrækkende og i mange tilfælde også noget æstetisk tilfredsstillende i tidløs forståelse af fænomener og deres indbyrdes sammenhæng. Det vil vanskeligt kunne modsiges, at der bør søges efter sådanne tidløse sandheder i det omfang, det overhovedet er muligt. Men, som også påpeget af Favrhøldt – dermed hører ligheden mellem naturvidenskab og humaniora op. Sammenligningen mellem den elektromagnetiske lysteori og Peterskirken er i den henseende udmærket. Det er rigtigt: tidløse sandheder om Peterskirken kan man ikke finde, med mindre man nøjsomt stiller sig tilfreds med f.eks. resultatet af en opmåling og lader det blive ved det. En udvortes beskrivelse af den art kan man imidlertid ikke kalde sand; den er at sammenligne med den blotte perception. Tilstræber man derimod en forståelse, kan kulturprodukter ikke løsrives fra deres sammenhæng. Historien træder her ind i dobbelt forstand: som det stykke fortid, der studeres, og som den nutid, hvori det sker.

I en bestemt betydning kan man vel sige, at forståelsen er langt mere kompleks, når det gælder Peterskirken, end når det gælder lysteorien. Genstanden foreligger i begge tilfælde, men mens den ene (lysteorien) kan forstås uden kendskab til den tid, hvori den blev til, og også uden inddragelse af ens egne muligheder for at tolke andre menneskers tanker og forestillinger i en svunden tid,

kan evne til logisk tænkning kun i meget begrænset omfang slå til over for den anden (Peterskirken).

Det er imidlertid vigtigt at betone, at det er genstanden, der stiller kravene i begge tilfælde. Der er intet subjektivt i betydningen: vilkårligt, i, at kendskab til nogle terms betydning og forståelsen af nogle logiske eller matematiske operationer ikke forslår, når det gælder Peterskirken. Det er sagen selv, der stiller en række andre krav. Den historiske undersøgelse kompliceres af, at historiens begivenheder og afkast kun bliver forståelige i den udstrækning, hvori man tager hensyn til det uendeligt i tiden varierede bevidsthedsindhold, som indvirker på menneskers handlinger.

Det forekommer mig ikke rimeligt på baggrund af denne forskel at gøre den grøft, som åbenbart allerede blev gravet i oldtiden, til en uoverstigelig kløft. Mange væsentlige ting er umiddelbart genkendelige hen over grøften. Den omstændighed, at humanistisk videnskab aldrig på et overordnet plan kan løsrives fra tidens forgængelighed og tolkningens foreløbighed, ligger i sagens natur og er derfor ingen indvending mod den, så længe den er fælles med naturvidenskaben om at have noget at opdage, at undersøge og at forklare – så godt det overhovedet lader sig gøre.

Forholdet til det menneskelige

For at gøre sig tanker om, hvad »en isoleret position i forhold til det menneskelige« vil sige, må man tage stilling til, hvad det menneskelige er. Det må vel at mærke ske på en mere indtrængende måde, end det er nødvendigt for at tale om humanistisk videnskab. Der kan selvsagt ikke gives noget almengyldigt svar herpå. Det følgende er blot nogle overvejelser, der søger at indkredse det sted, hvor enhver selv må svare.

Ingen videnskab, af hvad art den end er, kan fritage os fra at være fordret af døden, eller fra at være alene, da ingen kan dø en andens død. Skulle nogen mene, at nu mærker man teologen, har de ganske ret! Men selve konstateringen er dog formentlig ui-

modsigelig. Fordret af døden er vi uanset vore mere eller mindre velformulerede meninger. Jeg tillader mig at minde herom for at understrege, at videnskab er en menneskelig beskæftigelse, trods alle tidløse delsandheder forgængelig som vi selv. Hvordan vi besvarer spørgsmålet om det menneskelige, er derfor af uhyre vigtighed – ganske uanset, hvilken videnskab vi beskæftiger os med. At henvise til den »isolerede position osv.« hjælper ingenting. Det kan måske gå an som henvisning til det, man foretager sig, men det nytter ikke, hvad angår ens person. At undtage sig selv som menneske, fordi ens videnskab helst ser bort herfra, ville svare til at udføre ordrer fra en diktator med henvisning til, at man ikke selv er involveret, men blot gør, hvad man får besked på. Ingen videnskab og ingen metode kan befri nogen fra selv at være nærværende og som sådan ansvarlig.

Vor historicitet er ikke blot en forudsætning for studiet af historien eller af menneskelige åndsprodukter i almindelighed, men selve vort livs grundlag. Som mennesker formår vi kun at leve og tænke ud fra den tid og det sted, hvor vi er sat. Om det menneskelige gives der ingen sandheder i almen forstand, men kun i tiden.

Det kunne måske være nærliggende, hvis dette grundvilkår for menneskeligt liv førte til skepsis: Hvis jeg kun kan leve og tænke i henhold til den tradition, jeg er bærer af, og i den tid og på det sted, der nu engang blev mit, er så ikke det hele relativt og i sidste ende ligegyldigt? Det er en forhastet slutning. For det første står den mulighed åben, at forholde sig kritisk til traditionen, men naturligvis kun, hvis den vedblivende studeres. Uden historie og kulturel overlevering udleveres vi skånselsløst til vor egen tids luner. Men for det andet behøver de tidsbundne betingelser for vort liv ikke at føre til skepsis, med mindre absolutthed skulle være en betingelse for at leve værdigt, med andre ord: Hvis man skulle være gud for at holde det ud. At vi kun kan erkende de sandheder, der er mulige på vore betingelser, gør dem ganske vist fragmentariske, men hvorfor skulle de blive ligegyldige af den grund? Hvad man erkender som sandt, er man forpligtet på, og det gælder, når vi taler om videnskab, i lige grad, uanset om det er naturvidenskab eller humaniora, man beskæftiger sig med.

Det er ikke til at komme udenom: Hvis de her anførte betragtninger har noget på sig, er der en væsentlig forskel mellem naturvidenskab, som vi kender den i dag, og videnskab om menneskers liv og tænkning. Det er en forskel, som ikke kan ophæves, uden at de humanistiske videnskaber, som naturligvis er dem, der i så fald må ændre sig, ville miste selve deres fundament. Men der er alligevel væsentlige træk, som er genkendelige på begge sider af grøften. Og det fællesskab består, som giver sig af, at det begge steder er mennesker, der arbejder og tænker. Det løser ikke vort problem, men undertiden kan det være opgaven at skærpe problemet i stedet for at tro, at man kan løse det.

Universitas som udtryk for videnskabernes sammenhæng

Hvorfor har vi stadig fastholdt videnskabernes forening i de institutioner, vi kalder universiteter? Sådant har det været siden middelalderen, og trods alle forandringer i videnskabernes indhold og metoder, deres opbygning, inddeling og selvforståelse, holder vi stadig fast ved det. Vi må i denne omgang springe alle trin i universitetets historie over: det skolastiske, det humanistiske, det humboldtske, for blot at nævne nogle markante typer. Men hvorfor holder vi fast ved det? Mon dog ikke, fordi vi har en fornemmelse af, at enheden går på tværs af genstand og metode? Uanset, hvad vi studerer, er vi bundet af fagets normer, og ser vi nærmere til, er mange af dem genkendelige på tværs af fagene, hvis man husker, at genstanden må bestemme metoden – ikke omvendt. Kan man forstå de anvendte begreber, er det også uden dybere indsigt muligt at følge et videnskabeligt ræsonnement, som før nævnt. Og hvem vil være så hovmodig at finde studier af noget som helst, der angår naturen eller den menneskelige kultur, overflødige?

Måske er det i virkeligheden nogle meget elementære overvejelser – og overbevisninger – der stadig gør det muligt at holde sammen på universitetet. Enhver kvinde eller mand, som i erken-

delse af egen begrænsning, og det vil sige: i ydmyghed, søger at overskride sit fags grænser, vil nære respekt for alvorlige studier uanset af hvad art. Vi er forbundet i en fælles bevidsthed om, at vi søger en erkendelse, der gør fordring på at kunne meddeles andre på en sådan måde, at den kan kontrolleres og diskuteres. Vi er fælles om en ethos, der byder os af al magt at fremme det, vi har erkendt som sandt, uden at lade fremmede hensyn influere på vore handlinger, og efter evne at undgå at lade os hilde i fordomme. Det er sådanne, i sig selv førvidenskabelige, forudsætninger, tror jeg, der først og fremmest forener os på tværs af fagene.

Men eksisterer noget sådant ved vore dages universiteter? Man kunne også spørge: Har den slags nogen plads ved et moderne universitet med dets interessegrupper og med den meget stærke styring fra myndighedernes side? Det kan vist ikke nægtes, at nogle af de tendenser, der præger samfundsudviklingen i den gamle kristenhed, dvs. i den europæisk-amerikanske kultur, rummer farer for universitetets hævdvundne idealer: det store undervisningspres, der først og fremmest er erhvervsorienteret; tilbøjeligheden til at vurdere og styre forskningen ud fra kortsigtede nyttehensyn og modeprægede tendenser; den politisk bestemte offentligheds manglende sans for alle bestræbelser, der ikke lader sig økonomisk legitimere.

Over for sådanne tendenser – og de er åbenbare overalt i vor del af verden – må det synes mindre relevant, om ikke ligefrem lettere komisk, at opfatte det videnskabelige arbejde som en forpligtelse, der principielt er uberoende af interessegrupper og politiske hensyn. Det kan på den baggrund volde vanskeligheder at huske den gamle bevidsthed om at tjene universitetet, fordi det er institutionen eller rettere det, den står – eller stod – for, der stiller kravene. En sådan opfattelse forudsætter nemlig, at ingen kan eje universitetet – hverken den stat, der betaler udgifterne, det samfund, det skal tjene, eller de mennesker, der som ansatte eller studerende befinder sig inden for dets mure⁹.

Universitetets – og dermed videnskabernes – mulighed for virkelig at tjene samfundet, dvs. det menneskelige fællesskab, beror på dets frihed til at varetage de opgaver, som udspringer af den

videnskabelige søgen og af den videnskabelige ethos. Det kan lyde lidt højtideligt og kalder måske med rette på smilet, når det siges på den måde. Til gengæld giver det ikke anledning til at smile, når tendenser til at manipulere med videnskaben vinder overhånd, uanset om det er overordnede instanser eller dens egne dyrkere, der er de skyldige. Vi ved godt, at det er ødelæggende for det, vi er fælles om.

Forskellen mellem naturvidenskab og humaniora er ikke uudholdelig. Om to kulturer bør man ikke tale. Det drejer sig om forskellige tilgange og om et antal forskellige metoder, men ikke om indbyrdes væsensfremmede aktiviteter. De sproglige barrierer er smertelige, men de er ikke virkelig uovervindelige. På alle områder vil studiet af den menneskelige erfaring, af de forhold, som må tages i betragtning, hvis vort liv med hinanden skal fungere, og af den natur, som vi er en del af og samtidig fremmede over for, gå videre. At stå i videnskabens tjeneste betyder at være forpligtet på den sandhed, vi måtte komme under vejr med uden at tilrettelægge lommeudgaver af den af hensyn til fordomme eller politiske fordele. Under denne fordring er vi forenet.

Noter

1. Jfr. Leif Grane, Peter Abélard, København 1962, s. 107.
2. Taine var hovedpersonen i Georg Brandes' disputats: *Den franske Æstetik i vore Dage* (1870).
3. Jfr. R.G. Collingwood, *The Idea of History*, Oxford Paperbacks, Oxford 1961, især 59-85.
4. En udmærket indførelse i historismen kan man f.eks. finde i Inga Floto, *Historie. Nyere og nyeste tid* (Videnskabernes historie i det 20. århundrede), København 1985.
5. Henri-Irénée Marrou, *De la connaissance historique*, 4. éd., Paris 1962, 229.
6. Jfr. hertil Hans Sedlmayr, *Der Verlust der Mitte* (1. udg. 1948, mange senere udgaver).
7. Se hertil de barske bemærkninger hos Geoffrey Elton, *The Practice of History*, The Fontana Library, 5.ed. 1974, 124-135.
8. Jfr. Elton, *anf.arb.* 71-78.
9. Jfr. med hensyn til »at eje universitetet«: K.E. Løgstrup, *Solidaritet og Kærlighed – og andre essays*, København 1987, 156.

Diskussion

OVE NATHAN: Jeg bærer på et paradoks, som har naget mig dagen igennem i diskussionen om humaniora og naturvidenskab. Her sidst sagde du, at bundetheden til det menneskelige, det er det humanistiske særkende, og at *naturvidenskaben* kun kan opdage, *hvad der var i forvejen*. Mit paradoks er knyttet til en ofte omtalt videnskab, nemlig matematikken, den rene, abstrakte matematik, som jo virkelig er bundet til det menneskelige, om noget. Man kunne vel i og for sig godt forestille sig en matematiker sidde 2 år i isolationsfængsel og udvikle en kompleks matematisk teori uden at have et input udefra. Spørgsmålet er, om denne matematiker ville opdage noget, som var der i forvejen. Da Euklid opdagede og beviste primtalsrækkens uendelighed, var det så noget, der var der i forvejen, eller var det noget, der, bundet til Euklids hjerne, var opstået med ham? Samtidig er det overrumpende, at den abstrakte, isolerede videnskab, som er så *menneskelig*, samtidig er så praktisk anvendelig, at den både i teknikken og naturvidenskaben kan bringes ind med så stor styrke. Dette finder jeg paradoksalt. Matematikken kan udvikle sig, jeg vil ikke sige uhistorisk, men dog på sine egne præmisser, helt formelt, helt menneskeligt, og egentlig uden rigtig forståeligt input udefra, udover at man kan bringe visse historiske kendsgerninger ind om, at folk har interesseret sig for astronomi, hasardspil osv. og derfor er begyndt at studere matematik på den ene eller den anden måde. Men hvad er matematikken egentlig? Er det i dybeste forstand en humanistisk videnskab, eller var dens begrebsverden der i forvejen?

LEIF GRANE: Det tør jeg ikke svare på. Jeg vil dog gerne sige, at det ikke var min mening – hvis det lød sådan – at ville begrænse naturvidenskabens område, når jeg talte om »at opdage noget«. Formuleringen havde jeg hentet fra David Favrholtts foredrag. Jeg brugte den for at sige, at der, så vidt jeg kan se, ikke i den henseende er nogen afgørende forskel mellem naturvidenskab og humanistisk videnskab. Men det var ikke min mening på nogen

måde at sige noget hverken negativt eller indskrænkende om naturvidenskaben.

Dit spørgsmål om matematikken kan jeg som sagt ikke svare på. Det er der sikkert klogere folk, der kan.

F. J. BILLESKOV JANSEN: Efter Leif Granes faste formulering af den historiske metode, som det 18. århundrede gjorde indlysende og romantikken fuldstændiggjorde, idet det nu blev obligatorisk at betragte ethvert fænomen, en begivenhed, institution eller person i forhold til den tid, fænomenet hørte hjemme i, vil jeg drage opmærksomheden hen på, at denne relativisme, som kom til at gælde alle humanistiske videnskaber, ved midten af det 19. århundrede fik et nyt, radikaliseret aspekt, da Søren Kierkegaard inddrog den arbejdende forskers person, hans eller hendes egen historicitet, i behandling af problemer. Nu véd vi jo, at for Kierkegaards vedkommende drejede det sig om emner, der var af uendelig betydning for personligheden. Hans kritik rettede sig mod den systematiske, hegelske filosofi, som mente objektivt at kunne bestemme ethvert fænomens, også ethvert menneskes, plads i den historiske udviklingsgang. Det er da Kierkegaards for systemet dræbende indvending, at et system skal være komplet, intet må mangle deri, »end ikke et saadant lille bitte Dingeldangel, som den eksisterende Hr. Professor, der skriver Systemet« (Afsluttende uvidenskabelig Efterskrift til de Philosophiske Smuler, 1846). At »eksistere« er ikke et objektivt anliggende, men et subjektivt: tro eller ikke tro. I denne holdning er hele professorpersonen engageret, og hans stilling bestemmer forhold i al evighed. Den problemstilling, som Kierkegaard således vendte rundt, fik lange følger. Vi ved, at ingen nok så objektiv forsker kan springe over sin egen skygge. Vi bygger alle systemer, når vi forsøger at generalisere vore iagttagelser. Enhver forsker, naturgransker eller humanist, er med sit hele jeg, med helbred og åndsform, sin videnskabelige tradition og individuelle ambition, et subjektivt agerende væsen, som dybt nede og måske skjult for sig selv, er i kierkegaardsk forstand eksistentiaalist. Mon vi ikke er enige om det?

GRANE: En ting er historismen, en anden er menneskets historicitet, som netop historismen for alvor har gjort tydelig for os, så vi aldrig kan glemme det. På dette punkt hverken kan eller skal historismen overvindes, for det er virkelig en væsentlig viden, som hermed er givet os. Derfor, når jeg har talt om historiciteten, tænker jeg på vilkår, som simpelt hen er uomgængelige for en menneskelig tilværelse, i hvert fald i et kultursamfund. Anderledes forholder det sig med historismen som en filosofisk strømning, der drager nogle ganske bestemte – relativistiske – konsekvenser af det tids- og milieubestemte i den menneskelige tilværelse. Disse konsekvenser behøver man efter min mening slet ikke at følge for at kunne drage nytte af indsigten i, at mennesket er et historisk væsen. Men det er vi formentlig heller ikke uenige om?

HANS TORNEHAVE: Jeg finder det på en måde ganske hyggeligt som matematiker ikke helt at høre til naturvidenskaberne, men heller ikke til humaniora; og i tilslutning til Ove Nathan vil jeg give et par eksempler på ting, der er sket. Jeg synes, det er umuligt at give et fornuftigt svar på, om de naturlige tal, som talteorien beskæftiger sig med, hører til vores natur eller er opstået i et primitivt menneskes bevidsthed på et eller andet tidspunkt for frygtelig længe siden. Men der er et andet eksempel i historien. I renæssancetiden var der en kreds af italienere, Scipio del Ferro og Tartaglia og Cardano, som fandt tredjegradsligningens løsning. Fra det tidspunkt og op til omkring år 1800 regnede matematikerne med såkaldte imaginære tal, og de tal eksisterede givetvis kun i menneskets bevidsthed. Men i sin disputats i 1799 fik Karl Friedrich Gauss sådan omtrent og vores tidligere medlem Caspar Wessel fuldt ud, og den franske matematiker Argand, også fuldt ud, ændret denne situation, så de komplekse tal pludselig blev til noget, der faktisk eksisterede. Det betyder, at situationen kan ændre sig.

EBBA LUND: Det har været en meget berigende dag. Jeg vil gå herfra med en højere grad af forvirring, end jeg kom med, men på højere plan, vil jeg tro. Leif Grane mener indledningsvis, at

symposiet har fået slagside fra begyndelsen ved at være orienteret imod naturvidenskaberne. Siden hører vi meget om eksakte videnskaber, hvad det nu kan være for noget. Jeg ved ikke, hvorfor den ene videnskab kan siges at være mere eksakt end den anden. Det må have at gøre med målemetoderne, som måske er mere nøjagtige i den ene forbindelse end den anden, men det gør ikke nødvendigvis resultatet mere eksakt. Jeg har hørt om »historisme«, en grundindstilling, der siger, at hver tid skal forstås på sine egne betingelser. Det vil sige, at det må være svært at få nogle absolutte kriterier indført. Det erkendes, at en matematisk funktion for humanistisk videnskab må kunne opstilles, men ikke uden at det menneskelige element indgår som en uafhængig variabel. På den anden side skulle der i naturvidenskabelig sammenhæng optræde en isoleret position af det videnskabelige i forhold til det menneskelige. Det kan jeg simpelt hen ikke forstå, og det er det, jeg nu beder om en forklaring på. Jeg mener, at en videnskabelig proces består i, at mennesker har intuition eller inspiration eller iagttagelser, måske endda viden, som får en proces i gang. I processen anvendes metoder, hvormed man kan få kvantitative oplysninger. Dette er midlet, og så kommer man til en erkendelse, forhåbentlig sandheden. Dette må være målet. Resultatet kan godt være lige det modsatte af, hvad man troede fra begyndelsen. En sådan proces tror jeg gælder al videnskab. Vor opdeling i dag forekommer mig aldeles artificiel. Der er ikke nogen erkendelse uden mennesker, og jeg, som er en person uden filosofisk skoling, beder om en forklaring: Hvordan kan vi optræde i isoleret position som videnskabeligt aktive i forhold til det, der gør naturfænomener til videnskab?

GRANE: Olaf Pedersens sætning om »den isolerede position i forhold til det menneskelige« skal jeg ikke påtage mig at forklare, for så vidt angår naturvidenskabsmandens situation. Det vil jeg hellere overlade til ham. Jeg har tilladt mig at benytte sætningen til at belyse en vigtig forskel, sådan som jeg ser den. Med hensyn til gennemførelsen af en videnskabelig undersøgelse, uanset af hvad art, er det klart, at det kræver et menneske at få ideerne til den og at sætte den i gang. Men i gennemførelsen forekommer

det mig, at der er den forskel, at videnskabsmandens menneskelighed er et afgørende interpretament, når det drejer sig om humanistisk videnskab, mens det jo da er den gængse – og vel rigtige? – opfattelse, at man i naturvidenskaben mest muligt søger at undgå en implicering af personen og af tolkningsmuligheder i selve undersøgelsen. Noget andet er, at der bagefter kan være meget at diskutere, når det gælder om at vurdere en undersøgelses rækkevidde og placering i en større helhed.

Jeg vil gerne understrege, at der i mit forsøg på at gøre forskellen op ikke ligger nogen som helst forestilling om et rivaliserende forhold mellem naturvidenskab og humanistisk videnskab. Tværtimod har jeg ønsket at betone, at forskellen ligger i sagens natur. Samtidig var det mig imidlertid om at gøre at fastholde, at denne forskel ikke bør ses som en hindring for gensidig forståelse. Netop derfor understregede jeg, at historiciteten er et alment menneskeligt grundvilkår: basalt er vi trods alt i samme båd. Derfor kan jeg slet ikke se den grøft, der åbenbart allerede blev gravet i oldtiden, som en afgrund. Selve den nævnte sætning om »den isolerede position« synes jeg, Olaf Pedersen skulle sige lidt mere om.

OLAF PEDERSEN: Jeg talte på rent historisk basis i morges, og nævnte til sidst den aristoteliske anskuelse, at matematikken ikke var nogen nytte til i menneskelige spørgsmål, for nu at oversætte det på meget jævnt dansk. For at forstå, hvorfor han mente sådan, må man huske på, at både hos ham og de andre betydelige tænkere i den periode, hvor tænkningen virkelig begyndte at få fast grund under fødderne og forstå sig selv, søgte man nok efter viden; men det var egentlig ikke denne søgen efter viden, der var det højeste formål for menneskers intellektuelle aktivitet. Det, man søgte efter, var visdommen, *Sofia*, og derfor hed videnskab »filosofia«, kærlighed til visdommen. Og visdommen var hovedsagelig kendskabet til, hvordan mennesker kan leve et godt liv under de betingelser, der nu ligger i at være et menneske. Det betyder altså, at den viden, der etableredes gennem forskellige discipliner og studier, nok er værdifuld i sig selv, men den mest

værdifulde viden er den, der svarer på det mest betydningsfulde spørgsmål.

Her var det, Aristoteles hævdede, at denne visdom, som vi søger og ikke kan leve foruden, ikke finder støtte i matematikken. Det havde han en filosofisk begrundelse for, som var indbygget i hans matematikfilosofi, som jeg ikke kom ind på og heller ikke skal forville mig ind i her. Dernæst var det min opfattelse, at han også drog den slutning, at heller ikke de matematiske naturvidenskaber var stadier på vej til den visdom, som er det endelige mål for det alt sammen; og jeg rejste til sidst det spørgsmål, om det er rigtigt? Jeg vil da slutte med igen at sige, at det forekommer mig, at vi har levet i 2000 år med en tryk, umiddelbar fornemmelse af, at disse rent matematiske ting i virkeligheden ingen rolle spiller: Det, det drejer sig om i den menneskelige dannelse, er noget helt andet. Man kan trygt afskære viden om matematiske strukturer og matematisk fysik og hele den beskrivelse af virkeligheden, som vi har tilgang til gennem matematikken og alene gennem den; den er i bund og grund irrelevant for den specifikt menneskelige dannelse, som har til formål at lære os at leve sammen. Det forekommer mig, at sådan har man ofte ræsonneret. Så har man forsøgt pædagogiske grunde til at finde plads for disse matematisk-naturvidenskabelige discipliner. Man har f.eks. sagt, at de lærer folk at tænke eksakt, eller at tænke korrekt. Jeg kan huske, min gamle lærer Harald Bohr sagde, at matematikken lærer os aldeles ikke at tænke korrekt, den lærer os kun, hvor let det er at tænke forkert. Matematikken beskæftiger sig jo også med mange spørgsmål, som ikke har noget med eksakthed at gøre.

Vi står derfor stadig med et uløst spørgsmål i vores kultur. Vi har en matematisk naturbeskrivelse, som vitterlig går fra sejr til sejr i arbejdet på at trænge ind i de indre relationer, som naturen er konstitueret af, – samtidig med at vi stadigvæk ikke rigtig har brug for den, når det drejer sig om mere »afgørende« spørgsmål. Det forekommer mig at være et paradoks, måske er det for mig det egentlige kulturparadoks: at vi har en vej til noget, der er ubestrideligt sandt, men vi kan ikke rigtig se, at den er nogen

nytte til for det, det kommer an på. Det er en mærkelig situation, men vi lever stadig i den.

MORTEN NØJGAARD: Jeg kunne tænke mig at sætte en streg under et forhold, som allerede Ebbe Spang-Hanssen antydede, nemlig at det skel, vi kredser om i dag, i virkeligheden ikke går mellem de områder, vi sædvanligvis kalder naturvidenskab og humaniora, men går midt gennem traditionel humaniora.

Der er to slags humanistisk videnskab. Den ene går i retning af naturvidenskaben, den anden udgør humanioras egentlige kerne. Den har som sit udgangspunkt den slags fænomener, som David Favrholt så levende skildrede som utilgængelige for naturvidenskaberne: oplevelseskvaliteterne. De lader sig ikke tælle, måle, veje, men må behandles på anden måde. Det er netop den egentlige humanistiske videnskab, som alene er i stand til at udføre en sådan bearbejdning af alle de menneskelige fænomener, der ikke kan tælles, måles eller vejles.

Det er derfor, humanistisk videnskab i snævrere forstand er så nært beslægtet med kunsten. Man kan sige om disse »egentlige« humanister, at de er tjenere i kunstens tempel, hvorimod jeg ikke ved, hvilket tempel naturvidenskabsfolk tjener i.

Den overvejende del af de mange samfundsvidenskaber bevæger sig ganske åbenbart bort fra denne humanioras kerne, idet de ikke interesserer sig for det unikke fænomen (som kunstværket er), men kun for fænomener, der kan sættes i gruppe i kraft af fælles egenskaber og altså netop tælles osv.

Jeg synes, Leif Grane antydede, i hvilken retning vi skal lede efter videnskabens enhed. Forskellene mellem »de to kulturer« er så iøjnefaldende: forskelle i arten af de fænomener, vi studerer, i metoder, ja selv i sprog. Alligevel oplever man stærkt, at videnskabens enhed faktisk eksisterer. Blot skal man formentlig være teolog for at kunne tale om den. Den er nemlig af etisk natur.

Det er jo klart, at vi alle har en fælles etik i forhold til vor videnskab. Vi ved ikke, hvorfra den kommer, men vi ved meget vel, hvori den består. Først er der naturligvis trangen til at søge sandheden for enhver pris. Dernæst bevidstheden om, at kun jeg selv har ansvaret for at godtage eller forkaste en forklarings sand-

hed. For det tredje en indre overbevisning om, at denne sandhed intet er værd, hvis den ikke udgår af en forpligtelse over for noget uden for mig selv. Det er videnskabens enhed.

ARILD HVIDTFELDT: Mange ting kan jeg, ligesom de fleste, uden videre slutte mig til, men jeg synes, det til den sidste taler i hvert fald skal føjes, at en stor del af de diskussioner, som har været ført i den sidste menneskealder både her i Danmark og ude omkring i verden med nøgleordet »de to kulturer« – som vi alle sammen tager afstand fra, har jeg forstået – tager udgangspunkt i den opfattelse, at der er et modsætningsforhold mellem naturvidenskaberne og de humanistiske videnskaber. Uden hensyn til, at naturvidenskaberne også udføres af mennesker.

Tilbage bliver der alligevel en fornemmelse af, at der er en forskel. Det forekommer mig, at det ikke er afgørende i denne sammenhæng, at de humanistiske videnskaber først og fremmest giver sig af med det menneskelige. Jeg tror, at det har spillet en rolle, at man piller enkelte træk ud fra naturvidenskaberne og stiller disse enkelte, meget iøjnefaldende træk op som repræsenterende naturvidenskaberne som helhed. Vi har ikke hørt noget om medicinen – den giver sig også af med mennesker. Vi har ikke hørt noget om geologerne, som i umådelig ringe udstrækning giver sig af med statistiske undersøgelser og masseundersøgelser; de undersøger enkelttilfælde, så vidt jeg har forstået, først og fremmest enkelttilfælde, klassificerer, ganske som vi gør i adskillige af de humanistiske videnskaber. Botanikere giver sig af med meget andet end statistiske undersøgelser. De klassificerer, de undersøger, hvad der vokser på engarealer og på skovarealer, foretager sig meget, der er helt analogt med, hvad mange humanister gør på deres interesseområder. Dyrepsykologer studerer chimpansegrupper på nøjagtig samme måde, som menneskepsykologer studerer smågrupper. Er de dyrepsykologer, der studerer chimpanse, så humanister, eller er de naturvidenskabsfolk? Man kan jo ikke påstå – jeg tror især ikke, at Grane vil påstå – at chimpanseerne er mennesker i den forstand, vi her har talt om.

Jeg tror, det virkelige skel går et helt andet sted. Det går imellem interessen for enkelttilfælde, smågrupper, og interessen for

massetilfælde, og hvis man er interesseret i massetilfælde, hvad enten det er i naturvidenskaberne eller i de humanistiske videnskaber, så kan man bruge statistiske undersøgelser og matematiske formler. I den sammenhæng vil jeg minde om, at den teoretiske statistik, så vidt jeg husker min ungdomslærdom, først og fremmest er udviklet med henblik på mennesker: ulykkesstatistik, forsikringsstatistik osv. Jeg synes ikke, humanisterne har grund til at have de komplekser, der er hentydet til flere gange, især ikke mindreværds komplekser.

GRANE: Det, du siger, går ud på, at vi ikke har nogen grund til mindreværds komplekser, og det kan jeg naturligvis kun slutte mig til. Det er da rigtigt, at der ved en lejlighed som denne må være mange ting, som ikke bliver omtalt. Det kan ikke være anderledes.

Med hensyn til forskellene mener jeg ikke, det er helt overflødig at gøre opmærksom på, at det ofte har været anset for en svaghed, når beskæftigelse med menneskelige åndsprodukter kun kan ske gennem en tolkning. Det er imidlertid et forældet og urigtigt syn på humanistisk videnskab. Mindreværds komplekser er der ingen anledning til, hverken på den ene eller den anden side. Det, det drejer sig om – og det er jo netop det, vi har forsøgt i dag – er at komme en anelse nærmere forståelsen af, hvor vi befinder os. Jeg synes, vi i hvert fald har haft det ud af det, at vi måske er blevet yderligere overbeviste om, at grøften netop ikke er nogen afgrund. Hvis det er resultatet, er det da ikke værst.

Til afslutning

Nu og da har jeg udbytte af at erindre, hvad Hendes Majestæt har sagt eller gjort ved en given lejlighed. Således i løbet af i dag, da jeg mindedes et sted i den bog, jeg citerede i morges [dvs. Anne Wolden-Ræthinge: Dronning i Danmark, 1989]. Talen er om, hvordan Dronningen har givet sine sønner gode leveregler om at høre på foredrag. Dem tror jeg nu ikke, jeg vil citere – men derefter tillægges følgende kommentar: »Hvis jeg selv er ved at stå af undervejs tænker jeg: Hov, hæng nu på – så fortvivlende er det nu heller ikke!«

En tak for hjælpen i disse ord vil jeg på Selskabets vegne gerne udvide til en tak for dette symposium. Til Deres Majestæt for den varme interesse for vort fordringsfulde program. Til foredragsholderne for deres vægtige og perspektivrige indsats, og til diskussionsdeltagerne. Og til Thor A. Bak og alle i sekretariatet for de omfattende forberedelser til dagen og aftenen.

Vi glæder os nu til snarest muligt at redigere diskussionerne og færdiggøre en af mange fødselsdagsbøger, Videnskabens enhed – ? Det står vist klart for os alle, at emnet fortsat motiverer en del tanker og en del spørgsmål. Og vi glæder os til i aften at mødes med hinanden og vore ledsagere i Universitetets festsal, atter med Dronningen og Prinsen som midtpunkt.

Tak for i dag. Mødet er hævet.

ERIK DAL

Navneregister

Registret anfører for hver forfatter og diskussionsdeltager: navn – akademisk grad (hvis ikke dr.phil.) – erhverv (hvis ikke professor) – fag – arbejdssted (KU, OU og AaU: Københavns, Odense og Aarhus Universitet) – sidetal i bogen (hovedindlæg kursiveret).

- Avery, John S., Ph.D., lektor i kemi, KU 66
 Bak, Thor A., kemi, KU, Selskabets sekretær 7-10
 Blegvad, Mogens, filosofi, KU 61
 Buchwald, Vagn Fabritius, dr.scient., metallære,
 Danmarks Tekniske Højskole 33
 Dal, Erik, administrator i Det danske Sprog- og Litteraturselskab, Selskabets præsident 11-12, 193
 Egerod, Søren, østasiatiske sprog, KU 130
 Estrup, Hector, dr.polit., nationaløkonomi, KU 109
 Favrholt, David, filosofi, OU 37-60, 62, 66
 Fischer, Erik, mag.art., overinspektør v. Den kgl. Kobberstiksamlings, Statens Museum for Kunst, lektor i kunsthistorie, KU 131
 Forchhammer, Jes, overlæge ved Fibiger-Instituttet 112, 164
 Glamann, Kristof, historie, KU, formand for Carlsbergfondets direktion og bestyrelsen for Carlsberg A/S 64
 Grane, Leif, dr.theol., teologi (kirke- og dogmehistorie), KU 165-183, 184, 186, 187, 192
 Hjorth, Poul Lindegård, nordiske sprog, KU, Selskabets redaktør 6
 Hoffmann, Else Kay, dr.scient., lektor i biokemi, KU 161
 Hvidtfeldt, Arild, religionssociologi, KU 31, 191
 Jansen, F. J. Billeskov, dansk litteratur, KU 132, 185
 Kjeldgaard, Niels Ole, molekylærbiologi, AaU 135-160, 162, 163, 164

- Lund, Ebba, dr.scient., veterinær virologi og immunologi,
Den kongelige Veterinær- og Landbohøjskole 163, 186
- Nathan, Ove, fysik, KUs rektor 108, 160, 184
- Nielsen, Else Løvdal, korrespondent, Selskabets sekretariat 6
- Nielsen, Holger Bech, mag.scient., forskningsprofessor i fysik,
KU 61, 69-107, 110, 111, 112
- Nøjgaard, Morten, romansk sprog og litteratur, OU 190
- Pedersen, Gert Kjærgård, matematik, KU, formand for
Selskabets naturvidenskabelige klasse 6
- Pedersen, Olaf, de eksakte videnskabers historie, AaU 13-31,
32, 33, 34, 65, 111, 188
- Spang-Hanssen, Ebbe, romansk filologi, KU 34, 115-229, 130,
134
- Surlyk, Finn, dr.scient., geologi, KU 163
- Sørensen, Søren, musikvidenskab, AaU 65
- Tørnehave, Hans, matematik, KU 186