

KVANT

September 2007 3

Tidsskrift for Fysik og Astronomi 18. årgang

I DETTE NUMMER:

- SOLSYSTEMETS VOLDSOMME FØDSEL
- HVOR ER DEN VIDENSKABSPOLITISKE DEBAT?
- VIDENSKAB VS. POLITISK KORREKTHED
- BOHMS TEORI BRYDER MED IMPULSBEVARELSE
- FRA ARISTOTELES TIL NEWTON
- FYSISK MATEMATIK
- NØRD-TRÆF I DYREHAVEN
- MØRKETS HASTIGHED
- KVANT-NYHEDER

LØSSALGSPRIS: 45 KR

KVANT

Tidsskrift for Fysik og Astronomi

c/o Niels Bohr Institutet
Universitetsparken 5
DK-2100 København Ø

Hjemmeside : www.kvant.dk
E-mail : kvant@kvant.dk

Udgives af

Astronomisk Selskab,
Dansk Fysisk Selskab,
Dansk Geofysisk Forening,
Selskabet for Naturlærens Udbredelse,

Redaktion

Michael Cramer Andersen (ansv. red.)
Christianshavns Gymnasium
Camilla Bacher Kiming (AS)
Mærsk Olie & Gas
Jørn Johs. Christiansen (SNU)
Torsten Freltoft, Sophion Bioscience A/S
Mogens Esrom Larsen,
Matematisk Institut, KU
Sven Munk (nyhedsredaktør)
John Rosendal Nielsen (nyhedsredaktør)
Københavns Åbne Gymnasium
Jens Olaf Pepke Pedersen,
Danmarks Rumcenter
Finn Berg Rasmussen, Ørsted Lab, KU
Svend E. Rugb

Abonnementspris : 160 kr/år.

Kvant udkommer 4 gange årligt og er medlemsblad for de udgivende selskaber.
Henvendelser vedr. abonnement til forretningsfører Lene Körner tlf. 35 32 07 62 (koerner@kvant.dk).

Annoncepriser

1/1 side: 3000 kr, 1/2 side: 1600 kr
1/4 side: 1000 kr, farvetillæg: 1500 kr
Priserne er excl. moms og for reproklart materiale. Henvendelser om annoncer til redaktøren, tlf. 22 67 26 42.

Oplag: 2500. Tryk: P.J. Schmidt A/S,
Vojens. ISSN 0905-8893



Produktionsplan

Nr. 4-07 udkommer ca. 15. december
Nr. 1-08 udkommer ca. 15. marts
Deadline for mindre bidrag og annoncer er ca. en måned før, længere artikler skal modtages to måneder før.

Indhold:

Hvor er den videnskabspolitiske debat?

Claus Emmeche 3

Foreningsnyt – foredrag i efteråret 4

Fra Aristoteles til Newton – Træk af den naturvidenskabelige
tænkemådes historie

Carl Henrik Koch 6

KVANT-nyheder

John Rosendal Nielsen og Sven Munk 13

Billard – breddeopgave 28 med didaktisk kommentar

Jens Højgaard Jensen 16

Videnskab versus politisk korrekthed – 374 år efter Galileos dom-
fældelse

Niels Høiby 18

NØRD-træf i Dyrehaven

Michael Cramer Andersen og John Rosendal Nielsen 23

Solsystemets voldsomme fødsel

David Ulfbeck og Martin Bizzarro 24

Fysisk matematik?

Mogens Esrom Larsen 27

Aktuelle bøger 31

Mørkets hastighed

Michael Cramer Andersen og Michael Agermose Jensen 32

Bohms teori bryder med princippet om impulsbevarelse!

Erland Brun Hansen 33

ESA's satellit hjælper med Afrikas vandproblemer

John Rosendal Nielsen Bagsiden



Billedet på forsiden viser de centrale dele af Ørnetågen eller M16, der er ca. 7000 lysår fra Jorden. Ørnetågen er en gassky med "søjler" af kold gas og støv, hvor der dannes stjerner og måske også planeter.

Øverst til venstre og nederst i midten ses massive stjerner (røde) som blæser gassen væk, mens der dannes stjerner i spidsen af de små "fingre", der stikker frem bl.a. i toppen.

Denne stjernetaåge er et godt eksempel på det voldsomme miljø stjerner som Solen kan dannes i. Læs artiklen om Solens voldsomme fødsel side 24. Billede: Hubble Rumteleskopet (ESA/NASA).

KVANT udsendes gratis til fysiklærerne ved alle landets gymnasier, seminarier og HTX-kurser med velvillig økonomisk støtte fra fysikinstitutterne på Danmarks Tekniske Universitet samt Københavns, Syddansk, Aalborg og Aarhus Universiteter.

Hvor er den videnskabspolitiske debat?

Af Claus Emmeche, Københavns Universitet

Artiklen argumenterer for behovet for at undersøge og debattere de udfordringer, videnskaberne stilles overfor med de aktuelle ændringer i finansiering, organisering og styring af forskningen i Danmark. Som bidrag hertil præsenteres et nyt debatforum i form af en blog.

Grundforskningens vilkår vil i de kommende år påvirkes af de voldsomme forandringer, universiteterne er blevet påtvunget siden sidste universitetslov i 2003, og senest med indfusionering af sektorforskningsinstitutioner i 2006. Godt, at fagtidsskrifter som *Kvant* levner plads til dette. Det er yderst begrænset hvad man indtil nu har hørt fra forskerne selv om de uheldige sider af ændringerne for universiteternes og forskningens vilkår.

Det forhold, at kritikken kun ytres uofficielt, udenfor referat på gange, i laboratorier og kantiner, hænger selvfølgelig sammen med manglen på demokrati på universiteterne, som nu er blevet topstyrede, med bestyrelser med eksternt flertal (med overvægt af erhvervs- og undervægt af andre samfundsinteresser), ansatte ledere og stram ministeriel detailstyring. Forskere på gulvplan oplever et voksende tidspres, og man resignerer og tvivler på nytten af protest. Hvis der engang var professorvælde på universiteterne, og senere et mere demokratisk system, har vi i dag fået et managementvælde, som legitimerer sig ved ord som effektivitet, kvalitet og relevans.

Da man begyndte at tale om, at der havde bredt sig en tavhedskultur på de danske universiteter, tændtes de indre advarselsslamper og jeg tilsluttede mig en blog kaldet *Forskningsfrihed?*, opstartet i januar 2007, og lod mig siden overtale til at agere redaktør, da dens stifter (måske sigende for situationen) ikke ønskede at stå frem ved eget navn.

Det har altid en vis terapeutisk funktion at give luft for sin harme, men hjælper det overhovedet noget at ytre sig kritisk på en blog? Jeg er ikke ekspert i politisk kommunikation, men meget tyder på at de politiske blogs i Danmark og andre steder i verden får stigende betydning. Med et så snævert fokus som forsknings- og universitetspolitik, er der ingen tvivl om at blogmediet egner sig godt til at fremføre en præcis og uddybende kritik af skadevirkningerne af den førte forskningspolitik, uafhængigt af etablerede medier, universiteternes egne blade (som mange steder savner egentligt selvstændige redaktioner) og af fagforeningerne, selvom de også yder vigtige bidrag. Bloggen skrives af forskere, har en håndfuld aktive skribenter og en større gruppe støtter, kommentatorer og potentielle bidragydere fra alle hjørner af det videnskabelige landskab. Vi modtager gerne flere repræsentanter fra naturvidenskaberne. Skribenterne bidrager ud fra egne standpunkter, man skal ikke have tilsluttet sig

noget bestemt forskningspolitisk program, formålet er ganske enkelt forskningspolitisk debat (mere om det redaktionelle på redfriforsk.blogspot.com).

En af bloggens ydelser er at tilvejebringe materiale som gør det lettere for universiteternes forskere at orientere sig om de ændringer og forringelser, der pågår. Manglen på demokrati har ført til, at hvis ikke man tilhører en snæver kreds af den nye nomenklatura af rektorer, dekaner, prodekaner, institutledere, universitets- og fakultetsdirektører m.v., er det meget svært at følge med i debat-, hørings- og beslutningsprocesserne. Ministeriet for Videnskab, Teknologi og Udvikling ønsker at centraldirigere så mange dispositioner med så lidt debat som muligt; selv rektorkollegiet er ofte rystet over ministeriets begær efter centralstyring.

Lad mig kort nævne nogle af de udfordringer, som har været debatteret:

1. Angrebet, under kodeordet "konkurrenceudsættelse," på universiteternes basismidler, og de heraf følgende forsøg på at finde en central algoritme for fordelingen af disse efter ranking af universiteterne (et tal for 'kvalitetsvægten' af universitet n), på grundlag af såkaldte 'kvalitetsindikatorer' (reelt: indikatorer for aktivitet) for henholdsvis forskning, undervisning, vidensspredning og erhvervssamarbejde. Bemærk, at disse indikatorer ønskes benyttet universelt til at sammenligne og pointgive forskning indenfor fysik, matematik, medicin, sociologi og litteraturvidenskab efter de samme 'kvalitetsmål'!
2. Faren for at sektorforskningens kultur med høj institutionsloyalitet og begrænset ytringsfrihed udbredes til alle dele af universiteterne.
3. Reelle og potentielle begrænsninger i forskningsfrihed, herunder manglen på sikring af den individuelle forskningsfrihed, inkl. retten til frit valg af emne indenfor ansættelsesområdet. (Der er sager herom, som ikke kan diskuteres, da de forskere hvis forskningsfrihed er krænket, ikke vil stå offentligt frem).
4. Andre trusler imod den akademiske frihed såsom ytringsfrihed og chikane af enkeltpersoner (fx misforståede forsøg på at true med UVVU som retsinstit i en rent politisk debat).

5. Skævvridning af grundforskning i form af over-drevet fokus på erhvervsrelevans og 'teknolo-gioverførsel'. Forskning og udvikling kan være fint nok (især når der også tages hensyn til miljø og samfund), men der skal stadig være plads til ren nysgerrighedsdrevet videnskab.
6. Vilkaarligheden og den manglende dokumentation af fornuften i større organisatoriske ændringer såsom universitetsfusioner og nedlæggelse af censorinstitutionen.
7. Knapheden af forsøg på at sætte den ændrede universitetspolitik i Danmark og andre lande ind i en større samfundsmæssig og teoretisk kontekst (se hertil [1], [2], [3], [4]).

Det er, som om videnskaberne interesser ikke gøres særligt kraftigt gældende af nogen indflydelsesrige organisationer (desuagtet gode bidrag til debatten fra Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab). Universiteterne er blevet for erhvervs- og managementrettede; forskningspolitikere ser dem som spydspidser i det fantasme, der hedder "den globale konkurrence om uddannelse"; fagforeningerne er ikke stærke nok og ikke helt gearede til at varetage andet end løn- og ansættelsesfaglige interesser; og endelig fokuserer videnskabsjournalistikken med få undtagelser kun på sit kerneområde, formidling. Det er i dette landskab, den nye blog er

dukket op. Politikerne og bureaukraterne har sat sig på forskningspolitikken, og der er nu behov for en ny videnskabspolitik.

Litteratur

- [1] Hans Fink m.fl. (2003), *Universitet og Videnskab*, Hans Reitzel, Kbh.
- [2] Sheila Slaughter m.fl. (2004), *Academic Capitalism and the New Economy*. John Hopkins University Press, Baltimore.
- [3] Helga Nowotny et al. (2001), *Re-Thinking Science*. Cambridge, Polity.
- [4] John Krejsler (2006), "Discursive Battles about the Meaning of University: the case of Danish university reform and its academics", *European Educational Research Journal* 5 (3-4): 210-220.



Claus Emmeche er redaktør på bloggen *Forskningsfrihed?* <http://redfriforsk.blogspot.com>. Han er biolog og videnskabsteoretiker og leder af Center for Naturfilosofi og Videnskabsstudier ved Københavns Universitet (www.nbi.dk/natphil).

Foreningsnyt – foredrag i efteråret

Astronomisk Selskab

Jagten på Universet.

Udforskningen af Universet foregår i Danmark på mange fronter: På den helt store kosmologiske skala forskes der i mørk energi og mørkt stof. Galakser, der kan ses som universets byggesten er små på kosmologisk skala, mens de eksternt voldsomme energiudblud, der finder sted i gammaglimt, nærmest er mikroskopiske på denne skala. Universets historie og bestanddele, store som små, udforskes gennem de mange forskellige typer observationer, som vi kan foretage her fra jorden, eller fra satellitter.

Vi skal i denne foredragsrække høre om det seneste nye indenfor denne udforskning af Universet, fra den helt store skala til universets noget mindre, men meget energirige fænomener. Forelæserne er nogle af de danske

forskere, der befinder sig i den absolutte front af disse forskningsfelter.

Der er gratis adgang for medlemmer af Astronomisk Selskab og Tycho Brahe Planetarium, tilmelding er ikke nødvendig. Eventuelle ændringer af tid og sted vil blive annonceret i Knudepunktet.

Foredragene afholdes i samarbejde mellem Astronomisk Selskab, Tycho Brahe Planetarium og Folkeuniversitetet. Foredragsarrangører: Michael Linden-Vørnle, Torben Arentoft og Bertil Dorch.

Selskabet for Naturlærens Udbredelse

Foredragene i dette efterårs mødeprogram er markeret med 'SNU', og er beskrevet på SNU's hjemmeside, www.naturvidenskab.net. Tilmelding til virksomhedsbesøget den 8/10 kan ske til bente.egaa@uni-c.dk.

Foredragene afholdes på følgende adresser:

AS (Kbh): Auditoriet, Juliane Maries Vej 30, 2100 Kbh. Ø

AS (Årh): Matematisk Inst., Aarhus Universitet, Ny Munkegade, Bygn. 530, Aud. D, 8000 Århus C

SNU: Geologisk Museum, Øster Voldgade 5-7, Kbh. K (www.naturvidenskab.net).

Foredragskalender

Dato	Tid	Foredragstitel	Foredragsholder	Forening
Sep.				
3/9	19.15	"Mørkt stof"	Steen Hansen	AS (Kbh)
10/9	19.15	"Mørkt stof"	Steen Hansen	AS (Årh)
24/9	19.15	"Støv og galakser"	Peter Laursen	AS (Kbh)
17/9	19.30	"Foredrag om akustik",	Per V. Brüel	SNU
Okt.				
1/10	19.15	"Støv og galakser"	Peter Laursen	AS (Årh)
8/10	19.30	Virksomhedsbesøg hos Widex (tilmelding via naturvidenskab.net)		SNU
22/10	19.15	"Gammaglimt"	Johan Fynbo	AS (Kbh)
29/10	19.15	"Gammaglimt"	Johan Fynbo	AS (Årh)
29/10	19.30	"På (lyd)sporet af bedøvelse"	Andrew D. Jackson	SNU
Nov.				
12/11	19.15	"Quarks i kosmos"	Jes Madsen	AS (Kbh)
19/11	19.15	"Quarks i kosmos"	Jes Madsen	AS (Årh)
19/11	19.30	"Nye støjværn ved motorveje"	Vejdirektoratet	SNU
Dec				
3/12	19.15	"Mørk energi"	Ole Bjælde	AS (Kbh)
10/12	19.15	"Mørk energi"	Ole Bjælde	AS (Årh)
10/12	19.30	"Juleforedrag om lyd"	Niels Bjerrum	SNU

Dansk Geofysisk Forenings Rejselegat

Ansøgningsfrist 1. oktober 2007.

Målgruppe: 2.-dels geofysikstuderende ved KU og AU, som ønsker dækning af registreringsgebyr og rejseudgifter ved deltagelse i konferencer, møder, feltarbejde, udlandsophold eller lignende.

Støtte: Op til 10.000 kr. årligt, der deles ud i flere portioner.

Ansøgning: Skal indeholde beskrivelse af formål, forventet budget, en kopi af bachelorbevis/karakterudskrift samt udtalelse fra vejleder eller lignende. Der skal efterfølgende afleveres en kort redegørelse.

Sendes til: Dansk Geofysisk Forening, Is og Klima, Niels Bohr Institutet, Juliane Maries Vej 30, 2100 København Ø.

Astrotræf på Stevns Natur Center

5.-7. oktober afholdes et astronomisk træf på Stevns Natur Center. Træffet byder på observationer under Stevns mørke stjernehimmel, mulighed for erfaringsudveksling med astronomi-interesserede fra hele landet og naturoplevelser ved Stevns Klint, som er astronomisk interessant da spor i klinten fortæller om et gigantisk meteoritnedslag for 65 millioner år siden. Kristian Pedersen fra Københavns Universitet holder

foredrag om "gammaglimt og det mørke univers" og Morten Bech Kristensen fortæller om fotografi af Sol-systemets objekter med simple midler. Træffet arrangeres af Astronomisk Selskab og Astronomisk Forening for Køge Bugt men er åbent for alle interesserede. Pris 250 kr/person inkl. underholdning, seks måltider og overnatning på naturcenterets sovesal. Tilmelding senest 28. september. Se yderligere information på: www.afkb.dk/stevns



På træffet skal vi naturligvis se nærmere på det berømte fiskelerlag, som blev dannet for 65 millioner år siden, samtidigt med at dinosaurerne uddøde. Her viser Peder Danielsen fiskelerlaget som er det mørke lag i den hvide kalk.

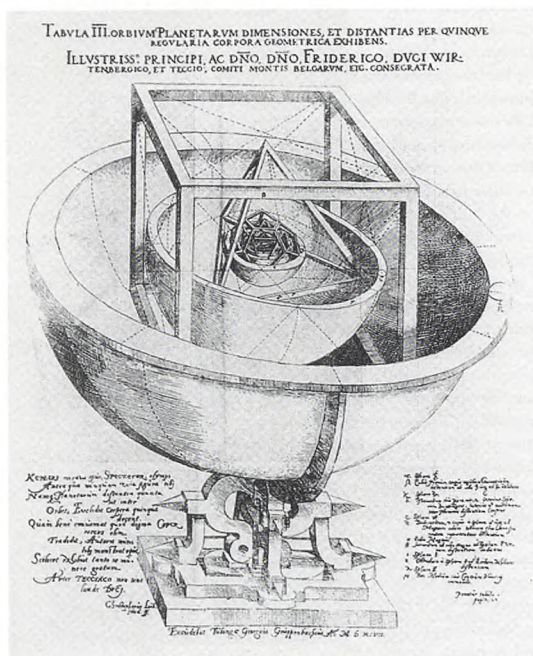
Fra Aristoteles til Newton – Træk af den naturvidenskabelige tænkemådes historie

Af Carl Henrik Koch, Institut for Medier, Erkendelse og Formidling, Københavns Universitet

“Der foregik ikke en naturvidenskabelig revolution, og dette er en bog om den”, skrev videnskabshistorikeren Steven Shapin i “The Scientific Revolution” fra 1996. Selve betegnelsen “den naturvidenskabelige revolution” er næppe mere end 75 år gammel, og siden den blev indført har der været diskussion om, hvorvidt der virkelig foregik en naturvidenskabelig revolution i det 17. århundrede, eller der blot er tale om en myte. I artiklen tages spørgsmålet op til en fornyet drøftelse.

Det 17. århundredes naturvidenskabelige revolution

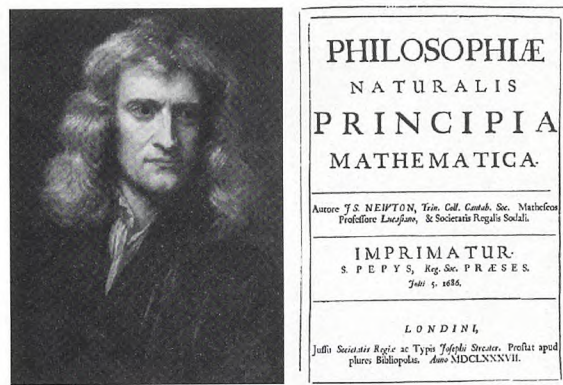
Man taler ofte om, at det 17. århundredes Europa oplevede en naturvidenskabelig revolution, der satte den stadigt accelererende videnskabelige udvikling i gang, som vi i dag ikke alene drager umådelig nytte af, men hvis virkninger vi også frygter. Videnskabshistorikere har imidlertid været uenige om, hvad denne revolution gik ud på, ja, nogle har endog hævdet, at den aldrig har fundet sted, og at den moderne naturvidenskab står på skuldrene af middelalderens og renæssancens naturfilosofi. Tanken om den videnskabelige udvikling som diskontinuert, dvs. som en serie af brud eller paradigmeskift, står over for en opfattelse af, at naturvidenskabens har udviklet sig kontinuert.



Figur 1. Tegning fra Johannes Keplers værk “Mysterium cosmographicum” (1596), der søgte at forklare størrelsen af planeternes baner ved hjælp af de platoniske legemer.

Uanset hvilken synsvinkel man anlægger, er der enighed om, at der skete noget i det 17. århundrede. Kongerækken: Johannes Kepler (1571-1630), Galileo Galilei (1564-1642) og – den største af dem alle – Isaac Newton (1642-1727) er ikke til at overse. Udviklingen fra Keplers *Mysterium cosmographicum* (Det kosmiske

mysterium) fra 1596, hvori han på spekulativt grundlag søgte at afdække universets matematiske natur, til Newtons *Philosophia naturalis principia mathematica* (Naturfilosofiens [dvs. fysikkens] matematiske principper, blot kaldt *Principia*) fra 1687, taler for sig selv. I dette værk blev den matematiske fysik systematiseret ud fra få fysiske begreber og principper ved hjælp af, hvad Newton selv kaldte en matematisk kraft, nemlig massetiltrækningskraften.



Figur 2. Isaac Newton (1642-1727) og titelbladet fra hans værk “Principia” (1687), der forklarede planeternes bevægelser ved hjælp af massetiltrækningskraften.

Hermed kulminerede fysikkens udvikling i det 17. århundrede samtidig med, at der skabtes en frugtbar grobund for videre udvikling. Noget lykkedes inden for naturvidenskabens i det 17. århundrede, noget, som uden held var forsøgt før, nemlig at skabe en matematisk fysik.

Men også andet ændrede sig inden for det 17. århundredes videnskab. Hvor videnskabens i renæssancen (ca. 1350-1600) var forbeholdt de få, de indviede, dvs. havde været et esoterisk anliggende, blev den op igennem det 17. århundrede i stadigt større omfang et offentligt eller eksoterisk anliggende ikke mindst i forbindelse med den praktiske udnyttelse af den nyindvundne viden. De videnskabelige sandheder blev ikke længere anset for at profaneres ved at blive offentligt kendt.

Ikke mindst fik vi i det 17. århundrede et andet begreb om naturlove end tidligere, ja selve begrebet om den natur, som var naturvidenskabens genstand

ændredes radikalt. Hvor en naturlov tidligere havde været en universel sand sætning, hvori en bestemt mængde af fænomener tilskrives bestemte, konstante karakteristika, blev naturloven hos Galilei en konstant relation mellem variable fænomener. I den klassiske tradition fra "videnskabens fader" Aristoteles (384-322 f.Kr.) var naturlove i almindelighed svar på spørgsmål af typen "Hvad er dette eller hint fænomens væsen (essens)?" svaret på, hvad der fx er menneskets væsen, var, at mennesket er et tænkende dyr. Hos Galilei og i den tradition inden for naturvidenskaben, som stammer fra ham, er naturlove overvejende svar på spørgsmål af typen: "Hvilke forhold bestemmer dette eller hint fænomens varieren?" svaret på, hvad der fx bestemmer faldlængden s for et frit faldende legeme ved faldtiden t er, at den variable faldvej er bestemt af faldtiden i anden potens. Det er dette svar, som vi i dag kender som faldloven.

Hvor naturen ud fra en aristotelisk tankegang havde træk fælles med organismer – naturprocesserne er bestemt af stræben efter at virkeliggøre bestemte formål – eller at den ligefrem, som hos en række tidligere græske naturfilosoffer og i renæssancefilosofien, opfattes som en organisme, en aktivt frembringende moder, blev naturen i det 17. århundrede et kompliceret maskineri af materielle partikler. Ofte taler man om det 17. århundredes mekaniske naturopfattelse i modsætning til renæssancens organicistiske natursyn. Naturen var derfor først og fremmest en ressource for mennesket i dets kamp for bedre livsvilkår. Kemikeren Robert Boyle (1627-1691) argumenterede ligefrem for, at tidens mekaniske naturopfattelse var den rette kristne naturopfattelse. I den mosaiske skabelsesberetning er kun guddommen skabende og frembringende. Forestillingen om en skabende og frembringende natur måtte således være i strid med traditionelle kristne forestillinger.



Figur 3. Robert Boyle (1627-1691) anså den mekaniske naturopfattelse for at være den rette kristne naturopfattelse.

Mit foreløbige svar på spørgsmålet: "Hvori bestod det 17. århundredes naturvidenskabelige revolution?" bliver således i al korthed, at det lykkedes at give en matematisk beskrivelse af den fysiske verden, og at det ændrede begreb om naturlove og om naturen selv accelererede både naturvidenskabens udvikling og den praktiske udnyttelse af dens resultater. Hvis der er tale om en revolution skyldes dette snarere en ændret måde at betragte naturen på, dvs. noget begrebsmæssigt, end opnåede resultater.

Med henblik på at begrunde eller belyse mit svar skal jeg i det følgende kort søge at beskrive

1. De antikke naturvidenskabelige traditioner, som var levende langt op i det 17. århundrede,
2. Det astronomiske nybrud i renæssancen,
3. Træk af renæssancens naturfilosofi, og
4. Den mekaniske naturopfattelse.

Men før jeg går i gang med dette program skal jeg gøre opmærksom på en principiel pointe i mit syn på videnskabens historie.

Videnskabens historie er ikke de for øjeblikket accepterede opfattelsers historie, men omfatter de institutioner, opfattelser og personer, der på et givet tidspunkt og inden for rammerne af en given samfundsstruktur har spillet den samme rolle, som de videnskabelige institutioner, videnskabelige teorier og forskere gør i dag. Derfor har fx også astrologi, alkymi og magi en plads i videnskabshistorien på linje med astronomi og kemi, og Aristoteles, hvis fysiske opfattelse dominerede europæisk naturvidenskabelig tænkning i næsten tusinde år, er videnskabshistorisk lige så betydningsfuld som fx Newton og Einstein. Videnskabshistorie er også historien om de opfattelser, vi i dag finder fejlagtige.

1. De antikke naturvidenskabelige traditioner

Platon og platonismen

Tre traditioner beherskede antikkens naturvidenskabelige tænkning, platonismen, aristotelismen og hvad man kunne kalde den positivistiske tradition, hvis ophavsmand var Archimedes (287-212 f. Kr.). Den første er endnu levende inden for matematikkens filosofi, den anden døde ud i det 17. århundrede, og den tredje fik med Galileis fysiske arbejder sit gennembrud i samme århundrede og præger stadig vores dages naturvidenskabelige tænkning.

Platonismen har sit navn efter ophavsmanden, den græske filosof Platon (427-347 f.Kr.). En videnskab, mente Platon, måtte lig geometrien bestå af evigt sande sætninger, hvori en eller flere genstande tilskrives en egenskab. Det usikre og sandsynlige kan ikke påberåbe sig videnskabelig status. Og når der er tale om evigt sande udsagn, må de genstande, disse udsagn handler om, være evige og uforanderlige.

Fx er det en egenskab ved en retvinklet trekant, at vinkelhalveringslinjerne skærer hinanden i et punkt.

Og det er en egenskab ved 4, at det er kvadrattallet af 2. Men de trekanten og tal, der tales om i geometri og aritmetik er ikke de tegnede trekanter og ikke de benævnte størrelser, som vi kender fra den verden, vi lærer at kende gennem vore sanser. Erfaringsverdenen er en foranderlighedens verden. De geometriske figurer og tallene hører til i en ideel virkelighed.

Når vi når til en erkendelse af, hvad der karakteriserer et menneske, er det ikke dette eller hint menneske, vi erkender noget om, men mennesker i almindelighed. Noget sådant findes ikke i erfaringsverdenen. Her findes Peter, Poul osv. Tallet 1 eller en trekant i almindelighed, som geometriens sætninger om trekanter handler om, findes heller ikke i erfaringsverdenen. Her findes fx enkroner og mere eller mindre nøjagtigt konstruerede konkrete trekanter. Et menneske som sådant er noget ideelt. Platon skelnede mellem en sanse- eller fænomenverden på den ene side og en idéverden på den anden, og videnskabens sætninger angår den sidste. Hvad er nu forholdet mellem disse to verdener?

Når vi fx siger, at dette er en trekant eller et menneske, så må vi i forvejen vide, hvad der karakteriserer en trekant eller et menneske. Vi må, ville Platon sige, have viden om trekantens eller om menneskets idé, som de mennesker og trekantformede legemer, der foreligger i fænomenverdenen, så at sige er en slags billede af. Netop på grund af, at det forholder sig således, kan en tegnet trekant få os til at tænke på den ideelle trekant, som er geometriens genstand.

Denne opfattelse kom til udtryk i antikkens astronomi. Himmellegerne er fuldkomne legemer og må følgelig bevæge sig i fuldkomne baner. Den mest fuldkomne bane er cirkelbanen, idet begyndelsespunktet og endepunktet falder sammen. Men nogle himmelleger, nemlig planeterne – ordet kommer fra det græske ord for en omstrejfende person – bevæger sig tilsyneladende ikke i cirkelbaner. Opgaven for astronomen er derfor at forklare planeterne's gang over himmelhvælvingen ud fra et bagvedliggende system af cirkelbevægelser. Eller som det blev sagt inden for den platoniske tradition, det gjaldt om at "redde fænomenerne", dvs. at søge at reducere planeterne's uregelmæssige baner til cirkelbaner.

Den antikke astronomi kulminerede i alexandrineren Claudius Ptolemæus' (100-170) systematisering af antikkens astronomiske viden i, hvad der senere er blevet kaldt det ptolemæiske verdensbillede, hvor Universet opfattes som et endeligt univers, i hvis centrum den ubevægelige Jord befinder sig, og alle himmellegeres baner forklares ud fra det bagvedliggende system af regelmæssige cirkelbevægelser. For den antikke naturfilosofi, der stod på skuldrene af Platons filosofi, var opgaven at finde den matematiske struktur, der lå bag fænomenverdenens evige omskiftelser. Men med aristotelismens indtog i højmiddelalderen, kom dennes afvisning af, at matematikken kunne bruges som redskab til beskrivelse af den fysiske verden til med enkelte undtagelser at dominere middelalderens naturvidenskab. Først i det 17. århundrede lykkedes det at gendrive den aristoteliske fysik.

Aristoteles og aristotelismen

Hvor Platon hentede sit erkendelsesideal fra matematikken, var især biologien det grundlag, hvorpå Aristoteles opbyggede sin naturfilosofi. I den organiske verden kan vi iagttage ændringer, der har karakter som vækstprocesser. Hvad er det, der driver disse vækstprocesser fremad, dvs. hvad er årsagen til dem? For Aristoteles og stort set for de næste par årtusinders naturvidenskab var videnskab lig viden om årsager.

Et agern udvikler sig under gunstige omstændigheder til et fuldtudviklet egetræ. I agernet ligger, mente Aristoteles, en mulighed for at blive et sådant, og vækstprocessen er en virkeliggørelse af denne mulighed. Al bevægelse, alle ændringer i naturen, er en overgang fra mulighed til virkelighed. Virkeliggørelse er bestemt af endemålet, i dette tilfælde af det fuldtudviklede egetræ. Dette vil igen sige, at vi i dette har årsagen til den vækstproces, som tager sit udgangspunkt i agernet. Det er altså processens formål, der er dens årsag. En sådan lære om formålsårsager, som falder naturlig også for os i dag at anlægge, når talen er om biologiske fænomener, er grundlaget for den aristoteliske fysik.

Fysiske genstande er enten lette eller tunge. Hvis de tunge løftes op fra jordoverfladen, hvor de naturligt hører hjemme, falder de i en retlinet bane tilbage til deres naturlige sted, når understøttelsen fjernes. Omvendt med de lette. De stiger til vejrs ligeledes i en retlinet bane. Denne dagligdags opfattelse var også Aristoteles'. Det aristoteliske univers er som vores dagligdags univers et orienteret univers, et univers, hvor nogle naturlige bevægelser har retning opad, andre nedad.

Hvad bestemmer nu, at en sten, der kastes op i luften, falder tilbage til jordoverfladen? De lette genstande hører naturligt til over jordoverfladen, de tunge genstande på jordoverfladen. Når en sten løftes op over jordoverfladen er den således blevet en let ting, men det er mod dens natur eller essens, og derfor falder den ned, når den slippes. Denne faldproces er en virkeliggørelse af, hvad stenen i virkeligheden er, nemlig en tung ting. Som agernet spirer, og spiren udvikler sig til et egetræ, og således bliver til, hvad det i virkeligheden er, bliver stenen til det, den er, ved at falde ned imod jordoverfladen. Årsagen til en stens fald og årsagen til et agerns udvikling er i begge tilfælde det formål, der skal virkeliggøres.

Hvor de naturlige (i modsætning til tvungne) bevægelser nær jordoverfladen eller – som Aristoteles sagde – i sphæren under Månen er retlinede, er den naturlige bevægelse over Månen en cirkelbane. I modsætning til den platoniske tradition tilskrev aristotelismen op igennem middelalderen disse baner en fysisk realitet, idet det endelige univers blev anset for at være opbygget af en række koncentriske kugleskaller med centrum i den tunge Jord, og hvorpå planeterne er heftet. Disse kugleskaller drejede rundt, en bevægelse, som guddommen er den egentlige årsag til. En egentlig fysisk forklaring på bevægelser og ændringer var kun mulig for sphæren under Månen. For sphæren over

Månen lå forklaringen uden for det fysiske univers, og naturfilosoffen var henvist til kun at beskrive de himmelske legemers bevægelser. Som universet var opdelt i to sfærer, var den aristoteliske kosmologi opdelt i en jordisk fysik og en himmelsk kinematik.

I overensstemmelse med den gængse opfattelse i antikkens Grækenland er den fysiske verden ifølge aristotelismen opbygget af de fire elementer, ild, jord, luft og vand, hvorimod den himmelske verden er opbygget af et særligt, fuldkomment femte element, det der senere i middelalderlatin blev kaldt *quinta essentia* (kvintessensen). De fire fysiske elementer er hver karakteriseret ved to af de fire grundegenskaber eller grundkvaliteter: varme, kulde, tørhed og fugtighed. Ilden er varm og tør, jorden tør og kold, luften varm og fugtig og vandet fugtigt og koldt. Netop fordi den fysiske verden i overensstemmelse hermed måtte karakteriseres kvalitativt, var det med de matematiske redskaber, der var for hånden, udelukket at give en matematisk beskrivelse af fysiske processer. Muligheden for at opbygge en matematisk fysik på aristotelisk grundlag var ikke til stede. Dette var en af grundene til, at matematikken langt op i det syttende århundrede var et fag med lav videnskabelig status.

Archimedes

Archimedes' matematiske behandling af statikken, dvs. læren om stive og flydende legemers ligevægt, er højdepunktet i oldtidens naturvidenskab: Archimedes videnskabeliggjorde kunsten at bruge vægtstænger. Matematikken handlede for Platon og platonismen om en bagvedliggende virkelighed, og havde som konsekvens af aristotelismens kvalitative verdensbillede ikke nogen fysisk anvendelse. Archimedes derimod forsøgte med held at anvende matematikken på fysiske fænomener uden at bekymre sig om filosofiske overvejelser vedrørende matematikkens karakter. Jeg har kaldt den archimediske tradition for positivistisk. Hvorfor vil fremgå af min omtale af den naturforsker, der mere end nogen anden i det 17. århundrede gik i Archimedes' fodspor, nemlig Galilei. Men først skal de astronomiske nybrud i renæssancen og renæssancens naturfilosofi kort omtales.

2. De astronomiske nybrud i renæssancen

Nicolaus Copernicus

Som det er velkendt, publicerede Copernicus i 1543 – hans dødsår – sit heliocentriske verdenssystem i *De revolutionibus orbium coelestium* (Om himmelkredsens omdrejning). Her var de fuldkomne baner, som himmellegemerne bevægede sig i, stadig cirkelbaner, men hvor centret i det ptolemæiske verdenssystem var Jorden, var det hos Copernicus Solen. Men Copernicus betjente sig af de samme matematiske midler som Ptolemæus til at "redde fænomenerne". Det var først senere, at filosoffer som Nicolaus Cusanus (1401-1464) og Giordano Bruno (1548-1600) opgav tanken om, at Universet havde et centrum. Den copernicanske astronomi er en ren kine-

matik.

Som aristotelismen antog også Copernicus, at Universet var endeligt. De retlinede, naturlige bevægelser nær jordoverfladen og de himmelske legemers naturlige cirkelbevægelser forudsatte ikke et uendeligt univers. Det var først efter at Pierre Gassendi (1592-1655) og senere René Descartes (1596-1650) havde formuleret inertisætningen – kendt under navnet "Newtons første lov" – i medfør af hvilken den retlinede bevægelse er det eneste naturlige, at Universets uendelighed måtte forudsættes. Heliocentrismen var allerede blevet hævdet af Aristarchos (310-230 f.Kr.) – en af antikkens kendte astronomer – og skønt den ikke var glemt, så var den dog anset for gendrevet. Hvis Jorden går i en bane omkring Solen måtte der kunne konstateres en variation af vinklen mellem sigtelinjerne til to himmellegemer (parallaksen) alt efter hvor Jorden befandt sig i sin bane omkring Solen. Men en sådan variation kunne ikke konstateres – det var først i 1838, at den tyske astronom Friedrich Wilhelm Bessel (1784-1846) påviste parallaksen. Copernicus imødegik indvendingen ved at hævde, at forholdet mellem Jordens afstand til Solen og hvad han kaldte firmamentets højde, dvs. fiksstjernernes afstand til Solen, var så meget mindre end forholdet mellem Jordens radius og dens afstand til Solen, at denne afstand var umærkelig i forhold til firmamentets højde. Dette måtte medføre, at vinklerne var nogenlunde konstante, uanset hvor Jorden befandt sig i sin bane.

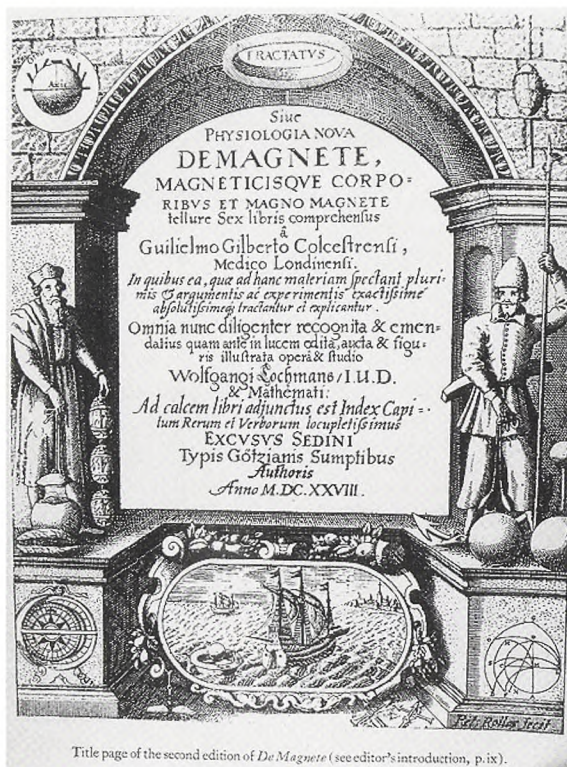
Tycho Brahe

Tycho Brahe (1546-1601) afviste Copernicus' opfattelse. Den tunge Jord kan umuligt cirkulere omkring den lette Sol. På dette punkt var der fuld overensstemmelse mellem Tycho Brahe og samtidens aristoteliske naturfilosofi. Og himmellegemernes naturlige bevægelser er stadig cirkelbevægelsen. Formålet med Tycho Brahes talrige observationer af den himmelske verden var at begrunde hans verdenssystem, der var en kombination af det heliocentriske og det geocentriske: Solen cirkulerer ligesom Månen omkring Jorden, og de øvrige planeter cirkulerer omkring Solen. Udover de for den tid uhyre nøjagtige observationer var Tycho Brahes bidrag til astronomien hans påvisning af, at kometerne bevægede sig over Månen, dvs. at middelalderens forestilling om et univers opbygget af faste, krystallinske kugleskaller var forkert. Sammen med hans iagttagelse af en supernova bidrog hans overvejelser over kometers bane også til, at der blev sat spørgsmålstejn ved forestillingen om, at den himmelske verden er evig og uforanderlig. Men verden ændrede sig selvfølgelig ikke på en dag. Også Galilei måtte i forbindelse med sine iagttagelser af solpletternes varierende størrelse kæmpe imod den gamle fordom.

Johannes Kepler

Som bekendt arbejdede Johannes Kepler i en kort, problemfyldt periode sammen med Tycho Brahe i Prag.

Efter dennes død fortsatte han med at løse den opgave, Tycho Brahe havde stillet ham, nemlig at bestemme Mars' bane. Kepler var først og fremmest interesseret i Tycho Brahes observationer for at få bekræftet det platonisk inspirerede verdenssystem, han havde opstillet i *Mysterium Cosmographicum*, men resultatet af Keplers arbejde med Tycho Brahes Mars-observationer blev de keplerske love, hvor planetbanerne i den første keplerske lov bestemmes som ellipser. Denne lov og den anden keplerske lov (radiusvektor beskriver i lige store tidsrum lige store arealer) publicerede Kepler i *Astronomia nova aitiologetos, seu physica coelestis* (Den ny astronomi baseret på årsager, eller den himmelske fysik) fra 1609. Titlen er værd at lægge mærke til. Kepler ville ikke blot som Ptolemæus og Copernicus opstille den himmelske kinematik, men også afsløre årsagerne til himmellegemernes bevægelse. Under udarbejdelsen af *Astronomia nova* skrev han i et brev, at det var hans agt at vise, at den himmelske maskine ikke er et guddommeligt og levende væsen, men en slags urværk, hvis mangfoldige bevægelser er forårsaget af en simpel magnetisk og materiel kraft. Han har her hentet inspiration hos englænderen William Gilbert (1544-1603), der i *De magnete* (Om magneter) fra 1600 havde beskrevet sine eksperimenter med fx kugleformede magneter.



Title page of the second edition of *De Magnete* (see editor's introduction, p. ix).

Figur 4. Titelbladet fra William Gilberts "De Magnete".

Mange år senere, i anden udgave af *Mysterium cosmographicum* fra 1621, skriver Kepler i en note, at hvis ordet "sjæl", som han havde brugt til at betegne årsagen til planeternes bevægelse, erstattes af ordet "kraft", så vil *Mysterium cosmographicum* ses at indeholde de principper for den himmelske fysik, som han havde fremlagt i *Astronomia nova*. Skønt det aldrig

lykkedes for Kepler at opstille en tilfredsstillende dynamik for himmellegemerne, dvs. en teori, der bestemmer bevægelserne ud fra deres årsager, var forestillingen om eksistensen af en fysisk kraft ledende for hans udformning af de matematiske love for Universet. På trods af, at han i forsøget på at opdage den matematiske struktur, der ligger bag den virkelighed, vi kender til gennem vore sanser, var påvirket af platonismen, tænkte han ikke kun matematisk, men også fysisk.

3. Træk af renæssancens naturfilosofi

Keplers afvisning af forestillingen om Universet som guddommeligt og levende var vendt imod renæssancens natursyn. Mere end 100 år senere, i anden udgave af *Principia* fra 1713 afviste også Newton renæssancens forestilling om en levende, besjælet natur. I den afsluttende, forklarende bemærkning skrev han bla. om guddommen, at: "Han styrer alt, ikke som en verdenssjæl, men som en herre over alt." Fysikeren Newton måtte også inddrage guddommen i sine overvejelser over Universet, men ikke på den måde, som det var sket hos visse renæssancefilosoffer. Newtons bemærkning antyder, at den naturvidenskabelige revolution i lige så høj grad var et opgør med renæssancens natursyn som med middelalderens aristotelisme.

Naturbegrebet i den såkaldte renæssancenaturalisme var begrebet om en skabende, levende og dermed besjælet natur. Centralt stod begrebet om en verdenssjæl hentet fra nyplatonikeren Plotin (ca. 205-270) – som det aktiverende og skabende princip bag Altets mangfoldighed. Naturen er en moder natur, gennemstrømmet af åndelige kræfter. Renæssancevidenskaberne alkymi, astrologi og magi bygger på dette natursyn. Alkymisten skulle i sit laboratorium genskabe de forhold, der herskede i Jordens moderskød, så der i hans kolber på samme måde som i Jordens hulheder kunne vokse metaller frem. Astrologen skulle påvise, hvorledes de åndelige kræfter, som har deres sæde i himmellegemerne, øver indflydelse på menneskenes skæbne, og da den ånd, der gennemstrømmer alt, er en meget subtil materie, kunne magikeren ved hjælp af sin forestillingsevne påvirke mennesker og situationer fjernt fra det sted, han befandt sig. Descartes' skarpe skel mellem den materielle substans, hvis væsen er udstrækning, og den åndelige substans, hvis væsen er tænkning, var netop et opgør med den naturopfattelse, som renæssancens såkaldte esoteriske videnskaber hvilede på. Ved at skelne skarpt imellem de to arter af substanser og dermed fjerne det ikke kvantificerbare fra det fysiske verdensbillede, blev Descartes en af hovedmændene bag den mekaniske naturopfattelse.

4. Den mekaniske naturopfattelse

Galileo Galilei

Kepler havde reformeret astronomien ved i sin planetteori at inddrage overvejelser over hvilken kraft, der bevæger planeterne. Galilei skabte grundlaget for en matematisk fysik ved i sine overvejelser at se bort

fra spørgsmålet om bevægelsens årsag og udelukkende give en matematisk beskrivelse af bevægelsen. Ved at undlade at stille det aristoteliske spørgsmål og afvise, at et legemes naturlige bevægelse bestemmes af dets essens (at det ifølge sin natur er et tungt eller et let legeme) åbnede han muligheden for en matematificering af fysikken.



Figur 5. Galileo Galilei (1564-1642).

I sine breve om solpletterne fra 1613 (*Istoria [...] delle macchie solari*) skrev Galilei, at videnskabens genstand ikke er de fysiske genstandes essens, men derimod de egenskaber, vi kan tilskrive dem ud fra iagttagelsen. Fysisk viden angår uanset om der er tale om jordiske eller himmelske legemer den verden, vi lærer at kende gennem vore sanser, og ikke, som Galilei skrev i sin store dialog fra 1632 om de to store verdenssystemer, det ptolemæiske og det copernicanske, (*Dialogo sopra i due massimi Sistemi del Mondo; Tolemaico, e Copernicano*), en papirverden, dvs. en modelforestilling opstillet ad tankens vej. Hans angrebsmål var ikke alene aristotelikerne, men også platonikerne og måske især den keplerske platonisme. Året efter at dialogen var udkommet, skrev Galilei endvidere, at Keplers måde at filosofere på var meget dristig og forskellig fra hans egen. Fysikeren beskæftiger sig med virkeligheden, som den foreligger for sanserne og søger ikke efter bagvedliggende årsager. Dette er en tankegang, som i dag vil blive kaldt positivistisk.

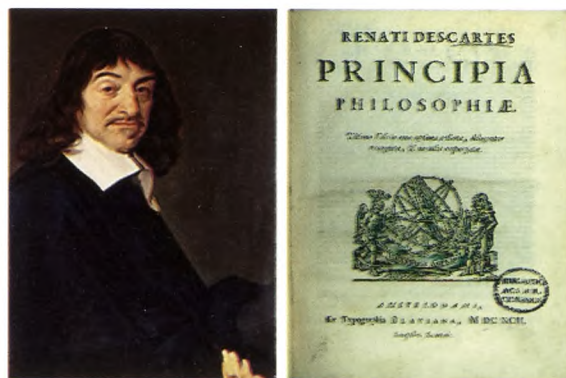
I 1623 udsendte Galilei et stridsskrift med titlen "Guldvægten" (*Il Saggiatore*) i forbindelse med en standende debat om kometernes natur. Her skrev han, at naturfilosofien står skrevet i naturens store bog, som altid er åben for os, og som kun forstås af den, der har lært det sprog, hvori den er skrevet. Og han fortsætter med den berømte udtalelse, at denne bog "er skrevet i matematikkens sprog og dens bogstaver er trekanter, cirkler og andre geometriske figurer, uden hvilke det er umuligt for mennesket at forstå et eneste ord." Matematikken er et instrument, som fysikeren betjener sig af og må betjene sig af, idet den matematiske erkendelse er sikker erkendelse; men matematikkens anvendelse på den faktiske, iagttagbare virkelighed kan kun retfærdiggøres ved de opnåede resultater. I sin opfattelse

af fysikkens karakter var Galilei i fuld overensstemmelse med den naturvidenskabsmand, han havde størst respekt for, nemlig Archimedes. Men forudsætningen for matematikkens anvendelse var, at aristotelismens kvalitative verdensbillede blev afløst af et kvantitativt.

Begrebet om en fysisk genstand, skrev Galilei i "Guldvægten", er knyttet sammen med forestillingen om en bestemt form, en bestemt position på et bestemt tidspunkt, og en bestemt bevægelsestilstand på samme tidspunkt. I begrebet indgår også, om genstanden berører andre materielle genstande, og om den er sammensat eller usammensat. Disse træk ved fysiske legemer er uadskillelige fra forestillingen om dem. Derimod synes egenskaber som varme, kulde, fugtighed og tørhed, og om den lugt og smag osv., der er forbundet med dem, ikke nødvendigvis at være indeholdt i vort begreb om en fysisk genstand. Uden sanseorganer ville vi aldrig danne forestillinger om disse træk, hvormed genstandene opleves; de opstår først, når en genstands mindste dele, som har en bestemt form, størrelse og bevægelsestilstand, påvirker vore sanseorganer og har ingen eksistens uafhængig af den sansende bevidsthed. Der er derfor ikke tale om egenskaber, der kan tilskrives de fysiske genstande. De er subjektive. Man taler om, at Galilei knæsatte princippet om sansekvaliteternes subjektivitet. Da de egenskaber, der med rette kan tilskrives fysiske legemer kan tilknyttes måletal, ligger vejen åben for en matematisk beskrivelse af den fysiske verden. Skønt Galilei således forberedte den mekaniske naturopfattelse, blev en sådan først systematisk udformet af andre, ikke mindst af Descartes.

René Descartes

I 1644 udkom Descartes' *Principia Philosophiae* (Filosofiens principper), hvori universet skildres som et kompakt system af materielle partikler, hvis indbyrdes interaktion var underkastet matematisk formulerbare naturlove, som kunne opstilles ud fra et relativt lille antal fundamentale mekaniske love for materielle legemers sammenstød. Skønt Descartes' fysik ret hurtigt viste sig at være uholdbar, genfindes den systematiske opbygning af videnskaben om Universet i Newtons *Principia*, hvis titel – hvilket ikke er utilsigtet – minder om Descartes' værk.



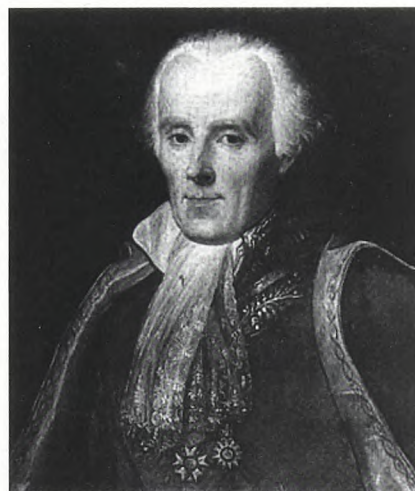
Figur 6. René Descartes (1596-1650) og titelbladet fra hans værk "Principia Philosophiae" (1644).

Isaac Newton

Forestillingen om, at den naturlige bevægelse i sfæren over Månen var en cirkelbevægelse men i sfæren under Månen var retlinet, fik sit endelige dødsstød med Newtons lære om massetiltrækningskraften, den kraft, der får et æble til at falde til jorden og holder Månen i dens bane. I Galileis ånd er *Principia* en bog om matematiske principper anvendt på naturen i den udstrækning, naturen fremstår ud fra eksperimenter og iagttagelser. I forbindelse med de indledende definitioner advarer han læseren mod at tro, at han med ord som tiltrækning, impuls eller dragning imod et center "karakteriserer en art eller en slags aktivitet eller en fysisk årsag eller grund, eller at jeg i sand og fysisk betydning tilskriver centre fysiske kræfter, når jeg siger, at centre tiltrækker eller at centre besidder kræfter." Massetiltrækningskraften er i *Principia* en "matematisk kraft". Begrebet om den bringer orden i naturerkendelsen, men i *Principia* tilskrives den ikke nogen fysisk realitet. Hans berømte udtalelse "Hypothesis non fingo", "jeg udtænker ikke hypoteser", er netop udtryk for, at han ikke – i hvert fald ikke i *Principia* – vil forsøge at udtænke, hvilken kausal mekanisme, der skulle være den fysiske realitet, som kunne beskrives som en massetiltrækningskraft.

Det betyder ikke, at Newton andre steder afholdt sig fra at søge kausale forklaringer på massetiltrækningen fx ved en æterteori. Det lykkedes ham imidlertid aldrig fysisk at fundere begrebet om en kraft, der virker over store afstande, der aftager ikke blot i forhold til, at afstanden mellem genstande forøges, men i forhold til kvadratet på afstanden, og virker som om et legemes hele masse er koncentreret i et legemes geometriske centrum. Nogle i samtiden, fx det fransktyske universalgeni Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), fandt, at Newton med sit begreb om massetiltrækningskraften havde genindført de okkulte, åndelige kræfter fra renæssancens natursyn i fysikken, som hans forgængere havde elimineret fra det fysiske verdensbillede.

Principia betragtes med rette som indfaldsporten til den moderne fysik. Men dette til trods, er der også træk i værket, der peger bagud. Det newtonske univers – som antages at være skabt af en guddom – må også til stadighed opretholdes af samme guddom for ikke at smelte sammen i et stort centrallegeme. Overvejelser over Gud, skrev Newton i første udgave af *Principia* "er visse en del af naturfilosofien". Det sidste ord var i anden udgave fra 1713 udskiftet med "den eksperimentelle filosofi." Og hvad der er skabt af Gud har også et bestemt formål. En sådan betragtningsmåde inddrog Newton i sine overvejelser over kometer. Det var først den franske matematiker og fysiker Pierre Simon de Laplace (1749-1827), forfatteren til *Exposition du système du monde* (Fremstilling af verdenssystemet, 1796), der på Napoleons spørgsmål om, hvor Gud befandt sig i hans system, stolt kunne svare: "Jeg har ikke brug for denne hypotese!" Newton havde.



Figur 7. Pierre Simon de Laplace (1749-1827) havde ikke brug for Gud i sin "Fremstilling af verdenssystemet" (1796).

Var naturvidenskabens udvikling i det 17. århundrede en revolution?

Et af de ofte diskuterede problemer i videnskabsfilosofien er forholdet mellem iagttagelser og eksperimenter på den ene side og de begreber og teorier, der bruges til beskrivelse af iagttagelser og til at bestemme eksperimenterne på den anden. Også når forholdet anskues ud fra en historisk synsvinkel, er svaret ikke indlysende. På mange måder synes den naturvidenskabelige teoriudvikling i det 17. århundrede og den systematiske udforskning af naturen at gå hånd i hånd med den begrebsmæssige udvikling. Traditionelle og nyvundne begreber står side om side, og synes begge at bidrage til naturvidenskabens hastigt voksende indsigt. Svaret på det stillede spørgsmål bliver således både "ja" og "nej". Den tyske digter Novalis (Friedrich von Hardenberg, 1772-1801) sammenlignede naturvidenskabens teorier og begreber med fiskenet. Størrelsen af de fisk, man fanger, er bestemt af nettets masker. Billedet er senere ofte blevet brugt. I de net, som en række af det 17. århundredes naturforskere kastede ud, blev der fanget mange store fisk. Der var, som jeg tidligere har skrevet, noget der lykkedes i det 17. århundrede, som ikke var lykkedes tidligere. Om man vil kalde det en revolution eller ej er en smagssag.



Carl Henrik Koch, født 1938, mag. art. i filosofi (1965), ansat ved Københavns Universitet 1966, dr. phil. 1990. Har især virket som filosofihistoriker og har siden 2003 udgivet 3 bind om den danske filosofis historie fra oplysningstiden til det 20. århundrede, været medforfatter til et bind om dansk renæssancefilosofi og bidraget til *Dansk Naturvidenskabs Historie*, bd. 1 (2005) og bd. 4 (2006).

KVANT-nyheder

Af John Rosendal Nielsen og Sven Munk, KVANT

Lysende Silicium

FASTSTOFFYSIK. Fordi halvlederindustrien gennem årene er blevet meget fortrolig med at lave halvlederkomponenter af Si, har der længe været et ønske at få Si til at udsende lys. Det ville betyde, at optoelektroniske funktioner kunne integreres i gængse halvlederkredsløb. Energibåndstrukturen i Si forhindrer imidlertid, at dette kan blive virkelighed. Derfor finder man, at halvlederlasere og LED ofte baseres på grundstoffer fra hovedgruppe III-V som GaAs og InP.

Man har i nogen tid vidst, at nanokrystallinsk Si kunne bringes til at udsende lys, når det blev exciteret med laserlys. Dimensionerne af disse nanokrystaller er så små, at båndstrukturen er forandret. Dette på en sådan måde, at der lettere udsendes fotoner, når en elektron bevæger sig fra ledningsbånd til valensbånd. Dette førte til idéen om, at man kunne frembringe lokale båndstruktur-forandringer med en svag datering af passende fremmedatomer. Det område i Si-krystallen, som mærker tilstedeværelsen af fremmedatomet skal have en diameter på nogle få nanometer.

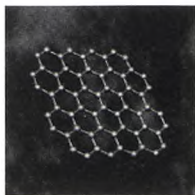
For at fremkalde den lysemitterende virkning i Si gør man følgende: En Si-krystal forsynes med et 100 nm tykt lag af Si-dioxid. Med en ionstråle føres Eu-atomer så enkeltvis ind i Si-krystallen. Sender man en strøm gennem Si-krystallen, vil det ved lav strømstyrke lyse rødt, medens der ved en 20 gange kraftigere strøm kommer blåt lys fra krystallen. Forskerne mener, at denne strømstyrke-afhængighed skyldes, at Eu kan optræde med forskellig oxidationstrin Eu(II) og Eu (III). Forskernes tidligere forsøg med andre sjældne jordarter som Terbium og Gadolinium frembragte UV, blå, grøn og IR stråling.

Kilde: S. Prucnal, W. Skorupa, J.M. Sun, M. Helm, "Switchable two-color electroluminescence based on a Si metal-oxide-semiconductor structure doped with Eu" Applied Physics Letters 90, 181121 (2007).

Harmoniske signaler fra graphene

NANOFYSIK. Graphene kan arbejde som en stærkt ulineær elektrisk komponent, hvilket betyder, at det kan bruges som frekvensmultiplikator og frekvensmixer. Dermed skulle det blive lettere at frembringe stråling i THz-området.

Graphene er kulstofatomer, som er arrangeret som et todimensionalt monolag. Disse kulfilm fremstilles med grafit som udgangsmateriale.



Forskeren Sergei Mikhajlov, (Universitet i Augsburg) uddyber med følgende: Det er vanskeligt at frembringe stråling i området 0,1 ... 10 THz, medens det er meget nemmere i mikrobølgeområdet op til 100 GHz. Sendes en sådan mikrobølge ind på graphene, skulle den udprægede ulinearitet sørge for, at dette svarer igen med en masse harmoniske bølger, som formentlig vil række et stykke ind i THz-området.

Kilde: Europhysics Letters.

Røntgen-laser på vej

ATOMFYSIK Der er nu truffet beslutning om, at der skal bygges en fri-elektron-røntgen-laser i Hamburg (ved siden af DESY). Med XFEL, som laseren er døbt, kan der frembringes ultrakorte, ultraintensive røntgen-pulser, som bl.a. kan udnyttes til at undersøge dynamiske forhold i molekylære processer. Det forventes, at dette bliver den mest strålingsintensive røntgen-kilde, som nogensinde er bygget. Laseren bliver 3,4 km lang og anbringes i en tunnel 10-20 meter nede i jorden. Når den er klar til brug (planlagt til 2013) vil der være brugt mindst 850 mill. Euro.

Superstor supernova

ASTROFYSIK. Observation af en supernova er måske ikke hverdagsfænomen, men det hører heller ikke til sjældenheden. Så da astronomer observerede en supernova den 18. september 2006, ville det normalt bare være én i rækken af de mange observerede supernovaer. Når denne begivenhed alligevel skabte så meget opmærksomhed, var det fordi supernovaens lysstyrke blev ved med at stige og endte med at blive den klareste supernova, der hidtil er blevet observeret. Den eneste grund til at vi ikke kunne se supernovaen – navngivet SN 2006gy – med det blotte øje, er fordi eksplosionen skete i galaksen NGC 1260, der ligger ca. 240 mio. lysår fra Jorden

Man mener, at supernovaen var resultatet af en massiv stjernes død med en masse på omkring 150 gange Solens masse. Så store stjerner er meget sjældne, men blandt de tidligste stjerner efter Universets fødsel (første generationsstjerner) var sådanne monsterstjerner snarere reglen end undtagelsen. Med opdagelsen af SN 2006gy har forskerne for første gang muligheden for at studere massive stjerners supernova og give os indsigt i de tidligste stjerners rolle for udviklingen af Universet. Det bemærkelsesværdige ved disse supermassive stjerners død er, at de ikke efterlader en neutronstjerne eller et sort hul, som 'normale' massive stjerner efterlader sig.

Mekanismen bag de supermassive supernovaer er anderledes, pga. den døende stjernes enorme masse. Stjernen er så tung, at dens indre presses så meget sammen, og dermed bliver der ekstremt varmt. Den ekstreme varme skaber enorme mængder af gammastråling, der er så energirig, at der opstår par af partikler og antipartikler – såsom elektroner og positroner. Denne produktion af partikel-antipartikel par stjæler stråling, som skulle modvirke tyngdekraften i at presse stjernen sammen, og et voldsomt kollaps er uundgåeligt. Det specielle ved dette kollaps er, at der tilsyneladende ikke dannes noget sort hul eller en neutronstjerne.

Den nye type supernova, som astronomerne har observeret, kaldes for en par-instabilitet-supernova, og de var som sagt almindeligt forekommende i det tidlige Univers. Det manglende sorte hul og neutronstjerne har stor betydning for Universets grundstofsammensætning. Par-instabilitet-supernovaer binder jo ikke store dele af deres grundstofproduktion i en neutronstjerne eller i et sort hul, men beriger Universet med tungere grundstoffer. Der er håb for at meget tunge eta Carinae – i Mælkevejen – ligeledes vil ende som

par-instabilitet-supernova. Den stjerne vil kunne give os et endnu bedre billede af denne voldsomme eksplosion, idet eta Carinae kun ligger 7.500 lysår fra Jorden.



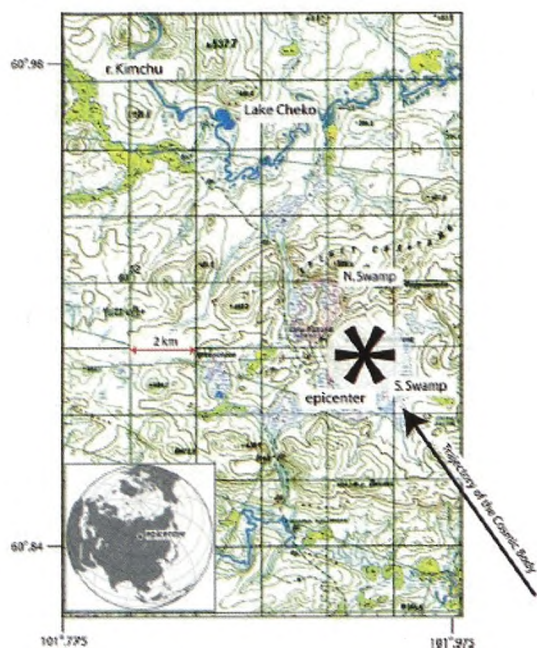
Billedet viser den gigantiske supernova – som en kunstner forestiller sig den.

Kilder: www.tycho.dk/article/view/4343/1/321/; www.nasa.gov/mission_pages/chandra/news/chandra_bright_supernova.html.

Tunguska nedslaget lokaliseret?

KOMETFYSIK. I 1908 kom der et objekt fra rummet, som skabte ravage i både den fysiske og den mentale verden. Om det var en asteroide eller komet, som slog ned i et øde område af Sibirien (Tunguska regionen), har i mange år været uklart. Det har været den almindelige opfattelse, at objektet eksploderede 5-10 km oppe i atmosfæren. Den dermed frembragte trykbølge var i stand til at vælte træer i et mere end 1000 km² stort område. Læseren kan måske erindre at have set de omblæste grantræer i fotografisk gengivelse. Imidlertid har mange forsøg på at finde fragmenter af det himmelske objekt været resultatløse. Det krater, som man automatisk forventer at finde på nedslagsstedet, har heller ikke materialiseret sig. Indtil nu, hvis man skal fæste lid til en italiensk forskergruppe.

De mener at have gode argumenter for det synspunkt, at en sø (betegnet som Lake Cheko) er et krater, som er opstået ved nedslaget. Søen befinder sig ca. 8 km fra det, der betegnes nedslagets epicentrum.



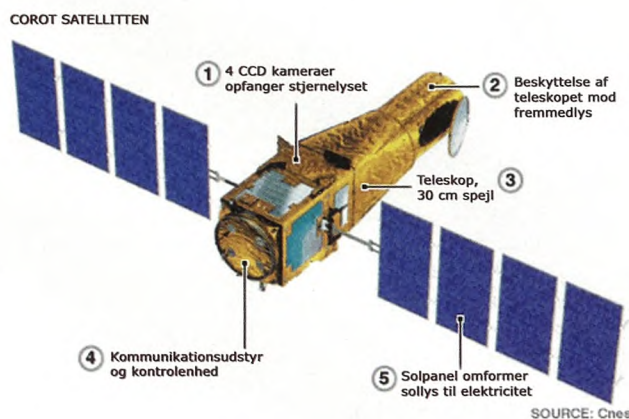
Forskergruppen har offentliggjort et arbejde om Tunguska nedslaget i et elektronisk tidsskrift "Terra Nova". Rapporten kan downloades fra nedenstående adresser.

Kilde: "Terra Nova" vol. 19 issue 4, <http://www.blackwell-synergy.com/doi/full/10.1111/j.1365-3121.2007.00742.x> (vælg "full text PDF" (1476 kB); Alternativ: <http://www.blackwell-synergy.com/toc/ter/19/4>.

Jagten på exoplaneter fortsættes

PLANETFYSIK. Rumsonden COROT (CONvection, ROTation and planetary Transit) er designet med henblik på at finde jordlignende planeter uden for vort solsystem. Forventningen er, at faste planeter (klippe), der er dobbelt så store som Jorden, vil kunne observeres.

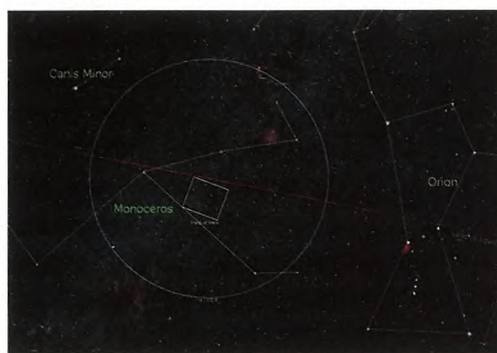
Ud over de 100 jordlignende planeter COROT forventes at ville finde, vil der også optræde mange store gasplaneter (a la Jupiter) på resultattavlen. Som ved opdagelsen af andre exoplaneter, skal en planet afsløre sin tilstedeværelse ved at frembringe en næsten mikroskopisk skygge på stjernens lysende skive. Detektorerne på COROT må således registrere skyggen som en reduktion i lysintensiteten, da afbildning af stjernens overflade ikke er mulig.



Missionens andet mål er at skaffe yderligere data om de stjerner, der fokuseres på. Bestemmelse af stjernernes masse, alder og kemiske sammensætning kan bruges til at sammenligne med Solens egenskaber. De 10.000 stjerner, som observeres, vil også blive underkastet astroseismiske analyser. Det drejer sig om, at rystelser i en stjerns indre forplanter sig til overfladen, hvor de kan detekteres optisk.

COROT projektet ledes af det franske rumagentur, CNES, med deltagere fra flere lande og ESA. Sonden er opsendt ved årsskiftet og måleprogrammet igangsat.

Et af de tre observationsfelter ses herunder.



Kilde: Observationsfelter, http://132.149.11.177/COROT/A_ciel_observe.htm; CNES Programmes – COROT, <http://www.cnes.fr/web/1401-corot.php>; En speciel COROT-side, <http://www.cnes-tv.com/corot-en/>; Artikler om astroseismologi, exoplanet eftersøgning og instrumentering kan findes her: <http://corot.oamp.fr/pub/liste-publis.html>

Google space

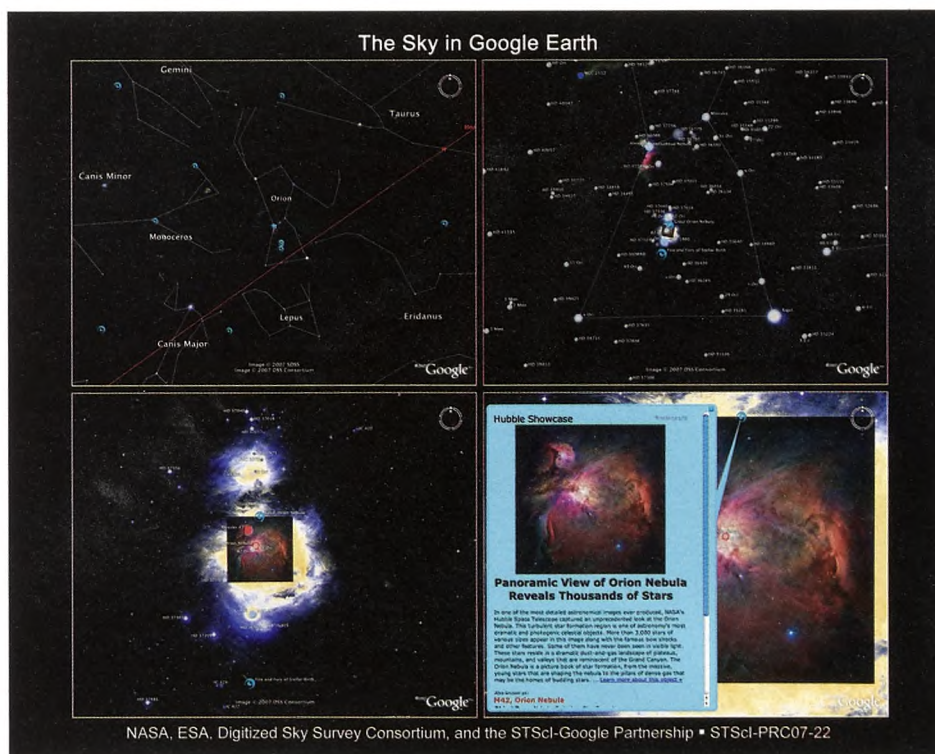
ASTRONOMI. Med Google Earth har man mulighed for at se alt på Jorden fra oven. Man kan ligefrem zoome ind på sit eget hus og se sin egen bil parkeret udenfor. Men detaljer mindre end en bil kan ikke skelnes i programmet, der kan downloades gratis. Nu er Google kommet med en ny version af den populære Google Earth, hvor man ikke bare kan se Jorden, men også opleve Universet.

Ved at vælge "Switch to Sky" i "view"-menuen i Google Earth vil stjernehimlen dukke op på din skærm. Her ser man nattehimmelen med stjernebillederne aftegnet, hvilket ikke er særligt specielt, da man kan finde stjernebilleder i de fleste kendte astronomi-programmer. Det specielle ved Google Earth finder man, når man zoomer ind på himlen, så finder man fantastiske billeder af stjerner og galakser. Dette

virtuelle univers er opbygget af billeder fra projekter til kortlægning af himlen, Digitized Sky Survey (DSS) og Sloan Digital Sky Survey (SDSS), hvor DSS har kortlagt næsten hele himlen. SDSS har koncentreret observationerne til en fjerdedel af Universet, men har til gengæld fået langt flere svagere objekter med.

Udover bidragene fra de to kortlægningsprojekter indeholder Google Earth 125 observationer fra Hubble Rumteleskopet. Til billederne fra Rumteleskopet følger der en forklarende tekst med links til yderligere informationer. Der vil løbende blive tilføjet Hubble seværdigheder ligeså snart de bliver offentliggjort. Der er mange spændende perspektiver med dette program – både i undervisning og i almen formidling af videnskab.

Kilde: <http://www.spacetelescope.org/news/html/heic0713.html>



Solpletter giver mere regnvejrr

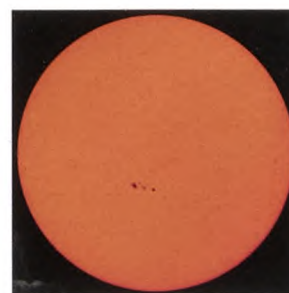
ASTROFYSIK. En ny undersøgelse foretaget af forskere fra USA og Storbritannien viser, at der er en sammenhæng mellem antallet af solpletter og regnmængden i det østlige Afrika. Dette resultat er man kommet frem til ved at studere nedbørsmålinger fra den østlige del af Afrika gennem de seneste hundrede år og sammenholde dem med Solens aktivitet.

Antallet af solpletter varierer over en periode på 11 år, hvilket vil sige, at der med 11 års mellemrum er et maksimalt antal solpletter. Solpletterne afspejler Solens aktivitet. Jo flere pletter der er, jo større er Solens energiudsendelse. Solpletternes mørke udseende får de ved at temperaturen i disse områder er 1.500 grader koldere end den omkringliggende soloverflade, der har en temperatur på ca. 5.500 grader.

Der kan være flere forklaringer på sammenhængen mellem Solens aktivitet og nedbørsmængden. En forklaring kunne være, at forøget sol-aktivitet forøger opvarmningen af Jorden, og derved forøger fordampning. Forskerne mener, at en sådan opvarmning ikke kan være grunden til den globale temperaturstigning, men at fænomenet kun er lokalt gældende som steder i Afrika.

Solens aktivitet når sit maksimum i 2011-2012 og med dette forskningsresultat kan man forberede sig imod nogle af de problemer, som opstår pga. den forøgede nedbør. De uheldige følgevirkninger kan være oversvømmelser, jordskred og sygdomsudbrud. Derfor er dette forskningsresultat af stor vigtighed.

Billedet herunder viser en gruppe af solpletter på Solen optaget med SOHO-satellitten (ESA/NASA).



Kilde: www.tycho.dk/article/view/4487/1/328/ og Paul Smith's College (www.paulsmiths.edu/pdf/sunspots.pdf)

Radarsatellitten TerraSAR-X opsendt

RUMFYSIK. Til glæde for geologer, arkæologer, miljømyndigheder og andre, som gerne vil vide hvad, der udspiller sig på jordens overflade, er der en ny mulighed for at få radar-data fra rummet. Den tyske satellit kredser om jorden i en højde på 500 km. Satellittens navn afslører måleprincippet, idet SAR angiver "Synthetic Aperture Radar" og X kan fortolkes som X-bånd (9,65 GHz).

Opsendelsen skete fra Baikonur med en russisk raket (Dnepr 1) og kort tid efter det første omløb kunne måledata modtages. Radarbilledernes opløsning angives til $1,5 \times 3$ m, og da denne også gælder i mørke og med skydække, forventes det, at mange vil have glæde af dette avancerede instrument. Billedet herunder viser Gizeh pyramiderne "set" skråt oppefra.

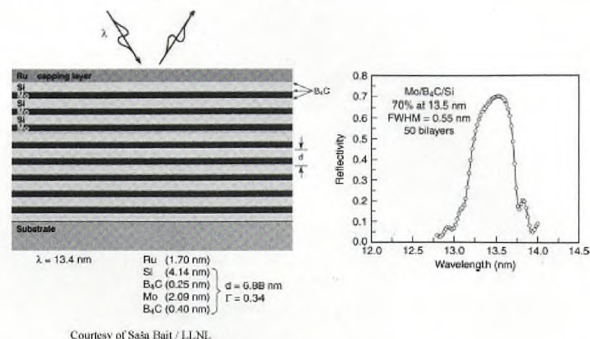


Kilde: Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), <http://www.dlr.de>

EUV kan lave mikrostrukturer

NANOFYSIK. Lidt upåagtet arbejder forskere med udviklingen af en ny teknik til fremstilling af endnu mindre transistorer end de nu kendte. Centralt i dette arbejde står optisk stråling i det Ekstremt UltraViolette område og det karakteriserende begreb for den nye metode er EUV-litografi. Foruden den meget lille bølglængde (kan være 13-19 nm)

indebærer metoden, at der frembringes mønstre på halvleder-materialernes overflade ved prægning med et stempel. Ikke som nu ved at belyse en film af fotoresist. Det betyder, at det er selve stemplet, som skal laves med EUV-strålingen. Forskere, som har interesser inden for nanoteknologi med henblik på fremstilling af mekaniske strukturer i nanometerklassen, bør således være opmærksomme på de store fremskridt, der gøres på EUV-området.



Blot som illustration bringes her et billede af en karakteristisk for et selektivt spejl, som "udvælger" stråling ved 13,5 nm. Opbygningen minder om et klassisk optisk interferensfilter, men man satser på refleksion, fordi tabene ved transmission ville være alt for store.

Bemærk det ret usædvanlige materialevalg. Her optræder bl.a. stoffer som Mo, Si, B og Ru. Selv om en refleksionsgrad på 0,7 synes stor, så indebærer det dog, at strålingens intensitet aftager med 30% hver gang strålingen rammer en "optisk" komponent. Da lyskilden i forvejen er ret svag, bliver det tydeligt, at forskerne endnu har til gode at knække en del nødder.

Kilde: Introduktion til EUV-teknikken af David Attwood (EUV_Lithography.pdf); Europhysics News (2004) Vol. 35 No. 5 "EUV lithography: technology for the semiconductor industry in 2010".

Billard – breddeopgave 28 med didaktisk kommentar

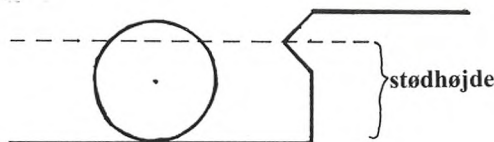
Af Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, RUC.

Mit formål med artikelserien om breddeopgaver er – udover at gøre opmærksom på RUCs fysikuddannelse – dobbelt: Dels udvælger jeg opgaverne, så de kan have interesse som fysikproblemer i egen ret. Dels udvælger jeg dem med henblik på at kunne knytte didaktiske overvejelser til dem af interesse for fysikundervisere. I første omgang i forhold til universitetsundervisning. Men i anden omgang kunne der måske også trækkes paralleller til andre undervisningsniveauer.

Her bringes løsning og kommentarer til opgaven fra forrige nummer samt en ny opgave. Opgaven i sidste nummer af KVANT var denne breddeopgave fra RUC (nr. 28 i rækken her i KVANT):

28. Billard

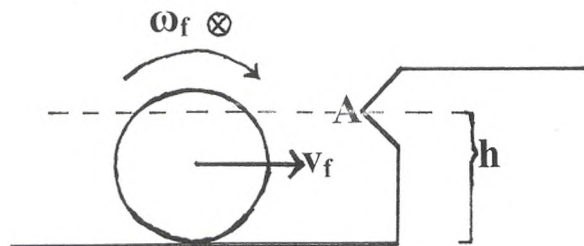
Banderne på et billardbord er konstrueret med en stødthøjde (jvf. figur) for stød mellem baller og bander, således at en rent rullende bevægelse vinkelret mod banden reflekteres i en også rent rullende bevægelse bort fra banden. Hvor stor er stødthøjden? Begrund svaret.



Løsning

Hvis stødthøjden er lille vil ballen ved sammenstødet med banden dreje sig om stødpointet A (forudsat tilstrækkelig stor statisk gnidningskoefficient imellem bal og bande) og derved løfte sig fra bordet. Hvis stødthøjden er stor, vil ballen kile sig fast mellem bande og bord. Vi vil regne på en mellemsituation,

hvor ballen på den ene side ikke løfter sig fra bordet under stødet, og hvor vi på den anden side kan se bort fra gnidningskraftpåvirkningen fra bordet i forhold til kraftpåvirkningen fra banden under stødet. Hvis vi derudover antager, at kun kræfter og ikke kraftmomenter angriber i A under stødet, kan vi benytte, at ballens samlede impulsmoment omkring A er bevaret.



Med de indførte betegnelser på figuren samt M og R for ballens masse og radius er impulsmomentet omkring A, regnet positiv ind i papirets plan, før stødet givet ved:

$$\begin{aligned} L_{A,f} &= \text{spinnmoment} + \text{banemoment} \\ &= 2/5 \cdot MR^2 \cdot \omega_f - Mv_f \cdot (h - R) \\ &= Mv_f \cdot (7/5R - h), \end{aligned} \quad (1)$$

idet der ved det sidste lighedstegn er benyttet, at $R\omega_f = v_f$ ved ren rulning. Tilsvarende er impulsmomentet omkring A, ligeledes regnet positiv ind i papirets plan, efter stødet givet ved:

$$\begin{aligned} L_{A,e} &= -2/5 \cdot MR^2 \cdot \omega_e + Mv_e \cdot (h - R) \\ &= -Mv_e \cdot (7/5R - h), \end{aligned} \quad (2)$$

idet h forudsættes at have en størrelse, der fører til $R\omega_e = v_e$. Bevarelsen af impulsmomentet omkring stødpunktet for ren rulning reflekteret som ren rulning, $L_{A,f} = L_{A,e}$, ses da at kunne opfyldes når og kun når $h = 7/5R$. For alle andre værdier af h har $L_{A,f}$ og $L_{A,e}$ modsatte fortegn.

Kommentarer

1. Sammenhængen, at ren rulning er ensbetydende med, at impulsmomentet omkring A er 0, hvis stødhøjden er $7/5R$, gælder ikke kun bevægelse imod og bort fra banden vinkelret på den. Opfattes papirets plan i den ovenstående figur alment for at være planet udspændt af lodret og ballens bevægelsesretning, ses det for $h = 7/5R$, at $L_{A,f} = 0$ ved ren rulning også ved skråt indfald imod banden. Impulsmomentbevarelsen under et skråt stød imod banden betyder så, at vi også efter stødet har impulsmomentværdien 0 og ren rulning, hvis det var tilfældet før stødet. Banderne på billardborde er derfor konstrueret med bandehøjden $7/5R$, således at der – med de gjorte antagelser om under et stød at kunne

se bort fra gnidningskraftpåvirkningen fra bordet og at kunne regne med, at kun kræfter og ikke kraftmomenter angriber i A – helt alment gælder, at en rent rullende bal vil blive reflekteret fra banden rent rullende. Når der i eksamensopgaven var forudsat vinkelret indfald, var det derfor alene for ikke at gøre den for svær.

Hvis en rent rullende bal ikke blev reflekteret tilnærmelsesvis rent rullende ville det i øvrigt skabe problemer i forhold til vores forventning om, at udfaldsvinklen er lig indfaldsvinklen, dvs. at den normale refleksionslov gælder. Med en utilpasset rotation i forhold til translationen efter et stød, ville der komme gnidningskræfter på tværs af bevægelsesretningen og en deraf følgende parabolisk banekurve indtil betingelsen for ren rulning havde indstillet sig. Den sluttelige bevægelsesretning på bordet efter et stød ville derfor være forskellig fra bevægelsesretningen umiddelbart efter stødet. At refleksionsloven tilnærmelsesvis gælder for sammenhængen imellem bevægelsesretningen før stødet og umiddelbart efter er i øvrigt heller ikke selvfølgeligt, men skyldes tilpasninger af elastiske egenskaber af banderne og deres ruhed for at opnå det.

2. At refleksionsloven i billard således langt fra er udtryk for enkle fysiske principper, skal ikke bortlede opmærksomheden fra, at billardspillet i øvrigt med stor nøjagtighed lader sig beskrive ved den elementære mekaniks grundligninger anvendt på de enklest mulige forestillinger om indgående kræfter og kraftmomenter. Det er der forsøgt redegjort for i artiklen: Jens Højgaard Jensen: "Nogle træk af billardspillet mekanik", Fysisk Tidsskrift nr. 6, side 145-174, 1968. Det samme har Coriolis (ham med kraften) gjort i en hel bog fra 1835. Omfanget af bogen skyldes bl.a., at Coriolis i 1835 (i modsætning til mig i 1968) ikke havde vore dages vektornotation til sin rådighed, men regnede alt i koordinater.

Breddeopgave 29. Spektrallinier

Inden næste nummer af KVANT udkommer, kan læserne eventuelt overveje løsningen til denne eksamensopgave fra breddekurset på RUC (fra vinterekamen 2000, nr. 29 i rækken her i KVANT):

Forud for Niels Bohrs forklaring på formelen:

$$\frac{1}{\lambda} = K \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right); \quad n \text{ og } m \text{ hele tal.} \quad (3)$$

for spektrallinierne for brint i 1913 mente man også at have iagttaget spektrallinier for brint svarende til f.eks. $n = 3/2$ og $m = \text{helt tal} + \frac{1}{2}$. Det var en del af Niels Bohrs bedrift i 1913, at han kunne forklare disse ekstra spektrallinier som stammende fra helium. Hvordan kunne han det?

Løsning og kommentar bringes i næste nummer.

Videnskab versus politisk korrekthed – 374 år efter Galileos domfældelse

Af Niels Høiby

Artiklen er baseret på foredraget: Science versus political correctness – 374 years after the Galileo trial. Dissensus. Conference on Research, Politics, Money and Journalism. Copenhagen, Denmark, 1-6-2007.

Arthur Schopenhauer (1788-1860) har udtalt, at 'Nye tanker og nye sandheder gennemgår tre stadier. Først bliver de latterliggjort. Dernæst bliver de voldsomt modarbejdet. Så til sidst bliver de accepteret som selvindlysende'. Som vi skal se er det en meget præcis og eviggyldig beskrivelse af forholdene – hvis sandheden ikke permanent undertrykkes pga. knægtelse af ytringsfriheden. Det er ofte overraskende for naturvidenskabsfolk, at Humaniora betragter Copernicus, Darwin og Freud som de mest betydningsfulde forskere gennem tiderne. Copernicus, fordi han påviste, at ikke jorden, men solen er centrum i den da kendte verden, Darwin, fordi han med evolutionslæren påviste, at mennesket ikke (direkte) er skabt af Gud, og Freud, fordi han påviste menneskets underbevidsthed og dens store betydning for vores natur og handlinger. Disse tre videnskabelige kæmper mødte imidlertid stor modstand, da deres resultater og teorier blev publiceret.

Renaissancen og Inkvisitionen

Lige siden antikkens tid havde det herskende verdensbillede været det, som stammede fra Klaudios Ptolemaios' (ca. 100-170). Her er Jorden i midten af verden og derom kredser Månen, Merkur, Venus, Solen, Mars, Jupiter og Saturn og yderst findes fiksstjernehimlen [1]. Polakken Nicolaus Copernicus' (1473-1543) beregninger i 'De Revolutionibus Orbium Coelestium' forkastede dette verdensbillede i 1543 og satte i stedet solen i centrum. Galileo Galilei (1564-1642) arbejdede som professor i Padova i republikken Venezia, hvor han forbedrede den i Holland opfundne kikkert, og fra 1610 i Firenze ved Medici-hoffet. Han grundlagde den moderne eksperimentelle metode med udsagnet 'Den ultimative test af en teori må findes i naturen: Byg instrumentet, udfør eksperimentet og publicer resultaterne'. Med sin kikkert observerede han månens bjerge og faser og Jupiters 4 måner og publicerede sine resultater i bogen 'Sidereus Nuncius' i 1609-10, hvor han skrev, at hans observationer viste, at det ptolemæiske verdensbillede var forkert og Copernicus' verdensbillede var korrekt [1]. Det vakte mishag i den katolske kirke. Den protestantiske Reformation var blevet mødt med en voldsom modreformation. Rom havde i 1542 oprettet inkvisitionen, en institution til fremme af (propaganda for) den rette tro, og katolikker og protestanter var overalt involveret i en slags kold krig: Den som ikke er med os er en kætter! Autoriteterne mente, at troen skulle dominere, mens

Galileo foretrak den overbevisende objektive sandhed [1].

Kirken begyndte at samle hemmelige oplysninger om Galileo i 1611 lige efter udgivelsen af hans bog. Der blev fremlagt rapporter for Inkquisitionens Hellige Kontor i 1613, 1614 og 1615 og Galileo rejste til Rom for at overtale sine venner blandt kardinalerne til ikke at forbyde Copernicus' verdensbillede. Men forgæves, for i 1616 kom de formelle ord fra Rom: 'Det er forbudt at hævde, at solen er ubevægelig i himlens centrum og at jorden ikke er centrum i himlen, men bevæger sig i en dobbelt bevægelse' [1].



Figur 1. Galileo havde 6 lange samtaler med pave Urban VIII. Frescoen i et privat romersk hus viser en kardinal ved Berninis Triton fontæne, som læser op af Biblen for en angrende akademiker (ca. 1620-30, fra [1]).

I 1623 blev en intellektuel pave (Urban VIII) valgt, som havde været Galileos velynder i Firenze. Galileo rejste til Rom i 1624, hvor han havde seks samtaler med paven for at overtale ham til at trække forbuddet fra 1616 tilbage. Det var forgæves, for paven udtalte, at der kan ikke findes nogen ultimativ test af Guds skabelser

og det er nødvendigt, at Galileo skriver det i sin bog. Da Galileo så i 1632 offentliggjorde sin bog 'Dialogo sopra i duo massimi sistemi del mondo tolemaico e copernicano' blev paven rasende og beordrede Galileo til at møde i Rom og stille for Inkquisitionens Hellige Kontor. Inkquisitionen havde lavet en liste over forbudte bøger, men anklagede for Inkquisitionen havde hverken adgang til anklagerne eller beviserne. Rettergangen startede 12. April 1633, da Galileo var 70 år gammel og syg. Galileo havde et underskrevet dokument på, at han kun havde forbud mod at fastholde eller forsvare Copernicus' teori, som om den var bevist. Inkquisitionen hævdede, at der fandtes et dokument, som forbød Galileo at undervise i teorien noget steds overhovedet, heller ikke som diskussion, spekulation eller hypotese. Inkquisitionen behøvede ikke at fremvise dette dokument. I virkeligheden var dokumentet et udkast til det forslag til et møde, som var blevet afvist og det var ikke underskrevet af nogen. Domstolen mødtes ikke igen og de 10 medlemmer (hvoraf den ene var pavens bror og den anden hans nevø) af Inkquisitionens Hellige Kontor under forsæde af paven fremsatte deres dom: Galileo skulle tilbagekalde sine udtalelser og han fik foreverst torturinstrumenter, som om de skulle bruges mod ham. Galileo indvilligede i at tilbagekalde sine ord: 'Jeg må fuldstændig opgive den falske mening, at solen er i centrum af verden og ubevægelig og at jorden ikke er i centrum af verden og bevæger sig'. Hans bog forblev på listen over forbudte bøger i de næste 200 år. Galileo blev holdt fanget i husarrest i sin villa uden for Firenze resten af livet. Resultatet var stilhed blandt katolske videnskabsfolk overalt. Decartes holdt op med at publicere i Frankrig og flyttede til Sverige. Galileo publicerede sin nye bog 'Discorso e dimostrazioni mathematiche intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica' i 1638, da han var blevet blind med hjælp fra nogle protestanter i Leiden i Holland. Fra da af flyttede den videnskabelige revolution til det nordlige Europa, hvor Isaac Newton fødtes i England 1642, året hvor Galileo døde [1].

Nazismen

Da Hitler kom til magten i januar 1933, havde han og hans parti allerede i en årrække været inspireret af de racehygiejniske og eugeniske idéer, som han havde læst om i professorerne Eugen Fischer, Erwin Bauer og Fritz Lenz's lærebog: 'Menschliche Erblichlehre und Rassenhygiene' og hvis idéer han havde inkorporeret i sin bog 'Mein Kampf'. En af forfatterne af lærebogens senere udgaver (Lenz) refererer her til nazisternes partiprogram fra 1930 og glæder sig over, at nazisterne under Hitler har antaget samme videnskabeligt begrundede verdensanskuelse om racerne og raceblanding, som findes i lærebogen [2]. Fischer blev efter Hitlers magtovertagelse valgt til rektor for Berlins universitet og gennemførte straks afskedigelsen af sine jødiske forskerkolleger i henhold til en lov om embedsstandens genoprettelse fra april 1933 [2]. Den politiske indflydelse på forskningen i Tyskland gik imidlertid meget videre, idet de forskere, der passivt

og især aktivt støttede regimet, blev forfremmet, mens de, der aktivt og passivt modarbejdede regimet, blev afskediget, fængslet i kzlejre eller dræbt [3]. Resultatet var opportunistiske forskere og morderisk videnskab, som deltog i bestialske medicinske forsøg på kz-fanger og i aflivning af mennesker 'uværdige til at leve' [2]. Selv en dansk læge udførte sådanne forsøg på homoseksuelle kz-fanger i Buchenwald [4]. Den anden side af udviklingen var, at mange af de bedste videnskabsfolk i Tyskland forlod landet og fortsatte deres karrierer i andre lande, især USA og England, men også Schweiz, Sverige og Canada. Syv af dem havde allerede før udvandringen fået Nobelprisen og 20 af dem fik den senere [5]. Resultatet var under og efter krigen, at videnskaben i Tyskland stagnerede, mens den blomstrede op i USA og England. Før nazitiden var tysk videnskab den absolut førende i verden, således vandt Tyskland de første 32 år efter Nobelprisens indstiftelse (1901-32) 33 af 100 priser i fysik, kemi og medicin (hvoraf 1/4 blev vundet af jøder), mens Storbritannien vandt 18 og USA vandt 6. I tiden 1933-1960 vandt tyske videnskabsfolk kun 8 Nobelpriser i fysik, kemi og medicin, altså kun 25% af præstationerne før nazitiden, mens England vandt 21 og USA 54 [5].

Efter krigen flygtede mange nazi-koryfæer til Sydamerika og til Mellemøsten, hvor de havde haft gode forbindelser og indflydelse blandt politiske og religiøse ledere, bl.a. Peron i Argentina [4] og Stormuftien af Jerusalem [6], og Hitlers bog 'Mein Kampf' kan stadig købes i Mellemøsten [7]. Forskning i denne udvikling er imidlertid ikke velset i nogle politisk korrekte universitetskredse, som protesterer mod et foredrag af den tyske forsker Matthias Küntzel herom 14-3-2007 på universitetet i Leeds vidner om. Foredraget blev aflyst med kort varsel og medførte en debat om akademisk censur [7].

Den globale opvarmning

I en lang årrække har der været en ophidset offentlig og videnskabelig debat om menneskets indflydelse på Jordens miljø især hvad angår drivhuseffekten og den globale opvarmning. En ung dansk forsker, Bjørn Lomborg, som dog ikke har naturvidenskabelig uddannelse publicerede nogle kronikker og fulgte op med en bog [8], som blev oversat til engelsk.



Figur 2. Bjørn Lomborgs bog.

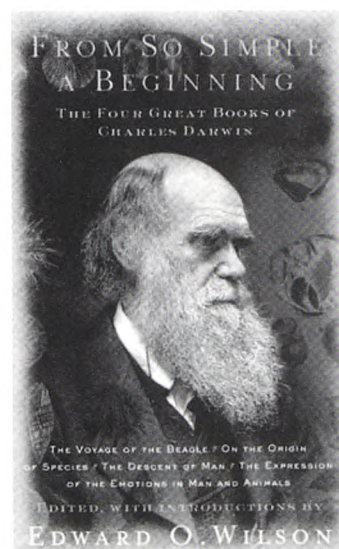
Bogen var en slags oversigt over meget af den publicerede litteratur om emnerne og da den vakte stor offentlig debat og interesse både nationalt og internationalt [9], blev Lomborg en ny international mediestjerne. Fogh Rasmussen regeringen udnævnte ham til leder af et nyt institut og han organiserede konferencer, hvor bl.a. en række fremtrædende forskere på Nobelpriseniveau skulle fremkomme med forslag til, hvordan man fik mest udbytte af investeringer i miljø og sundhed m.m. Den almindelige videnskabelige måde at løse uenighed på antages at være argumentation på evidensbaseret basis, og debatten kørte da også hårdt på [9]. Men i tilfældet Bjørn Lomborg fandt nogle uenige danske kolleger det også nødvendigt at melde ham og hans arbejde til Udvalget Vedrørende Videnskabelig Uredelighed. Denne moderne inkquisition arbejdede sig d. 7-1-2003 frem til, at Lomborgs arbejde var i strid med normerne for videnskabelig skik [10]. Det medførte en voldsom offentlig debat nationalt og internationalt [11].

Videnskabsministeriet gik ind i sagen og underkendte d. 17-12-2003 UVVU's kendelse på baggrund af dokumentationens kvalitet [12] og senere er betingelserne for UVVU's arbejde blevet ændret. Man lades tilbage med en fornemmelse af, at der har været tale om politisk korrekthed i UVVU's afgørelse ud fra sætningen 'Junk science' is science we do not like'. Lidt af samme skuffe synes sagen om Helmut Nyborgs intelligensforskning hos de to køn at være. Den moderne inkquisition tillader ikke forskning og forskningsresultater, der strider mod tidens politiske idéer og den straffer på baggrund af skinargumenter i stedet for at gennemføre en almindelig saglig debat [13]. Hvis videnskabelige resultater og teorier ikke får varig faglig opbakning i kredse af jævnbyrdige forskere, sker der jo ikke andet, end at de glemmes, uden at ytringsfriheden er blevet krænkert. Men Nyborgs forskning blev af håndplukkede kolleger kendt uvederhæftig, han blev bortvist fra sit institut af sin institutleder og sin dekan, fik en alvorlig irettesættelse af sin rektor [14] og blev indklaget for UVVU. Dette udvalg frikendte ham imidlertid i juli 2007 [15], en pinlig sag for Aarhus Universitet.

Fundamental Kristendom og Islamisme

Selvom Darwins evolutionsteori blev publiceret i 1859 [1] og siden er blevet betegnet som den måske bedst underbyggede biologiske teori, vækker den stadig voldsom modstand i fundamentalistisk religiøse kredse, både kristne og islamiske. Den vedvarende offensiv mod evolutionen har fået ny næring i form af begrebet 'Intelligent design', som især tidligere også blev kaldt Kreationisme [16]. Der er således tale om en usædvanlig alliance mod videnskaben mellem muslimske og kristne kreationister, og en muslimsk finansieret bog H. Yahya: 'Atlas of Creation', skrevet som et 765 siders langt angreb på udviklingslæren, fremsendes i foråret 2007 fra forlaget Global Publishing i Istanbul til akademiske miljøer i Europa [17]. I vores land er den folkelige opbakning bag evolutionsteorien imidlertid

solid, mens den er meget mere skrøbelig i f.eks. USA og især i Tyrkiet [18], så politisk korrekthed truer indtil videre ikke den frie forskning i evolutionsteorien på vore breddegrader.



Figur 3. Charles Darwin. (W.W. Norton Company, New York 2006).

Danmark i valgkampens tegn

Offentligt ansattes ytringsfrihed har i de senere år været under stærkt pres fra det politisk-administrative kompleks. Nogle af sagerne, som Ombudsmanden har behandlet, har drejet sig om lægelige chefer og professorer, som på baggrund af egne og andres forskningsresultater har vist, at patientbehandlingen på deres hospitaler ikke levede op til hverken Sundhedsstyrelsens krav eller til internationalt niveau. Det gælder således børnelægen, professor, overlæge, dr. med. P.A. Krasilnikoff fra Hvidovre Hospital og neurologen overlæge, dr. med. Tom Skyhøj Olsen fra Gentofte Hospital [19]. De blev begge udsat for fyringstrusler, i det ene tilfælde også censur og i det andet tilfælde også pression for at få ham til at underskrive en pressemeddelelse forfattet af sundhedsdirektøren, hvor hans egne tidligere udtalelser skulle benægtes [19]. En lignende sag har senere fundet sted mod overlæge Aksel Grosen på psykiatrisk hospital i Middelfart, hvor Ombudsmanden ligeledes greb ind med en redegørelse i december 2006 [20]. Alle 3 Ombudsmandsredegørelser gav lægerne ret og kritiserede deres chefers forsøg på at knægte deres ytringsfrihed. I alle 3 sager er der tale om, at det politiske system via højtstående embedsmænd med skinargumenter søger at lukke for kritik, så offentligheden i virkeligheden vildføres (propaganda), hvilket er demokratisk yderst problematisk [19].

De gentagne problemer med forsøg på knægtelse af ytringsfriheden for offentligt ansatte fik imidlertid regeringen til at nedsætte et udvalg, der barslede med en betænkning i marts 2006 'Ytringsfrihed og meddeleret for offentligt ansatte', hvor flertallet ikke fandt lovændringer nødvendige, men anbefalede en klargørende vejledning i de gældende regler. Den udkom så

i september 2006 ('Vejledning om offentligt ansattes ytringsfrihed'), men har ingen omtale fået og er stort set ukendt blandt offentligt ansatte og deres chefer. Af den grund er det nok optimistisk at vente større fremskridt for offentligt ansattes ytringsfrihed. Ombudsmanden henviser dog til vejledningen i sin redegørelse om Aksel Grosens sag fra 21-12-2006.

Kommercialismen

'Fra forskning til Faktura' er et yndet udtryk i forskningsdebatten. Det bygger på, at forskning skal være nyttig og helst her og nu. Det indbygger incitamenter til, at hver forsker søger at patentere sine opfindelser og resultater – med skyldig afsmitning til institutionen. Der er imidlertid en indbygget fare i alt for kommercialiseret en indstilling. Forskerens arbejde vurderes jo af jævnbyrdige kolleger, både hvad angår ansøgninger, manuskripter og præsentationer ved videnskabelige møder og senere ved den indflydelse arbejdet får på andre forskeres arbejde. Forskerens karriere er således gennem de gentagne tidsbegrænsede ansættelser og løbende evaluering af forskerens CV helt afhængig af resultaterne og det er vedkommendes overenskomstsmæssige indtjening også. Når forskningen kommercialiseres og efterhånden måske størstedelen af indtægten kommer fra bevillinger og løn og afkast fra erhvervslivet, får forskeren samme betingelser, som selvstændige erhvervsdrivende har, måske uden at vedkommende besidder det kommercielle forretningsgen eller en forretningsuddannelse. Men risici og fristelser er de samme som i erhvervslivet. For de få kommer der måske en stor økonomisk gevinst, for de fleste en stor skuffelse, når bevillingerne og indtægterne pludselig stopper. Fra forskning til Faktura og til Fup er der en glidebane, som flere opsigtsvækkende sager fra USA, Europa og nu sidst Sydkorea har vist [21]. I Sydkorea viste det sig, at den internationalt førende og højtprofilerede stamcelleforsker professor Woo Suk Hwang's artikel om patient-specifikke stamceller var baseret på forfalskede data [22]. Hwangs gruppe havde modtaget enorme forskningsmidler fra den koreanske regering, så gruppen havde store forventninger at leve op til [22]. I mangeårige tætte samarbejder mellem forskere og medicinalindustrien og tobaksindustrien har andre, uafhængige forskere og i nogle tilfælde retssager også påvist, at konklusionerne kan være til fals, så f.eks. videnskabelig information om risici manipuleres ved [23]:

1. Økonomisk støtte til forskning, som er i overensstemmelse med egen (industriens) holdning,
2. Publicering af forskning, som er i overensstemmelse med egen holdning,
3. Undertrykkelse af forskning, som ikke er i overensstemmelse med egen holdning,
4. Kritik af forskning, som ikke er i overensstemmelse med egen holdning,
5. Revision af videnskabelige kriterier, så de bedre tjener eget formål,

6. Udsendelse af egne data og egen fortolkning af data til massemedier og beslutningstagere.

I tobaksindustriens tilfælde har det vist sig, at så længe man kan påstå, at noget endnu ikke er bevist, kan man udskyde ethvert indgreb. Det var således tobaksindustrien, som indførte begrebet 'junk science', som betyder videnskab, man ikke kan lide [24]. Yderligere hævdede man i årevis, at helbredsrisici ved cigaretrykning ikke var bevist og at mere forskning er nødvendigt og statistiske beviser ikke er rigtige beviser. Da denne af industrien betalte forskning påviste kræftfremkaldende substanser i cigaretrøg, blev det ikke publiceret og resultaterne blev først opdaget, da virksomhedens arkiver blev åbnet under en retssag [24]. Også i lægemiddelindustrien har det vist sig, at der er problemer både med undersøgelsesdesign og rapportering af resultaterne [25].

Den nye stærke universitetsledelse

Ved årsskiftet 2006-7 ramte en stor fusionsbølge den danske universitetsverden og sektorforskningsverden. Kæmpeinstitutter blev dannet, ofte på forskellige matrikler og 'fortætninger' (læs: nedskæringer i Orwell's nysprog) blev startet. Samtidig blev en række 'stærke' ledelser ansat med den sædvanlige repræsentation fra brugerne uden den store aktuelle viden om forskning. Hierarkierne indtog universiteterne. Forskningsministeren har bedyret, at forskningsfriheden og den frie debat ikke er truet [26], men allerede Helmuth Nyborg sagen viser, at truslen er reel, for hans institutleder, dekan og rektor lukkede munden på ham og bortviste ham – indtil han igen fik oprejsning fra det nye UVVU [13-15]. Rektoren og en professor ved KVL delte bekymringen om den truede ytringsfrihed på universiteterne og brugte eksemplet med min (N.H.) offentlige kritik af fugleinfluenzaberedskabet og forsvaret af det fra fødevareministeren, som støttede sig på sine sektorforskere fra Danmarks Fødevareforskning, nu underlagt DTU [27]. Disse forfattere frygter, at en sådan berettiget offentlig kritik ikke vil kunne finde sted, når et sektorforskningsinstitut og et universitetsinstitut er placeret inden for samme område under samme fusionerede universitet (DTU), fordi en sådan kritik næppe vil blive tolereret hverken af ministeriet eller af ledelsen på DTU [27]. Præsidenten for Videnskabernes Selskab, professor Tom Fenchel, deler bekymringen og understreger, at videnskabelig frihed omfatter [28]:

1. Frihed til at vælge forskningsemne og -metode,
2. Frihed til at publicere sine resultater,
3. Frihed til offentligt at kritisere andre forskere og institutioner, også ens egen institution.

Konklusion

'Politikeres natur er at elske magt og de kan lide at bruge magt, men de indrømmer det aldrig' (Il principe di Niccholo Machiavello al Magnifico Lorenzo di Piero Medici, 1513).

Selvom rettergangen mod Galileo fandt sted for 374 år siden, er forholdene ikke radikalt ændret for forskerne. Forskning er skabelse af ny viden og viden er magt. Magtfulde interesser, det være sig religiøse, ideologiske, kommercielle og politiske, bruger og misbruger deres magt og indflydelse på forskningen, når lejligheden byder sig til det. Under de 'rette' forhold vil også velestimerede forskerkolleger desværre fristes til at deltage i dette misbrug. Det eneste værn mod et sådant magtmisbrug er lovfæstet ytringsfrihed med ansettelsesretslige sanktioner mod dem, der måtte forsøge at knægte ytringsfriheden.

Litteratur

- [1] Bronowski, J. *The Ascent of Man*. London: BBC, 1973.
- [2] Høiby, N. *Lægevidenskaben og Pandoras æsker*. I: Juul Jensen, U., Fink, H., Lystbæk, C.T. (red.) *Humaniora og Sundhedsvidenskab*. Aarhus: Philosophia, 2002, 98-118.
- [3] Weyers, W. *Death of Medicine in Nazi Germany. Dermatology and Dermatopathology under the Swastika*. Philadelphia: Ardor Scribendi/Madison Books; 1998.
- [4] Davidsen-Nielsen, H., Høiby, N., Danielsen, N.-B., Rubin, J. *Værnet. Den danske SS-læge i Buchenwald*. København: JP Bøger; 2002.
- [5] Medawar, J., Pyke, D. *Hitler's Gift. Scientists Who Fled Nazi Germany*. London: Richard Cohen Books; 2000.
- [6] Wiesenthal, S. *Retfærdighed ikke hævn*. København: Munksgaard, 1989.
- [7] Raahauge, A. *Det nye jødehad*. Jyllands-Posten 25. Maj 2007.
- [8] Lomborg, B. *Verdens sande tilstand*. København: Centrum; 1998.
- [9] Schneider, S., Holdren, J.P., Bongaarts, J., Lovejoy, T. *Misleading math about the earth*. *Scientific American* 286: 59-69, 2002 med svar: Lomborg, B. *The sceptical environmentalist replies*. *Scientific American* 286:9-10; 2002.
- [10] Frank, L. *The sceptical environmentalist labeled 'dishonest'*. *Science* 299:326; 2003.
- [11] Lando, D. *UVVU truer den videnskabelige ytringsfrihed*. *Universitetsavisen* 2:5; 2003.
- [12] Editorial. *Skandalen*. Jyllands-Posten, 19. December 2003.
- [13] Gjedde, A. *Fund, forskere og fortolkninger*. Jyllands-Posten. 15. september 2006.

- [14] Hundevadt, K. *Universitet smækker døren bag professor*. Jyllands-Posten 25. Janar 2007.
- [15] Lautrup, B. *Ukorrekte ytringer*. Jyllands-Posten 6. Juli 2007.
- [16] Kragh, C. *Troende til fælles kamp mod videnskaben*. Berlingske Tidende 27. Juni 2007.
- [17] Hall, O. *Muslimsk offensiv mod Darwin*. Jyllands-Posten 25. April 2007.
- [18] Hall, O. *Allah og Skabelsen*. Jyllands-Posten 29. April 2007.
- [19] Høiby, N. (red.). *Råb op og sig stop. Lægers ytringsfrihed i krise*. København: Gyldendal. 2005.
- [20] Madsen, P.S. *Afskeds-næse til Fyns Amt*. Fyns Stiftstidende. 6. Januar 2007.
- [21] Ejsing, J. *Videnskabens fiduser*. Berlingske Tidende, 29. April 2007.
- [22] Cho, M.K., McGee, G., Magnus, D. *Lessons of the stem cell scandal*. *Science* 311:614-15; 2006.
- [23] Grandjean, P. *Konklusioner til fals*. *Ugeskr. Læg.* 168:1253; 2006.
- [24] Gilman, S.L. *A smooking century*. *Lancet* 369:1593-94; 2007.
- [25] Johansen, H.K., Gøtzsche, P.C. *Problems in the design and reporting of trials of antifungal agents encountered during meta-analysis*. *JAMA* 1999;282:1752-9.
- [26] Sander, H. *2006 i universiteternes tegn*. Jyllands-Posten 12. December 2006.
- [27] Andersen, P.H., Sandøe, P. *Ytringsfriheden truet på universiteterne*. Jyllands-Posten 6. November 2006.
- [28] Fenchel, T. *Forskningsfrihed under pres*. *Universitetsavisen* 4:14-15; 2007.



Niels Høiby er professor, overlæge, dr. med. og chef for Klinisk Mikrobiologisk Afdeling på Rigshospitalet. Hans forskningsområde er de kroniske lungeinfektioner hos cystisk fibrose patienter med bakterien *Pseudomonas aeruginosa*. Han er ivrig deltager i den offentlige debat om det danske sundhedsvæsen og om offentligt ansattes ytringsfrihed og har publiceret en række debatbøger om emnerne.

NØRD-træf i Dyrehaven

Af Michael Cramer Andersen, Christianshavns Gymnasium og John Rosendal Nielsen, Københavns Åbne Gymnasium

Ni gymnasieklasser med naturvidenskabelige fag fra Danmark og Sverige mødtes torsdag den 30. august til "NØRD-TRÆF" i Dyrehaven. Formålet var bl.a. at konkurrere om at opsende vandraketter. Et andet formål var at danske og svenske elever skulle lære hinanden bedre at kende.



NØRD står for Naturvidenskabelig, Øresunds-Regional Dialog og er et netværk af danske og svenske gymnasier i Øresundsregionen, som mødes og samarbejder om naturvidenskabelige emner.

De over 250 elever blev inddelt i hold på tværs af Øresund – det kunne dog godt give lidt sprogvanskeligheder ved samarbejdet. Hvert hold fik en time til at øve sig på at opsende vandraketter. Der var også flere medbragte aktiviteter: botanikvandring – i Linnés fodspor – og forsøg med hjemmelavede kastemaskiner.



Inde på Bakken blev der opsamlet målinger af højde og accelerationer i forlystelsen "Fire Ball" og i rutschebanen, som skal analyseres bagefter.

Efter de første tre timer, hvor eleverne forberedte deres raketopsendelser, blev den indledende konkurrence skudt i gang. Målet var at sende vandraketten 6 meter op i luften. Holdene blev bl.a. bedømt på, hvor tæt på de 6 meter raketten nåede, og hvor præcist eleverne kunne bestemme højden.



Det var ikke nemt at bestemme den rette mængde vand. Et hold fra Københavns Åbne Gymnasium præsterede at sende raketten 8,6 meter op ifølge elevernes egne målinger og beregninger. Dommernes skøn var på 8-9 meter. Dette hold samt et hold fra Skt. Annæ Gymnasium gik videre i finalen.



I finalen var målet at sende raketten højst op. Vinderne blev holdet fra Københavns Åbne Gymnasium, der sendte raketten op i 24 meters højde (ifølge elevernes beregning). Vinderholdet (ovenfor t.h.) fik en præmie på 2000 kr. og 7 (næsten) samtidige raketopsendelser.

Det var en sjov dag med både et fagligt og socialt udbytte i nogle smukke omgivelser, hvor flere nysgerrige hjorte kiggede på.

Nørd-træffet var arrangeret af Sara Mac Dalland (Skt. Annæ Gymnasium), Verner Schilling (Nørre Gymnasium) og Klaus Nielsen (Københavns Åbne Gymnasium).

Mere information om NØRD-projektet:

<http://www.noerd-gym.net/projekterda.htm>

Solsystemets voldsomme fødsel

Af David Ulfbeck og Martin Bizzarro, Axiom Laboratoriet, Københavns Universitet

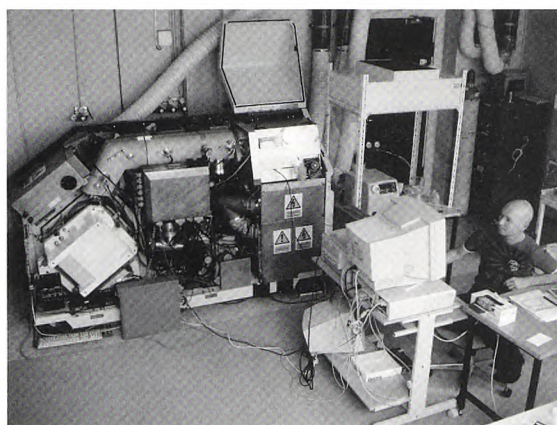
Nye ^{60}Fe - ^{60}Ni -isotop målinger i meteoritter viser, at asteroider der dannedes mere end 2 millioner år efter Solsystemets opståen indeholdt den kortlivede radioaktive isotop ^{60}Fe . Ældre asteroider indeholder derimod ingen spor efter denne isotop som produceres i særlige supernova miljøer. De nye resultater viser, at Solsystemet sandsynligvis dannedes i umiddelbar nærhed af én eller flere meget massive stjerner, muligvis i et miljø meget lig det man finder i Orion- eller Ørnetågerne.

Studier af Solsystemets oprindelse forsyner os med grundlæggende viden om processerne bag dannelsen af stjerner og planetsystemer. Rester fra planetdannelsen i Solsystemets tidligste stadier findes idag bevaret i asteroidebæltet mellem Mars og Jupiter. Fra tid til anden forlader enkelte af disse legemer deres kredsløb og falder ned på Jorden som meteoritter. Dette materiale udgør vores eneste direkte kilde til information om begivenhederne der indtraf ved Solsystemets dannelse. Vi har tidligere (Kvant, marts 2006) berettet om klassificeringen af meteoritter og brugen af henholdsvis kort- og lang-livede henfaldssystemer til at sammenkæde relative med absolutte aldre for dannelsen af de første faste legemer i Solsystemet.

Vi har siden fortsat disse studier og undersøgt ^{60}Fe - ^{60}Ni henfaldssystemet i de fleste grupper af meteoritter [1]. For nogle kortlivede henfaldssystemer såsom ^{53}Mn - ^{53}Cr , ^{182}Hf - ^{182}W gælder det, at de oprindelige mængder af kortlivede isotoper i Solsystemet kan tilskrives balancen mellem den stellare produktion af disse isotoper og deres henfald. Derimod er indholdet af nogle kortlivede isotoper i Solsystemet, som for eksempel ^{41}Ca , ^{26}Al og ^{60}Fe så højt, at ekstra mængder må være blevet tilført. Medens de forhøjede indhold af ^{41}Ca og ^{26}Al i teorien kunne være dannet ved et intenst ^3He -partikel bombardement af ^{40}Ca og ^{25}Mg kerner i materialet tæt ved den unge sol, kendes idag ingen mekanisme for in-situ dannelse af ^{60}Fe i Solsystemet, og denne isotop må derfor stamme fra en ekstern stellar kilde [2,3]. ^{60}Fe har en meget kort halveringstid ($T_{1/2} = 1.5 \times 10^6$ år) og derfor kan man idag kun detektere tilstedeværelsen af denne isotop i det unge Solsystem i form af små overskud af henfaldsproduktet ^{60}Ni i meteoritter.

At bestemme nikkels isotopsammensætning i meteoritter (såvel som andet geologisk materiale) er analytisk krævende. Der findes 5 naturlige isotoper af nikkel, ^{58}Ni (68,1 %), ^{60}Ni (26,2 %), ^{61}Ni (1,1 %), ^{62}Ni (3,6 %) og ^{64}Ni (0,9 %), og i meteoritter der engang indeholdt ^{60}Fe kan man forvente at finde et overskud af ^{60}Ni i størrelsesordenen af 20-30 ppm i forhold til jordiske prøver. For at opnå en god bestemmelse af nikkels isotopfordeling kræves ca. 15 μg rent nikkel som isoleres fra 50-200 mg prøvemateriale. Prøvens mineralindhold nedbrydes i små teflonbeholdere fyldt med koncentreret syre varmet op til 150° C. Herefter

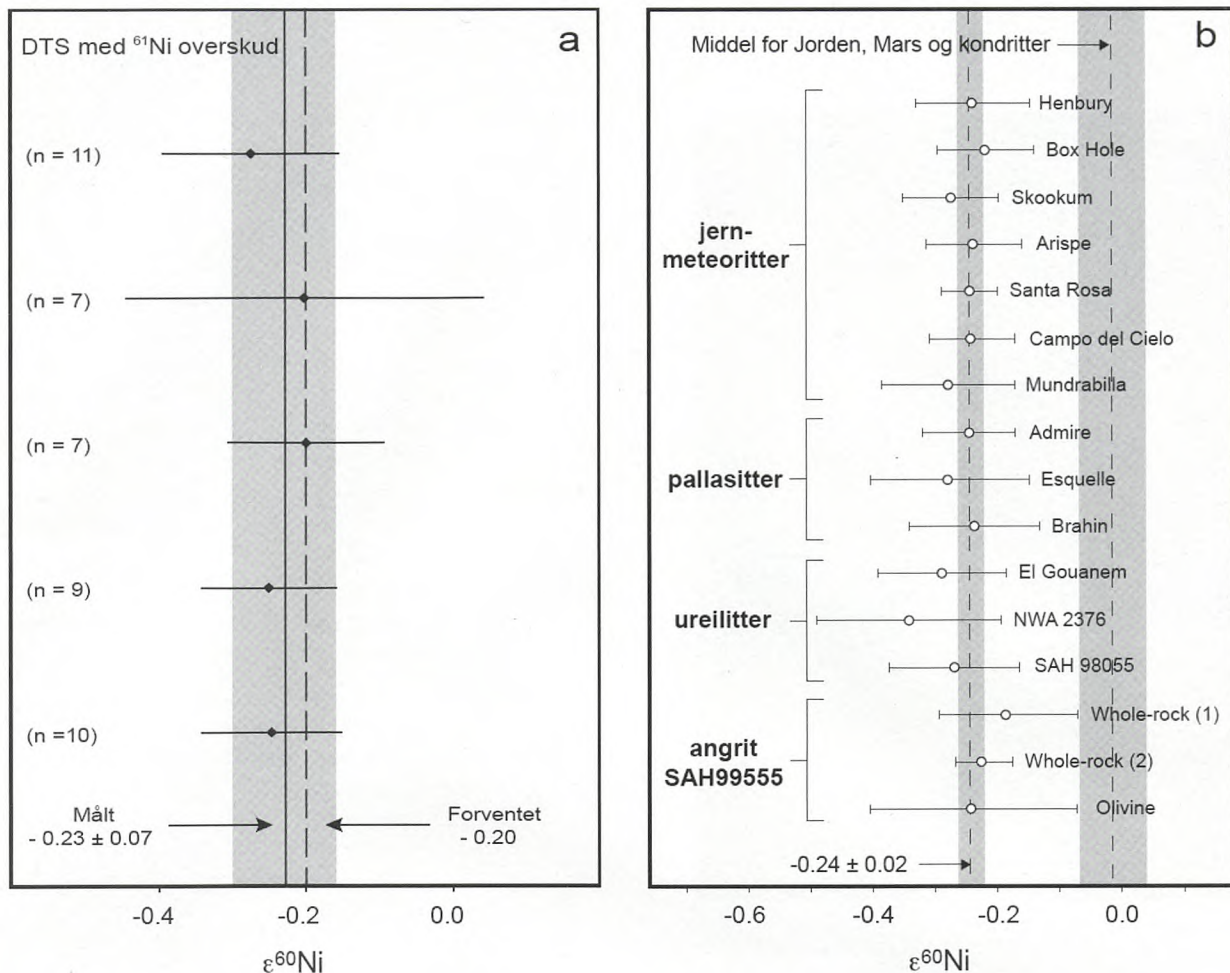
isoleres og beriges nikkel ad kemisk vej i flere etaper fra et oprindeligt koncentrationsniveau på ca 100 ppm til mere end 99 % i den endelige prøve.



Figur 1. VG Axiom plasma-kilde massespektrometret i Axiom laboratoriet på Institut for Geologi og Geografi ved Københavns Universitet.

Isotopsammensætningen bestemmes på et plasma-kilde massespektrometer (figur 1), hvor de relative forhold af nikkelisotoperne $^{60}\text{Ni}/^{58}\text{Ni}$ måles gentagne gange og sammenlignes med en jordisk standard for at bestemme størrelsen af eventuelle overskud af ^{60}Ni . Andre isotopforhold, såsom $^{61}\text{Ni}/^{58}\text{Ni}$ og $^{62}\text{Ni}/^{58}\text{Ni}$, måles for at fastlægge om prøvens indhold af stabile nikkelisotoper er normalt. For at verificere vores analytiske fremgangsmåde, har vi tilsat en jordisk prøve (med "normalt" nikkelisotopforhold) en kendt mængde nikkel beriget i ^{61}Ni (ikke ^{60}Ni – for at undgå forurening af meteoritprøver) og efterfølgende analyseret denne prøve 5 gange uafhængigt af hinanden. Resultatet af denne øvelse har vist, at vi er i stand til nøjagtigt og præcist at bestemme ^{60}Ni indholdet i en prøve (figur 2).

Overskud af ^{60}Ni dannet ved henfald af ^{60}Fe er tidligere blevet dokumenteret i bl.a. kondritmeteoritter og andre meteorit komponenter der alle har det til fælles at de er dannet mere end 2 millioner år efter Solsystemets opståen [4], og dermed har den første optræden af ^{60}Fe i Solsystemet ikke været præcist fastlagt. Alle meteoritter vi har undersøgt i dette studie dannedes inden for de første 3 millioner år af Solsystemets historie, og skulle derfor dække dette "tidshul" fra tidligere studier.



Figur 2. a) ^{60}Ni isotop målinger for en terrestrisk standard (DTS) med et lille overskud af ^{61}Ni . Isotopsammensætningen er udtrykt i ϵ -enheder som prøveværdiens afvigelse fra en standard pr. 10000. Grundet korrektionen for favoriseringen af tunge fremfor lette isotoper i massespektrometret resulterer overskuddet i ^{61}Ni i et tilsyneladende underskud i ^{60}Ni . Den forudsagte $\epsilon^{60}\text{Ni}$ værdi er $-0,20$ og værdien bestemt i 5 separate analyseperioder med hver 7-11 gentagne analyser er $-0,23 \pm 0,07$. b) $\epsilon^{60}\text{Ni}$ for de ældste meteoritter (jernmeteoritter, pallasitter, ureilitter og angritter SAH99555) udviser et underskud på $0,24 \pm 0,02$ ϵ -enheder sammenlignet med Jorden, Mars og kondritmeteoritter.

Nikkelisotopanalyserne har givet det overraskende resultat at de ældste asteroider (dvs. jernmeteoritter, pallasitter, ureilitter og angritter) *ikke*, som ellers forventet, indeholder ekstra mængder af ^{60}Ni , men derimod har små og *ens underskud* relativt til jordiske standarder, kondritmeteoritter, samt prøver fra Mars (figur 2). Vi kan således for første gang se at ^{60}Fe , hvis tilstedeværelse er tydeligt dokumenteret i yngre meteoritter, ikke fandtes da de ældste asteroider dannedes ca. en million år efter Solsystemets opståen for 4567 millioner år siden (se Kvant, marts 2006). I modsætning hertil viser ^{26}Mg isotopdata at ^{26}Al var homogent fordelt i alt materiale lige fra Solsystemets start [4], og derfor må ^{60}Fe være ankommet til Solsystemet forskudt fra ^{26}Al . Den tidsforskudte introduktion af ^{26}Al og ^{60}Fe har vidtrækkende konsekvenser for vores modeller for Solsystemets opståen og udvikling. Man kan således ikke gøre rede for dette tidsinterval hvis man antager at ^{60}Fe stammer fra et "klassisk" stjernemiljø. Derimod forudsiger modeller for meget massive (> 30 sol-

masser) stjerners udvikling, at ^{26}Al afsondres sammen med stjernens ydre atmosfærelag i det såkaldte Wolf-Rayet (WR) stadie, og at ^{60}Fe udelukkende produceres under den efterfølgende type 1b/c supernova (SN1b/c) begivenhed. Den forventede produktion af ^{26}Al i WR stadiet stemmer overens med de initiale (oprindelige) mængder man kan beregne for Solsystemet, og ydermere syntetiseres ^{26}Al ikke samtidig med ^{60}Fe i supernova stadiet. Varigheden af WR stadiet er 1-2 millioner år, hvilket stemmer særdeles godt overens med tidsforskellen mellem indkorporeringen af ^{26}Al og ^{60}Fe i Solsystemet udledt fra vores studier. Disse resultater peger på at Solsystemet dannedes i umiddelbar nærhed af en eller flere massive stjerner, muligvis i en region af rummet, hvor stjernedannelse foregår i stor skala eksempelvis som i Orion eller Ørne-tårerne. Man kan tænke sig et scenarie, hvor en molekylær tåge, beriget i ^{26}Al fra en massiv WR-stjerne, gennemgår gravitationelt kollaps og danner Solsystemet med en homogen fordeling af ^{26}Al , og først ca. 1 million år senere får

tilført ^{60}Fe i materiale kondenseret ud af produkterne fra en SN Ib/c begivenhed.



Figur 3. Et udsnit af Ørnetågen fotograferet med Hubble teleskopet. Den mørke søjle er en af flere ansamlinger af molekylær gas, op til flere lysår lange, hvor nye og også meget massive, stjerner dannes i stort antal. Muligvis opstod vores Solsystem i et lignende miljø for 4567 millioner år siden. Foto ESA/NASA.

På baggrund af disse oplysninger tegner der sig nu det billede, at Solen og planeterne dannedes i et langt mere turbulent miljø end hidtil antaget, nemlig i en tæt klynge af massive stjerner, hvis korte liv og død kan spores i resterne af de byggesten planeterne dannedes af.

Endnu et resultat har vist sig fra nikkelisotopanalyserne af meteoritter. I de tidligst dannede meteoritter viser det sig at $^{62}\text{Ni}/^{58}\text{Ni}$ forholdet er lavere end i jordiske prøver og i kul-kondritter som besidder overskud af ^{62}Ni relativt til Jorden. Variationen i mængden af denne neutron-rige isotop af nikkel er overordnet korreleret med lignende variationer for andre neutron-rige isotoper som f.eks. ^{50}Ti og ^{54}Cr . De uens mængder af neutron-rige isotoper man finder i forskellige typer

af meteoritter kan enten fortolkes som tegn på oprindelige heterogeniteter i den molekylære sky Solsystemet dannedes udfra, eller som resultat af en selektiv forarbejdning af materiale i det nydannede Solsystem. I begge tilfælde viser de seneste nikkelisotopdata at megen information ligger gemt i studiet af neutron rige isotoper, og dermed er kursen for nye studier af Solsystemets dannelse og tidlige historie stukket ud.

Litteratur

- [1] Bizzarro, M., Ulfbeck, D., Trinquier, A., Thrane, K., Connelly, J.N. and Meyer, B.S. (2007): Evidence for a later supernova injection of ^{60}Fe into the protoplanetary disk, *Science* **316**, 1178-1181.
- [2] Shu, F.H., Shang, H., Glassgold, A.E. and Lee, T. (1997): X-rays and fluctuating X-winds from protostars, *Science* **277**, 1475-1479.
- [3] Tachibana, S., Huss, G.R., Kita, N.T., Shimoda, G. and Morishita, Y. (2006): ^{60}Fe in chondrites: debris from a nearby supernova in the early solar system?, *Astrophys. Journal* **639**, L87-L90.
- [4] Bizzarro, M., Baker, J.A., Haack, H., and Lundgaard, K.L. (2005): Rapid timescales for accretion and melting of differentiated planetisimals inferred from $^{26}\text{Al} - ^{26}\text{Mg}$ chronometry, *Astrophys. Journal* **632**, L41-L44.



David Ulfbeck er laboratoriemanager / post doc ved Axiom laboratoriet. Udover at varetage den daglige drift af laboratoriet, er hans forskning ligeledes koncentreret omkring isotopstudier af materiale fra det tidlige Solsystem.



Martin Bizzarro er adjunkt og forskningsleder for Axiom laboratoriet på Geologisk Institut i København. Hans forskning er centreret omkring brugen af isotopsystemer i kronologiske studier af det tidlige Solsystems udvikling. Driften af laboratoriet er finansieret af Danmarks Grundforskningsfond.

Fysisk matematik?

Af Mogens Esrom Larsen, Institut for Matematiske Fag, Københavns Universitet

Matematikken blev fordrevet fra fysikken i nyere tid, så vi nu ser de to fag som parallelle. Matematikeren laver sine modeller, som fysikeren sammenligner med sin virkelighed, – så må den ligne eller ej! Men sådan har det ikke altid været. Fagene var engang flettet tæt sammen!

Lertavler og talsystemer

I begyndelsen var iagttagelsen. De ældste overleverede matematiske tekster er assyriske fra et par tusind år før vor tidsregning. I de samtidige kulturer i Ægypten og Kina benyttede man brændbare materialer, mens man i Assyrien lavede aftryk i våd ler med små kiler. Selv om en tavle kunne genbruges og ofte blev det, så var dette materiale arkæologernes held. Hver gang et hus brændte, blev de tilfældige optegnelser forevige. Assyrieneren måtte så skaffe sig nye lertavler til sin ærgrelse og vores fordel.

Assyrien var et regnfattigt land, tænk bare på Hamurapis' (1792–50) berømte love om reglerne for brug og misbrug af vandingsanlæg. Men til gengæld var og er klimaet gunstigt for iagttagelse af himmellegemernes færd. Man opdagede korte og lange perioder, og at de fleste stjerner bevæger sig i parallelle baner i en døgnrytme, der langsomt ændres med årstiderne. Det kunne ligefrem være praktisk nyttigt; vi læser, at når Plejaderne ses om foråret første gang, så er tiden inde til at så korn. Men syv himmellegemer skiller sig ud, sol og måne og de fem "vagabonder" – planeterne. De sidste følger ikke fixstjernerne, men løber somme tider i forvejen, og snart efter tilbage igen i modsat retning. Man anså disse syv for virkelige guder og deres løben frem og tilbage som varsler. Planeterne bærer stadig gudenavne, men nu romerske, Venus, Mars, Jupiter osv.

På den tid tænkte man ikke i modellen "årsag-virkning", men snarere "varsel-begivenhed". Hændelser var forudbestemt af guderne, men efter advarslen kunne de påvirkes efter anmodning.

Perioderne tillod de lærde at forudse visse begivenheder som f. eks. måneformørkelser, hvilket nok har virket imponerende. Når kongen efter en heldig forudsigelse så spurgte de lærde om andre varsler, så havde de et problem. Hvad enten de nægtede eller tog fejl, var resultatet det samme: umiddelbar henrettelse. Intet nyt under solen, var der ikke for nylig et forslag i et åndeligt u-land (Rusland) om at straffe meteorologerne for forkerte vejruksigter?

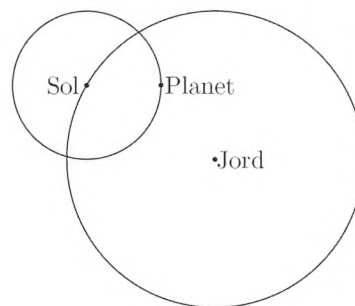
Blandt lertavlerne finder vi regnestykker med længder, arealer, rumfang, vægt, priser og lønninger. Og også tavler med den lille tabel, – i 60-talsystemet er der 1711 produkter fra 2 til 59, – i 10-talsystemet er der kun 36 produkter fra 2 til 9, – og pythagoræiske talsæt, 3 4 5, 5 12 13, osv. De har kendt disse retvinklede trekanter.

Assyrienerne brugte også tal til at notere stjerners og

planeters positioner, de opfandt positionssystemet med grundtal 60, delte omkredsen i 360 grader, og angav positionerne med en nøjagtighed på to hexagesimaler, så en grad deltes i (vore dages) 60 bueminutter (de små) og hver af dem i 60 buesekunder (de anden små). Da disse tabeller nåede grækerne, som ikke brugte et positionssystem, blev disse små enheder bevaret og blot skrevet med græske hele tal. Positionen af en stjerne blev altså angivet med tre heltal, grader, minutter og sekunder, de sidste mellem 0 og 59. Da de ikke havde et symbol for nul, valgte Ptolemaios (2. årh.) for ikke at forveksle sekunder med minutter i tilfælde af 0 minutter, at skrive det meningsløse tal 70 for minutterne. Da grækerne brugt alfabetet til tal også, $\alpha=1$, $\beta=2$, osv. var symbolet for 70 tilfældigvis omikron, o.

Astronomi

De græske astronomer var ikke tilfredse med gudernes viljer. De lavede en veritabel matematisk model for planeterne vagabondering. De forestillede sig jordkloden som en kugle, fixstjernerne som lys på en sfære langt uden om og planeterne baner givet som såkaldte epicykler, dvs. små cirkulære baner, hvis center bevæger sig i en større cirkel rundt om jorden. Aristarkos (3. årh. fvt.), med tilnavnet "mathematikos" – den alvidende – havde i sin model solen i centrum for alle planeterne små cirkler.



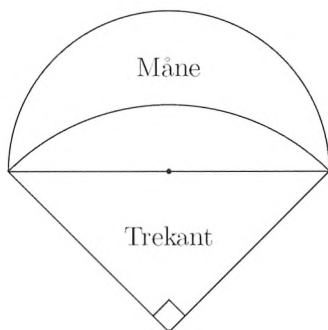
Figur 1. Planetbevægelser.

Geometri

Pythagoras (6. årh. fvt.) var lige så glad for tallene som Assyrienerne. Men han gjorde den iagttagelse, at hypotenusen i en ligebeinet retvinklet trekant med kateterne 1 ikke kan måles med rationale tal. Eller om man vil, diagonalen i et kvadrat med siden 1 er $\sqrt{2}$, der ikke er rational. Disse iagttagelser fik grækerne til at udvikle geometrien til beskrivelse af rummet uafhængigt

af tallene. De arbejdede direkte med figurerne i 1, 2 eller 3 dimensioner.

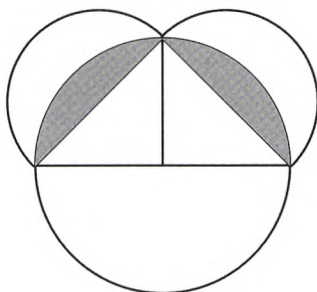
Det lykkedes at definere et lighedsbegreb, der udtrykte at figurer havde samme areal eller samme rumfang, uden at disse størrelser blev udregnet som tal. De kunne f. eks. bevise, at Hippokrates' (5. årh. fvt.) måne er lige så stor som en vis ligebeinet og retvinklet trekant.



Figur 2. Hippokrates' måne.

Har trekanten katete 1 og dermed efter vores mening hypotenusen $\sqrt{2}$ og areal $\frac{1}{2}$, så er Hippokrates' måne den figur der begrænses af to cirkelbuer med radierne 1 og $\frac{\sqrt{2}}{2}$ og centrene i trekantens toppunkt og hypotenusens midtpunkt hhv. Denne måne har altså også arealet $\frac{1}{2}$.

Beviset for denne identitet er forbløffende simpelt. Se på figuren:



Figur 3.

Da cirklers arealer er proportionale med diameterens kvadrater med samme faktor, gælder Pythagoras' sætning også for halvcirkler. Arealet af halvcirklen over hypotenusen er således lig med summen af arealerne af de to halvcirkler over kateterne. Men så er trekantens areal lig med den store halvcirkel minus de to skraverede områder og dermed lig med summen af de to små halvcirkler minus de to skraverede. Halvdelen af trekanten har derfor samme areal som månen.

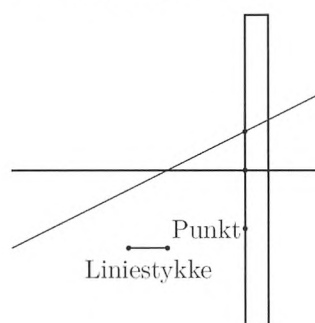
Grækernes geometri sammenlignede figurer med figurer og undgik tal. De stillede visse krav – på græsk axiom, – som skulle afspejle den geometriske praksis, at tegne med passer og lineal. F.eks. aksiomerne, at gennem to punkter går der en ret linie, og givet to punkter, så er der en cirkel gennem det ene og med det andet som centrum.

Med disse forudsætninger udledte man alle de logiske konsekvenser, man havde fantasi til og udviklede på denne måde det første eksempel på en matematik, – dvs. en teori, der er logisk konsistent. Verdens første

matematiske model af et fysisk fænomen, det rum vi lever i.

Konstruktion ved indskydning

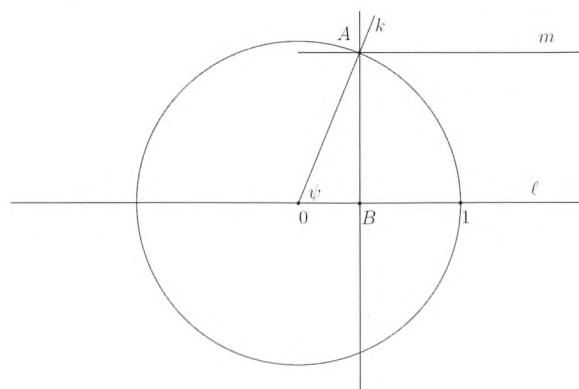
Når vi taler om konstruktion med passer og lineal, er det en tilsnigelse. Vi mener byggende på Euklids (3. årh. fvt.) aksiomer. Ud fra hans aksiomer kan vi kun klare irrationale forhold, der kan udtrykkes med kvadratrødder. To opgaver, man betragtede, var vinklens tredeling og terningens fordobling. Begge kræver tredierødder, som man ikke kunne ud fra Euklids aksiomer. Men allerede i oldtiden kunne man godt klare problemerne. Hvis vi opfatter en lineal som et redskab i den fysiske verden – allerede et problem: Hvor får man den første korrekte rette linie fra? – man kunne måske vælge en lodret lavet af en snor og en sten – ren fysik! – så kan vi afsætte et liniestykke på linealen. Er der så givet to skærende rette linier og et punkt uden for dem, kan man let tegne en linie gennem punktet, så de to linier afskærer et stykke af den foreskrevne længde på linien.



Figur 4.

Hvis vi tilføjer aksiomet, at givet to linier og et punkt uden for og et liniestykke, så findes en linie gennem punktet, så de givne linier afskærer et stykke af den givne længde på den ny linie, så kan vi også uddrage tredierødder og specielt tredele vinkler og fordoble terninger.

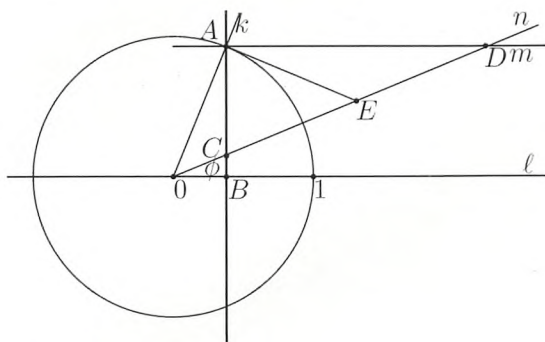
For at antyde hvordan, skal vi se på en vinkels tredeling.



Figur 5.

Vi ønsker at tredele vinklen $\angle \psi$ mellem linierne ℓ og k . Vi tegner cirklen med centrum i 0 og radius 1 på ℓ , den skærer linien k i punktet A. Derefter tegnes AB vinkelret på ℓ . Endelig tegnes linien m gennem A parallel med ℓ .

Vi foretager nu i henhold til metoden ovenfor en indskydning, dvs. vi tegner gennem O linien n , der skærer AB i C og m i D , så afstanden $CD = 2$.



Figur 6.

E afsættes som midtpunktet af liniestykket CD . Da $\triangle ACD$ er retvinklet med $\angle A$ som den rette, ser vi, at en cirkel med centrum i E og radius 1 vil gå gennem A , C og D . Altså er $AE = CE = DE = 1$ og derfor $\triangle AED$ ligebeinet, så vi ser, at $\angle DAE = \angle ADE = \angle COB = \phi$. Da $\triangle OAE$ også er ligebeinet, er $\angle AOC = \angle AEC = \angle EAD + \angle ADE = 2\phi$. Vi har tredelt vinkelen $\angle AOB = \psi$.

Denne metode har være kendt siden det 5. århundrede fvt.

Euclides Danicus

Man kan også indskrænke sine aksiomer. Georg Mohr (1640–97) – “den danske Euklid” – beviste, at alle punkter, der kan konstrueres med passer og lineal (i Euklids forstand) kan konstrueres med passeren alene. Smukt! Vi behøver altså ikke den givne rette linie!

Størrelseslæren

Det vigtigste hjælpemiddel i ræsonnementerne var den såkaldte størrelseslære – Euklids 5. bog – der definerer, hvad det vil sige, at om fire størrelser af samme art (dimension), A , B , C og D , kan A forholde sig til B som C forholder sig til D . Månen og trekanten ovenfor forholder sig som et par af to ens. Man kunne så om $\sqrt{2}$ sige, at siden forholder sig til diagonalen i et kvadrat som de samme i et hvilket som helst andet kvadrat.

For endimensionale størrelser, kan man gange overkors og sige, at de to forhold er ens, hvis $a \times d = b \times c$, idet der her er tale om lighed i størrelse mellem to rektangler. Men grækerne var ikke villige til at danne produktet af to plane figurer, der også havde krævet et 4-dimensionalt volumen. For endimensionale størrelser er det trivielt, at under forudsætning af ligheden mellem de to forhold, så vil også a forholde sig til c som b til d . Men ombytningen af mellemliddene for plane eller rumlige figurer, krævede mange overvejelser og kommer derfor først som sætning 16 i Euklids 5. bog.

Archimedes (†212 fvt.) ser to veje videre fra Euklids størrelseslære. Den ene genistreg er at udvide sammenligningerne fra rette liniestykker til krumme kurver og fra plane figurer til krumme overflader af rumlige figurer. Han kræver “blot” at disse omslutter

noget konvekst. Betragt f. eks. en polygon af korder i en cirkel. Af Euklids aksiomer følger, at polygonens areal er mindre end cirkelns. Archimedes’ axiom siger, at polygonens omkreds er mindre end cirkelns. Den anden er at sammenligne forhold mellem par af en dimension med forhold mellem par af en anden dimension. På denne måde viser han, at cirkelns omkreds forholder sig til diameteren som arealet til kvadratet på radius. Med andre ord: Vi kan nøjes med ét π ! Han viser også, at kuglens overflade er lige så stor som den cirkelskive, der har kuglens diameter som radius. Det er til denne opdagelse, han skriver de berømte ord: “Sådan har det altid været, men jeg er den første, der har vidst det!”

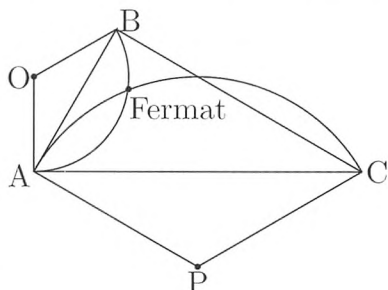
Har man to liniestykker, a og b , og to flader, A og B , så a forholder sig til b som A til B , kan man godt gange overkors og sige, at de to rumlige figurer $a \times B$ og $b \times A$ har samme rumfang. Men Archimedes har en anden og på en måde mere fysisk idé. Han forestiller sig en skålvægt med armene af længde hhv. a og b og så de to figurer A og B ophængt i enden af armene i omvendt orden. Med den definition af ligheden mellem forholdene, at skålvægten er i balance, får han også defineret en sådan lighed mellem forholdet mellem rumlige figurer A og B og forholdet mellem to liniestykker, a og b , hvor krydsproduktet ville blive 4-dimensionalt. Denne definition bruger han f. eks. til at bestemme arealet af et parabelafsnit.

Analyse

Axiomerne som grundlag for en matematik er ikke grækernes eneste bidrag til tænkningens udvikling. En problemløsningsmetode kaldet “analyse” har også stor betydning både inden for og uden for matematikken. Givet et problem, tænker man sig at have fundet en løsning. Derefter ræsonnerer man sig frem til, hvilke begrænsninger den må opfylde. Finder man nu, at disse begrænsninger strider mod hinanden, har man fundet, at problemet er uløseligt. Metoden er blevet til det, vi kalder et indirekte bevis, “deductio ad absurdum.” Er man mere heldig, finder man så mange begrænsninger, at der højst er én mulig løsning. Det er, hvad man typisk gør ved løsning af en eller flere ligninger. Man antager dem løst med en ukendt løsning, x mfl., manipulerer til man har fundet et entydigt forslag, og dermed har man så ikke løst problemet, men kun vist løsningens entydighed. Til sidst må man så sikre sig, at der er tale om en løsning og ikke blot et ufuldstændigt bevis for umuligheden. Man må “gøre prøve.”

Et eksempel, der på nydeligste vis blander fysik og matematik, er løsningen på Pierre de Fermats (1601–65) problem: Givet en trekant. Find det punkt, hvorfra summen af afstandene til de tre hjørner er mindst. Nu foretager vi en analyse ved hjælp af et fysisk tankeeksperiment. Vi tænker os de tre punkter er afsat på en plade, og i hvert punkt har vi boret et hul. Pladen holdes vandret. Fra punktet trækker vi snore, der er bundet sammen, til hvert hul og ned gennem hullerne. I enden af hver snor fastgør vi et lod, de tre lodder med samme vægt. (Snorene har ingen vægt.) Dette system vil finde ro i en slags ligevægt, med tyngdepunktet

lavest muligt, dvs. der hvor summen af afstandene er minimal. Samtidig er summen af de tre træk lig med 0, ellers ville knuden flytte sig. Men for at summen kan være 0, må de tre vinkler mellem trækretningerne være ens (120°). (Det kræver selvfølgelig, at alle vinkler i den oprindelig trekant er mindre end 120° .) Et sådant punkt eksisterer og kan findes ved at konstruere to af synsvinkelbuerne over to af trekantens sider. Tilfældigvis er det sådan, at disse buer for trekanten $\triangle ABC$ har centrene O og P og buelængderne også 120° . Buerne skærer så hinanden i Fermat-punktet.



Figur 7.

Ikke-Euklidisk geometri

Matematikens fordrivelse fra fysikken begynder omkring år 1800. Indtil da anses den Euklidiske geometri som den perfekte matematiske model af det fysiske rum. Filosofen Immanuel Kant (1724–1804) er eksponent for denne opfattelse, idet han anser den Euklidiske geometri for at indeholde den eneste erkendelse, som både er “a priori” – givet på forhånd, og “analytisk” – uafhængig af erfaring. Men samtidige matematikere begynder at tvivle. Problemet er, om parallellpostulatet er et aksiom eller kan udledes af de andre – mere plausible – aksiomer. Det siger, at givet en ret linie og et punkt uden for denne findes netop én ret linie gennem punktet parallel med den givne, (eller som ikke skærer den givne). Heraf slutter man f.eks., at vinkelsummen i en trekant er 180° (Euklid: “To rette.”) Utallige forgæves forsøg har været gjort på at udlede denne påstand af de øvrige aksiomer.

Carl Friedrich Gauß (1777–1855) må have haft sine tvivl, – eller rettere set postulatets uafhængighed af de øvrige aksiomer. Han opfatter spørgsmålet som et spørgsmål om den relevante model for fysikken! Han foretog en geodætisk opmåling af vinklerne i en trekant mellem tre tyske bjergtoppe for at se, om vinkelsummen også i virkeligheden var 180° . Det fandt han, at den var.

Men andre, Nicolai Ivanovitsch Lobatschevskij (1793–1856) og Johann Bolyai (1802–60) udviklede ikke-euklidiske geometrier med parallellpostulatet erstattet enten af det aksiom, at to forskellige rette linier altid skærer hinanden (“elliptisk geometri”), eller af det aksiom, at der til en ret linie og et punkt uden for denne gennem punktet findes evt. flere rette linier, der ikke skærer den givne (“hyperbolsk geometri”).

Dermed kom matematikerne til at dyrke matematik uden hensyn til deres eventuelle sammenhæng med fysikken. Samtidig begyndte man at betragte rum med et vilkårligt antal dimensioner.

At disse verdensfjerne matematiske modeller kunne være fysisk relevante, var der dog nogen, der så. William Kingdon Clifford (1845–79) skrev et abstract til en afhandling, “On the Space Theory of Matter” i 1876, en forløber for den relativitetsteori, Albert Einstein (1879–1955) blev berømt for. At fysikere pludselig finder anvendelse for en i lang tid foreliggende matematik, er sket før. Det mest slående eksempel er Johannes Keplers (1571–1630) ellipse som model for Marsbanen. Der anvender han et keglesnit, som kendtes fra oldtidens matematik, fra Euklid og senere Apollonios (2. årh. fvt.).

Sådan er det vel for det meste nutildags. Kvantemekanikken finder til sin glæde flere foreliggende matematiske teorier. I første omgang Lie-grupper, Sophus Lie (1842–99), i anden von Neumann–algebra, John von Neumann (1903–57).

Mængdelæren

Samtidig har matematikerne forladt det fysiske indhold og vender sig mod en semantik byggende på Georg Cantors (1845–1918) “mængdelære,” der er svær at holde styr på. Aksiomerne for den synes at føre tanken til modstrid med det samme. Man kan vise, at for enhver mængde må mængden af delmængder have større mægtighed end mængden selv.

For hvis de er lige store, kan man finde en korrespondance, dvs. en tilordning, så hvert element svarer til en og kun én delmængde. Det kan så forekomme, at et element ligger i den tilsvarende delmængde, ligesom det kan forekomme, at det ikke gør det. Vi betragter nu mængden af elementer, der ikke ligger i deres tilsvarende delmængde. Nu må denne delmængde korrespondere med et element, som ifølge definitionen af denne delmængde ikke kan ligge deri. Men så skal elementet jo ligge i denne delmængde efter samme definition. Konklusionen af denne overvejelse er, at der altid er flere delmængder af en mængde end der er elementer i den.

Det er jo blot, hvad vi er vant til for de endelige mængder. En mængde med n elementer har netop 2^n delmængder, og uligheden $n < 2^n$ gælder for alle n .

Man kan derfor ikke have nogen største mængde, f.eks. ikke mængden af alle mængder.

Der er noget suspekt ved dette ikke fysiske grundlag for matematikken. Et morsomt eksempel på vanskeligheden ved at afgrænse logikkens gyldighed er følgende:

På de to skuffer i en dragkiste står to tekster: Første skuffe: Ringen er i den anden skuffe. Anden skuffe: Kun én af sætningerne på skufferne er sand. Nu kan man tænke sig, at sætningerne er sande eller falske, det ved vi ikke. Falske sætninger findes. Men er den anden sætning sand, så er den første åbenbart falsk, så ringen må være i den første skuffe. Og er den anden sætning falsk, så er begge sætninger falske, og ringen må også i dette tilfælde være i den første skuffe.

Men i den fysiske verden er der intet til hinder for, at en eller anden logisk ignorant har lagt ringen i den anden skuffe.



Mogens Esrom Larsen er lektor i matematik på Københavns Universitet og redaktør ved Kvant siden starten.

Aktuelle bøger

Af Sven Munk, KVANT

Hvidbog om forskningsformidling

Forfatter: Jørgen Burchardt. Syddansk Universitetsforlag 2007.

“Hvidbog om forskningsformidling – Viden giver velstand”, 56 sider, 48 kr.

“Fra universitet til samfund – Forskningsformidlingens infrastruktur”, 186 sider, 175 kr.

“Selskaber og tidsskrifter – Forskningsformidlingens infrastruktur”, 484 sider, 400 kr.

“Hvidbog om dansk forskningsformidling” med de to bilag sælges i kommission hos Syddansk Universitetsforlag. De kan også downloades gratis som pdf-filer fra: <http://www.videnssamfundet.dk>.



Næsten lige så længe som forskning har været bedrevet under institutionelle former i offentligt regi har dem, der finansierer foretaget spurg: Og hvad får vi så ud af det? Erfaringen synes at vise, at spørgerne sjældent er tilfredse med de svar forskerne giver. For nogle, måske mest politikere, er der tilsyneladende kun et svar, som er godt nok. Med forskningen skal der skabes større indtjening. Andre, måske også politikere, tillægger det det almene samfundsperspektiv betydning.

At befolkningen gennem forskning og uddannelse bliver mere vidende, og dermed bedre rustet til at deltage i demokratiske processer.

Forfatteren, Jørgen Burchardt, vil med sit arbejde dels belyse hvorledes forskningsformidlingen tager sig ud i dagens Danmark og dels pege på foranstaltninger, som kan forbedre denne formidling. Foruden selve hvidbogen er der to bilag, nemlig 1: “Fra universitet til samfund” og 2: “Selskaber og tidsskrifter”. Sidstnævnte giver en fyldig, men ikke komplet, oversigt over faglige foreninger/selskaber og relaterede tidsskrifter i Danmark. Forfatteren gør selv opmærksom på, at udarbejdelsen af denne oversigt har været lidt af et pioner-projekt.

I bestræbelserne på at etablere en systematik for overvejelserne præsenteres en model for forskningens fødekæde. Forfatteren skriver: “I korthed findes der fire led i kæden eller måske snarere fire scener, hvor videnskabsformidling udspiller sig. Den første scene er videnskabsfolkenes egen interne verden, mens den anden stadig er en scene i forskningsverdenen, men uden for forskerens hjemmebane. Den tredje scene er en folkelig men dog stadig en fagligt forsvarlig platform for kommunikation til en bred kreds af praktikere og andre interesserede. Endelig kommer i den sidste ende aviser, TV og de andre traditionelle massekommunikationsmidler.” Med denne formulering bliver man mindet om, at inden man danner sig en mening om vidensformidling, bør man have svar på spørgsmålet: Fra hvem til hvem?

Hvidbogen kan næppe opfattes som det ultimative svar på, hvordan forskningsformidlingen skal tilrettelægges i Danmark. Tilbyder dog under alle omstændigheder med sin systematik en ramme for fortsatte overvejelser og debatter. Så udgangsreplikken til alle, som følger noget for sagen, bør være, at hvidbogen skal læses og diskuteres – i institutbestyrelser, rektorater, gymnasier og ved frokostbordene. Måske bør der endog arrangeres nogle debatmøder.

SM

Mørkets hastighed

Michael Cramer Andersen og Michael Agermose Jensen, Christianshavns Gymnasium

En elev spurgte i en fysiktime om mørket også havde en hastighed ligesom lyset? Har mørket samme hastighed eller kan det bevæge sig hurtigere end lyset? To lærere giver hver sit bud og en professor i fysik svarer.

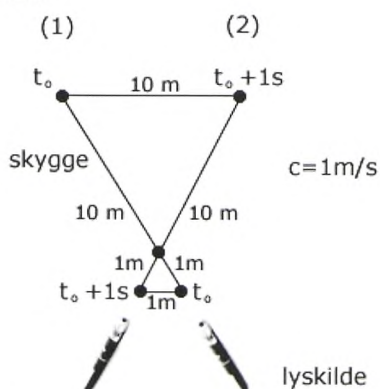
I en fysiktime spurgte Sarah fra 2x på Christianshavns Gymnasium, om "mørket" havde en hastighed ligesom lyset og om det kunne bevæge sig hurtigere end lyset?

Fysiklæreren (MCA) svarede: "En skygge, som er *fravær af lys*, må også overholde fysikkens love og kan derfor maksimalt flytte sig med lysets hastighed."

Sarah diskuterede det bagefter med sin klassekammerat Jonathan og de spurgte deres matematiklærer (MAJ), som desuden er fysiklærer. Han gav et andet svar: "Mørke er jo *immaterielt* og er derfor ikke begrænset til at bevæge sig med lysets hastighed."

Problemet blev nu diskuteret på lærerværelset under frokosten. Fysiklæreren skitserede en solformørkelse, hvor Månens skygge fungerer som en kæmpe viser. Månens skygge på Jordens overflade bevæger sig tværs henover Jorden med en hastighed af flere tusinde km/t. Selv hvis Månens skygge strakte sig uendelig langt ud i rummet, ville skyggens bevægelse tværs henover et himmellegeme ikke kunne få en vilkårlig høj hastighed. En plet der skifter fra skygge til lys vil stadig først blive oplyst når den rammes af fotoner fra Solen, der slipper gradvist forbi Månens rand – med lysets hastighed. Skyggen bliver ikke dannet momentant og man må forvente en modifikation i begge ender af skyggen.

Matematiklæreren var næsten tilbøjelig til at acceptere forklaringen, men gav sig ikke helt. Efter at have sovet på det vendte han tilbage med et tankeeksperiment.



I situation (1) peger lyskilden i nederste højre hjørne mod øverste venstre hjørne i en ligesidet trekant med sidelængde 10 m. Lyset passerer et objekt, så der dannes en skygge i (1).

Lyskilden bevæger sig nu mod venstre med lysets hastighed, der for simpelhedens skyld sættes til $c = 1$ m/s. Under bevægelsen, fra $t = t_0$ til $t = t_0 + 1$ s, flytter skyggen sig 10 m hen til (2). Men så har skyggen bevæget sig med hastigheden $v = 10$ m/s $= 10 \cdot c$.

Men er dette muligt? Ved en første analyse af problemet ses det, at skyggen først begynder at bevæge sig efter 10 s. Men selv med denne forsinkelse har den en hastighed der er 10 gange større end lysets hastighed. Er dette den korrekte fysiske forklaring? Hvis ikke, hvad er der så galt? For at få en afklaring på problemet har KVANT sendt spørgsmålet til professor *Benny Lautrup* fra Niels Bohr Institutet der svarer:

"Lad os forestille os to planeter ét lysår fra hinanden og begge 10 lysår fra Jorden. Hvis der kun er én lyskilde, der skinner på begge, vil begge planeter opleve, at lyset slukkes samtidig 10 år efter, at lyskilden slukkes. Lad os dernæst i stedet forestille os, at en uigennemsigtig plade føres hen foran lyskilden, så at den først dækker fuldstændigt efter ét sekund. Da vil lyset 10 år senere først gå ud på den ene planet og ca. et sekund efter på den anden (her ser vi bort fra diffraktion). Det er derfor indlysende, at skyggen kan bevæge sig langt hurtigere end lyset, helt op til uendelig hurtigt. Men skyggens bevægelse kan ikke bruges til at sende en meddelelse mellem planeterne, fordi det ville kræve, at den ene planet instruerede skyggedanneren om at bevæge pladen på en passende måde. Denne instruktion tager 10 år om at nå frem, så den samlede tid, det ville tage for at få meddelelsen frem til den anden planet, ville være 20 år. Det ville da være langt nemmere at sende meddelelsen direkte, for det tager kun 1 år.

Samtidige – eller næsten samtidige – korrelerede begivenheder, som observation af skyggen på de to planeter, er ikke kausalt forbundne, men fremkaldes altid kausalt af tidligere begivenheder, som skyggepladen i eksemplet. I kvantemekanikken bliver korrelerede begivenheder endnu mere spøgelsesagtigt forbundne, men der er stadigvæk ikke tale om en kausal sammenhæng mellem dem (se min artikel om "Einstein og virkeligheden", Kvant nr. 2, maj 2005)."

En skygge kan altså bevæge sig hurtigere end lyset! Tegneseriehelten Lucky Luke, der ellers har ry for at være "hurtigere end sin egen skygge", kan altså godt en dag blive overrasket (tegning fra www.comicwiki.dk).



Bohms teori bryder med princippet om impulsbevarelse!

Erland Brun Hansen

I artiklen vises, at Bohms teori for en fri partikel medfører, at partiklen kan overføre impuls til sig selv via det såkaldte kvantepotentiale. Da Bohm teorien således bryder med princippet om impulsbevarelse, er det tvivlsomt, om den kan levere en grundlæggende fortolkning af kvantemekanikken.

Hvad er Bohm teoriens status i dag? Jeg tror de fleste fysikere anlægger et pragmatisk synspunkt. Når nu Bohm teorien giver samme eksperimentielle forudsigelser som kvantemekanikken, hvorfor så introducere dette mærkelige kvantepotentiale? Men der findes også fysikere, der har et mere positivt og konstruktivt syn på Bohm teorien, sådan som det f.eks. kommer til udtryk i artiklen *Nine formulations of quantum mechanics* [1].

I Lars Becker-Larsens film *København* fortolkningen får man et godt indtryk af hvad forskellige fysikere mener om Bohm teorien. Med hensyn til at opnå et overblik kan jeg varmt anbefale diskussionen af Bohm teorien i [2].

Formålet med denne artikel er at fremdrage et træk ved Bohm teorien der (så vidt jeg ved) er forblevet upåagtet, nemlig at denne teori er i strid med princippet om impulsbevarelse. Lad os forestille os et stort område af rummet, der er feltfrit og tomt for partikler bortset fra, at der befinder sig en elektron i det. Antag at bølgefunktionen til begyndelsestidspunktet har en gaussisk form. I artiklen vises det, at Bohm teorien foreskriver en tidsudvikling for et sådant system, der enten forøger eller formindsker dets impuls.

Bohm teorien

I den kvantemekaniske beskrivelse af et isoleret system har vi korrespondancen

$$\text{fysisk tilstand} \longleftrightarrow \text{bølgefunktion } \psi \quad (1)$$

således at forskellige fysiske tilstande beskrives ved hjælp af forskellige bølgefunktioner og forskellige bølgefunktioner beskriver forskellige fysiske tilstande, som afviger fra hinanden. Strengt taget står ψ i (1) for klassen af bølgefunktioner $e^{i\alpha}\psi$, hvor $e^{i\alpha}$ er en fysisk set betydningsløs fasefaktor. Den operationelle betydning af bølgefunktionen kommer frem, når vi bryder systemets isolation og måler på det, idet bølgefunktionen tillader beregning af sandsynlighederne for de mulige udfald af enhver tænkelig måling. Det afgørende i nærværende sammenhæng er, at gyldigheden af (1) forudsætter, at bølgefunktionen giver en udtømmende beskrivelse af et systems fysiske tilstand.

I Bohm teorien [3][4] henviser bølgefunktionen til et ensemble. For et individuelt system i ensemblet befinder elektronen sig til begyndelsestidspunktet $t = 0$

et bestemt men ukendt sted x_0 (i det følgende gennemføres diskussionen i en dimension). Elektronens sted optræder i teorien som en såkaldt skjult variabel. Sandsynligheden for at x_0 ligger i intervallet $(x, x+dx)$ er

$$\psi^*(x, 0)\psi(x, 0)dx$$

Selvom alle ensembles systemer er beskrevet ved hjælp af samme bølgefunktion, afviger disse systemers fysiske tilstand fra hinanden ved, at værdien af den skjulte variabel varierer fra system til system. Så det er et af de punkter, hvor Bohm teorien afviger fra kvantemekanikken, at førstnævnte ikke tilfredsstiller (1).

I følge Bohm teorien [4] beskriver bølgefunktionen: "an objectively real ψ -field that can act on the particle". Partiklen påvirkes af kvantepotentialet U via dets gradient ∇U , som forårsager kraftfeltet $-\nabla U$. Idet bølgefunktionen skrives på formen

$$\psi = Re^{iS/\hbar} \quad (2)$$

hvor R og S er reelle funktioner af tid og sted, er kvantepotentialet defineret som

$$U = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\Delta R}{R}; \quad (\Delta \equiv \nabla^2) \quad (3)$$

Vi har altså den situation, at ensembles systemer har det tilfælles, at de alle har samme kvantepotentiale, $U(x, t)$, men adskiller sig ved, at det skjulte sted varierer fra system til system.

Partikelbevægelse i Bohm teorien

Bortset fra introduktionen af kvantepotentialet fastholder Bohm teorien på mange måder klassisk ontologi. F.eks. har fysiske størrelser altid talværdier. Og partikelbevægelse sker langs trajektorier ligesom i klassisk mekanik. Vi ønsker at undersøge elektronbevægelserne i et ensemble, der til begyndelsestidspunktet er beskrevet ved hjælp af bølgefunktionen

$$\psi(x, 0) = (2\pi)^{-1/4}(\Delta x)^{-1/2} \exp\left(-\frac{x^2}{4\Delta x^2}\right). \quad (4)$$

Da hvert af ensembles systemer som tidligere nævnt er en elektron alene i verden, har vi

$$V(x) = 0 \quad (5)$$

således at elektronen alene påvirkes af en kraft fra dens eget tilknyttede kvantepotentiale.

I Bohm teorien er impulsen givet som $p = \nabla S$. Af (2) og (4) følger det derfor, at alle ensembles elektroner har impulsen nul til begyndelsestidspunktet. Men hvordan udvikler ensemblet sig i tiden? Det er et krav, at sandsynligheden for at elektronen i et individuelt system i ensemblet befinder sig i intervallet $(x, x + dx)$ til ethvert tidspunkt er givet som $\psi^*(x, t)\psi(x, t)dx$. Dette krav kan bruges til at få en fornemmelse for, hvordan ensembles elektroner bevæger sig. Løsning af Schrödingerligningen viser, at

$$\begin{aligned} P(x, t) &= \psi^*(x, t)\psi(x, t) \\ &= f(t) \exp\left(-\frac{x^2}{2\Delta^2(t)}\right) \end{aligned} \quad (6)$$

hvor

$$\Delta(t) = \Delta x(1 + kt^2)^{1/2} \quad (7)$$

med

$$k = \frac{\hbar^2}{4m^2\Delta x^4}. \quad (8)$$

Hvis Δx er af nanostørrelse ses det, at $k \approx 10^{28} \text{ s}^{-1}$, der understreger, hvor lynende hurtigt bølgefunktionen udbreder sig i rummet. Men den hastige udbredelse af sandsynlighedstætheden (6) må betyde, at elektronerne i ensemblet næsten eksplosionsagtig må bevæge sig væk fra centrum ($x = 0$), for ellers kan det ovenfor omtalte krav ikke opfyldes.

Bevægelsen af en elektron, der til begyndelsestidspunktet befinder sig i x_0 , kan findes ved hjælp af følgende procedure [2][3].

1. Løsning af Schrödingerligningen og beregning af kvantepotentialet $U(x, t)$
2. Løsning af bevægelsesligningen

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -\nabla U(x, t) \quad (9)$$

med grænsebetingelsen $x = x_0$ for $t = 0$.

Da $R = P^{1/2}$ kan kvantepotentialet beregnes ved hjælp af (3) og (6). Gennemførelse af denne beregning viser, at kvantekraften bliver

$$F(x, t) = -\nabla U(x, t) = mk(1 + kt^2)^{-2}x. \quad (10)$$

Indsættelse af (10) i (9) og løsning af den fremkomne differentialligning giver resultatet

$$x(t) = x_0(1 + kt^2)^{1/2}. \quad (11)$$

Fordelingen af elektronbevægelser i ensemblet bestemmes så af, at sandsynligheden (for et individuelt system) for at x_0 ligger i intervallet $(x, x + dx)$ er $\psi^*(x, 0)\psi(x, 0)dx$, hvor $\psi(x, 0)$ er givet i (4).

Bruddet på impulsbevarelse

Af (11) følger det, at impulsen af en elektron, der til begyndelsestidspunktet befinder sig i x_0 , er

$$p(t) = mx_0k(1 + kt^2)^{-1/2}t. \quad (12)$$

På grund af k 's kæmpestørrelse nærmer impulsen sig lynhurtigt grænseværdien af (12) for $t \rightarrow \infty$. Ved hjælp af (8) ses det, at denne grænseværdi er

$$p_{\text{påført}} = \frac{1}{2} \frac{x}{\Delta x^2} \hbar. \quad (13)$$

Den påførte impuls kan i princippet være vilkårlig stor, men som det fremgår af (4), fylder situationer, hvor $|x_0| \gg \Delta x$, procentvis meget lidt i ensemblet.

Elektronen og dens tilknyttede kvantepotentiale er uløseligt forbundet. Er der en elektron, er der også et kvantepotentiale. Og er der ingen elektron, er der ingen bølgefunktion og derfor i følge (3) heller intet kvantepotentiale. Kvantepotentialet har ingen selvstændig eksistens, men eksisterer alene sammen med elektronen. Det kan altså ikke sammenlignes med et "ydre" klassisk potential, der eksisterer uafhængigt af den partikel, det påvirker. Elektron + tilknyttet kvantepotentiale er ét system, der under betingelsen (5) burde have impulsen som bevægelseskonstant.

Via kvantekraften er elektronen blevet påført impulsen (13) af kvantepotentialet (og lad os overveje det tilfælde hvor $x_0 > 0$). Er kvantepotentialets impuls aftaget med samme beløb? Nej, for det er overhovedet ikke muligt at tilordne kvantepotentialet en variabel impuls. For uafhængigt af om det har påført elektronen en kæmpeimpuls (stor værdi af $x - 0$) eller en forsvindende lille impuls er dets tidslige ændring nøjagtig den samme, nemlig den der i følge (2) og (3) dikteres af Schrödingerligningen. Impulsforholdene for kvantepotentialet kan præciseres. Af (3) og (4) følger det, at $U(x_0, 0)$ er symmetrisk med hensyn til x . Da der på basis af et symmetrisk skalart felt ikke kan genereres en fortrinsretning (den positive eller negative x -aksens retning) må kvantepotentialet nødvendigvis tilskrives impulsen nul. Og da tidsudviklingen af kvantepotentialet fastholder den lige omtalte symmetri, gælder dette til ethvert tidspunkt.

Lad os se på det samlede udviklingsforløb. For de af ensembles systemer, hvor $x_0 > 0$, er systemets impuls blevet forøget med beløbet (13), medens resten af systemerne har fået en tilsvarende negativ impuls. Dette træk, at isolerede systemer af sig selv kan forøge (eller formindske) deres impuls, er så klokkerent et brud på impulsbevarelse, som man kan ønske sig. Kvantepotentialet påvirker elektronen, men denne virker ikke tilbage. Det er det, der er årsag til miseren.

Af (4) ses det, at

$$\langle x_0 \rangle_{\text{ensemble}} = 0 \quad (14)$$

der sammen med (13) viser, at den samlede impulsoverførsel til ensembles elektroner er nul, således at der er impulsbevarelse på ensemble basis. Men da der ikke er kommunikation mellem systemerne i et ensemble, kan dette ikke redde de brud på impulsbevarelse, der finder sted i de individuelle systemer.

Der er spørgsmål, som naturligt melder sig. Bryder Bohm teorien også med princippet om energiens bevarelse? Pladsen tillader ikke en grundig diskussion.

Men svaret er bekræftende. For det ensemble hvis tidsudvikling vi har undersøgt, kan følgende vises:

1. Ifølge et generelt teorem [3] p172, er energien bevaret på ensemble basis, d.v.s. ensemble midelværdien af energien er en bevægelseskonstant.
2. Hvis vi betragter det samlede udviklingsforløb for et individuelt system i ensemblet, er dets energi blevet forøget, hvis $|x_0| > \Delta x$, medens energien er aftaget, når $|x_0| < \Delta x$.

Dette træk, at et isoleret system af sig selv (f_x) kan forøge sin energi, er i strid med universaliteten af princippet om energiens bevarelse, dvs. hævdelser af, at dette princip gælder, ikke blot statistisk, men for hver eneste isolerede system i verden.

Konklusion

Det er velkendt, at Baron von Münchhausen engang i en trængt situation resolut greb fat i sine støvlestropper og hev sig selv op. Læseren forstår sikkert, hvorfor jeg kom til at tænke på dette eventyr. For ligesom Münchhausens succes beroede på at støvlestropperne venligst undlod at virke tilbage på de hænder, der greb fat i dem, så beror kvantepotentialets evne til at påføre elektronen en i princippet vilkårlig stor impuls uden selv at mærkes deraf på, at der i Bohm formalismen, i stedet for vekselvirkning, alene optræder en envejspåvirkning fra kvantepotential til elektron.



Figur 1. Navnet *bootstrap*, på dansk støvlestrop, optræder i én af historierne om den legendariske løgner Baron von Münchhausen, idet han trækker sig selv op af en mose ved at hive i støvlestropperne. I den danske version hiver han sig selv op ved håret.

Det er velkendt, at Bohms indlæg var en afgørende inspirationskilde for Bell i den undersøgelse af skjulte variable, der førte frem til hans berømte teorem. Ville Bell have formuleret sit teorem uden Bohms indsats? Under alle omstændigheder er det min opfattelse, at Bohms arbejder har haft en frugtbar indflydelse på den kvantemekaniske grundlagsdiskussion. Men når det er sagt, er det også min opfattelse, at bruddet på

de grundlæggende bevarelsessætninger gør, at Bohm teorien ikke fortsat med rimelighed kan holdes frem som en mulig formulering [1] eller fortolkning af kvantemekanikken.

Litteratur

- [1] D.F. Styer et al (2002), Am. J. Phys, vol **70**, No 3, 288-297, March 2002.
- [2] Max Jammer (1974), The philosophy of quantum mechanics, John Wiley and Sons.
- [3] D. Bohm (1952), Phys. Rev. **85**, 166-179.
- [4] D. Bohm (1952), Phys. Rev. **85**, 180-193.



Erland Brun Hansen var ansat ved Fysisk Laboratorium I, H.C. Ørsted Institutet, fra 1963 til sin fratrædelse som lektor i 1997. Helt frem til sin pludselige død i november 2006 fortsatte Erland sit engagement i diskussionen omkring kvanteteoriens fysiske og interpretationsmæssige fortolkning. Denne artikel – et af de sidste af Erlands arbejder – er et led i denne diskussion. Se også mindeord i NBI-Avisen 24-11-2006: <http://192.38.112.121/site138662.htm> v. Henrik Smith og Betina Dam Sørensen samt mindeord i Politiken 24-11-2006 s.11 v. Peder Voetmann Christiansen.

PFEIFFER  VACUUM

NYHEDER

Nyudviklet Vinkel- og In-line
ISO KF ventilserie

XtraDry™ Tør og partikelfri
forvacuumpumpe
for absolut rent vacuum

PrismaPlus™
Nyt massespektrometer

Ring for yderligere information

Tlf. 4352 3800 Fax 4352 3850
efa@pfeiffer-vacuum.dk

ESA's satellit hjælper med Afrikas vandproblemer

ESA's satellit ENVISAT er blevet en del af et projekt, der skal samle information om vandmængden i Zambia. Data fra ESA's multispektral MERIS sensor kan danne et kort, der angiver vandressourcer. Dermed kan de zambiske myndigheder på baggrund af disse oplysninger prøve at regulere vandbruget. Vand er en mangelvare mange

steder i Afrika, hvor dyrelivet, turismen, fiskeriet og landbruget er afhængige af de til tider sparsomme vandressourcer. Derfor kan information fra satellitter være en stor hjælp for beslutningstagerne til bevarelse af økosystemet.

På ESA's hjemmeside, www.esa.int, kan man finde andre billeder af Jorden på "Observing the Earth".



Søen Kariba – der ligger mellem Zambia og Zimbabwe – observeret af ENVISAT (ESA).