

# KVANT

Juni  
2010

2

---

Tidsskrift for Fysik og Astronomi 21. årgang

---

- BOHRS FILOSOFI
- ASTRONOMIÅR 2009
- LYSENDE NATSKYER
- NYBYGGERI PÅ NATURVIDENSKAB
- KLIMAMODELLER OG SATELLITMÅLINGER
- STJERNETÅGER FYLDER MERE END MÅNEN
- SANDFLUGT – BREDDEOPGAVE
- KVANT-NYHEDER

# KVANT

## Tidsskrift for Fysik og Astronomi

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

Hjemmeside : [www.kvant.dk](http://www.kvant.dk)  
E-mail : [kvant@kvant.dk](mailto: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  
Katrine Facius,  
Rysensteen Gymnasium  
Torsten Freltoft,  
Sophion Bioscience A/S  
Mogens Esrom Larsen,  
Institut for Matematiske Fag, KU  
Sven Munk (nyhedsredaktør)  
John Rosendal Nielsen (nyhedsredaktør),  
Aurehøj Gymnasium  
Lone Djernis Olsen (KIF)  
Jens Olaf Pepke Pedersen,  
DTU Space  
Finn Berg Rasmussen,  
Ørsted Lab, Københavns Universitet  
Svend Erik Rugh  
Torben Lund Skovhus (SNU),  
Teknologisk Institut

### Abonnementspris : 175 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](mailto:koerner@kvant.dk)).

### Annoncepriser

1/1 side: 3600 kr, 1/2 side: 2400 kr  
1/4 side: 1600 kr.

Priserne er excl. moms og for reproklart materiale i farver. Henvendelser om annoncer til redaktøren, tlf. 22 67 26 42.

Oplag: 2200. Tryk: HCB Tryk ApS, Brønderslev. ISSN 0905-8893

### Produktionsplan

Nr. 3-10 udkommer ca. 15. september

Nr. 4-10 udkommer ca. 15. december

Deadline for mindre bidrag og annoncer er ca. en måned før, længere artikler skal modtages to måneder før.

## Indhold:

Lysende natskyer og deres afsløringer af den øvre atmosfæres dynamik og link til globale ændringer

*Kim Nielsen og Poul Flyvholm Jensen* . . . . . 3

Stjernetåger fylder ofte meget mere end Månen

*Michael Quaade* . . . . . 7

Lidt om Niels Bohrs filosofi

*David Favrholt* . . . . . 11

Hvordan gik Det Internationale Astronomiår 2009?

*Kristian Pedersen* . . . . . 15

Stjernehimlen

*Michael Cramer Andersen* . . . . . 18

KVANT-nyheder

*Sven Munk og John Rosendal Nielsen* . . . . . 20

Aktuelle bøger

*Anja Skaar Jacobsen og Michael Cramer Andersen* . . . . . 23

Sandflugt – breddeopgave 38 med didaktisk kommentar

*Jens Højgaard Jensen* . . . . . 26

Foreningsnyt – foredrag i efteråret . . . . . 27

Om klimamodeller og satellitmålinger

*Jens Ulrik Andersen* . . . . . 28

Nybyggeri på naturvidenskab i København

*Michael Cramer Andersen* . . . . . 33

En stjerne løber hjemmefra

*John Rosendal Nielsen* . . . . . Bagsiden

**Billedet på forsiden viser** lysende natskyer set fra Skamby på Nordfyn d. 3. juli 2008. Dette billede er taget mod nord omkring midnat med et Canon EOS 300D, udstyret med et 18-55 mm objektiv og en eksponeringstid på 8 sekunder. En kraftig tyngdebølge gennemtrængte skylaget i 83 km højde, hvorefter bølgen brækkede og dannede de dynamiske instabiliteter som ses i billedet.



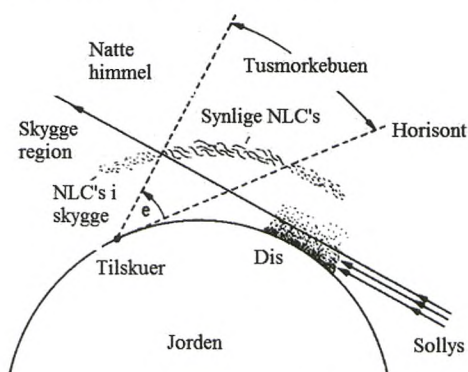
KVANT udsendes gratis til alle landets gymnasier, seminarier og HTX-kurser med velvillig økonomisk støtte fra fysikinstitutterne på Danmarks Tekniske Universitet samt Københavns, Syddansk, Aalborg og Aarhus Universiteter.

# Lysende natskyer og deres afsløringer af den øvre atmosfæres dynamik og link til globale ændringer

Af Kim Nielsen og Poul Flyvholm Jensen

Lysende natskyer [på engelsk: noctilucent clouds (NLCs) eller polar mesospheric clouds (PMCs)] er blandt de mest fascinerende fænomener man kan observere i naturen. For de fleste folkefærd er disse skyer ukendte da de normalt kun forekommer på forholdsvis høje breddegrader såsom over Skandinavien. Derudover dannes de som regel kun i sommermånederne og kræver specielle forhold for at kunne observeres med det blotte øje. Det er derfor kun naturligt at de mange steder bliver omtalt som *mystiske lysende natskyer*.

Skyerne, som består af små iskrystaller, er de højest forekommende skyer på Jorden idet de findes i et tyndt lag i en højde af omkring 83-88 km i den øvre mesosfære. Et stykke tid efter solnedgang fremstår alle troposfæriske skyer (op til ca. 10 km højde) mørke idet de ligger i Jordens skygge hvorimod lysende natskyer på grund af deres højde stadig er solbelyste og kan ses af en observatør på jordoverfladen i dybt tusmørke som lysende skyer mod en næsten mørk himmel. Skyerne er optisk tynde og kan ikke observeres med det blotte øje ved dagslys fordi den solbelyste atmosfære danner en "baggrund" (der rent faktisk er i forgrunden) som er betydeligt mere lysstærk end disse skyer.



Figur 1. Geometri for observation af lysende natskyer.

Figur 1 viser geometrisk hvordan lysende natskyer vil fremstå for en observatør på jordoverfladen efter solnedgang. Direkte over tilskueren er skyerne ikke belyste og er derfor ikke synlige. Skyerne under horisonten kan naturligvis heller ikke ses. Dette afgrænser et område på himlen kaldet tusmørkebuen hvor kun den øverste del af atmosfæren er belyst, og det er her lysende natskyer er synlige. De optimale betingelser for at se skyerne forekommer når Solen er mellem  $6^\circ$  og  $16^\circ$  under horisonten.

Når man sammenholder afhængigheden af Solens position med at forekomsten af lysende natskyer er begrænset til høje breddegrader i sommermånederne, så forklarer det hvorfor observationerne har været forbeholdt nordiske folkefærd i et bælte omkring Arktis. Hvis man bor for langt mod nord, når Solen ikke tilstrækkelig langt under horisonten om sommeren til at skyerne kan ses, og for langt mod syd er mesosfæren ikke kold nok til at skyerne kan dannes. Den ideelle breddegrad med optimale observationsbetingelser er  $\sim 58^\circ$  N (eller syd, hvis man bor på den sydlige halvkugle). Det betyder at vi i Danmark ( $\sim 56^\circ$  N) er privilegerede med nær optimale betingelser for at se disse skyer i vid udstrækning gennem det meste af juni og juli. Figur 2 viser et eksempel taget af K. Nielsen fra en baghave på Nordfyn d. 3. juli 2008 nær midnat.



Figur 2. Billede af kompleks bølgedynamik i lysende natskyer observeret fra Nordfyn.

På grund af den minimale mængde vanddamp i atmosfæren nær 85 km højde var skyernes eksistens et stort mysterium da de først blev opdaget i 1885 (første officielle observationsrapport). Det har senere vist sig, at netop i en højde af ~80-100 km finder vi de koldeste naturligt forekommende temperaturer på vores planet med temperaturer helt ned til omkring  $-170^{\circ}\text{C}$ . Jo koldere luften er, jo mindre vanddamp kan den indeholde før den når mætningspunktet hvor vandet kondenserer og danner skyer. De ekstremt kolde temperaturer forekommer kun om sommeren på høje breddegrader og hænger sammen med øget atmosfærisk tyngdebølgeaktivitet.

Hvis vi forestiller os en lille boks af luft, som har den samme temperatur som den omkringliggende luft, er tyngdekraften på luften den samme som opdriften: de to kræfter er i ligevægt. Hvis luften pludselig påvirkes af en udefra kommende kraft, kan den "forstyrres" fra dens ligevægtsposition. Afhængig af den atmosfæriske stabilitet kan der opstå en oscillerende bevægelse idet tyngdekraften vil virke til at bringe luften tilbage til ligevægt, hvilket kan sammenlignes med at strække (eller komprimere) en fjeder for derefter at give slip. Det er denne oscillerende bevægelse som udgør tyngdebølger.

Tyngdebølger udbreder sig op i atmosfæren samtidig med at deres amplitude vokser på grund af faldende atmosfærisk tæthed. I en højde af 80-100 km har deres amplitude nået bristepunktet, og bølgerne brækker ligesom bølger ved strandkanten. Denne proces afsætter enorme mængder energi via impulsoverførsel til den omkringliggende luftmasse. Det overordnede resultat er en ændring i den "normale" vindretning og dannelse af en global cirkulationscelle med opstigende luft på sommerhalvkuglen og nedsynkende luft på vinterhalvkuglen. Den opstigende luft udvider sig adiabatisk med højden og bliver derved nedkølet hvilket resulterer i de ekstremt kolde temperaturer i den øvre mesosfære. Modsat er mesosfæren på vinterhalvkuglen forholdsvis varm på grund af at nedsynkende luft opvarmes som følge af komprimering.



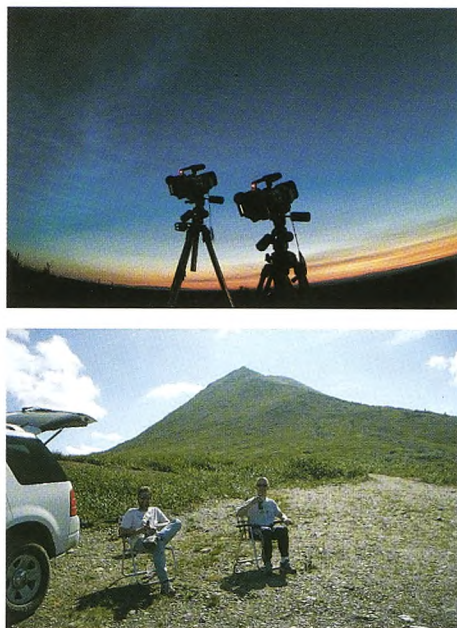
Figur 3. Van Goghs "Starry Night" med lysende natskyer?

Mysteriet omkring de kolde temperaturer var ikke det eneste der undrede forskerne. Et andet spørgsmål var hvorfor man ikke havde observeret disse skyer før 1885. Det er et problem som stadig driver gæk med os. Det er muligt at skyerne eksisterede før 1885, men der er ingen videnskabelig dokumentation som henviser til dem. Dette må siges at være overraskende eftersom f.eks. nordlys er dokumenteret gennem folkeminde og nordiske myter. Nogle mener at et af de første dokumenterede beviser af lysende natteskyer er Van Goghs berømte "Starry Night" som viser en nattehimmel med stjerner, halvmåne og utroligt nok bølgende hvide skyer (figur 3). Det er iøjnefaldende at de første officielle observationer skete få år efter det voldsomme vulkanudbrud på Krakatoa i 1883. Udover vand og ekstremt kolde temperaturer skal der også være små partikler til stede for at danne skyer, og udbruddet på Krakatoa kan muligvis have forårsaget en usædvanlig høj koncentration af mikroskopiske støvpartikler i mesosfæren. En af de mere opsigtsvækkende teorier angående lysende natskyer går ud på at den globale opvarmning i den nedre atmosfære vil føre til global nedkøling af den øvre mesosfære (en konsekvens af at en varmere jordoverflade vil føre til forøget tyngdebølgeaktivitet). Derudover vil forøgelse af drivhusgassen metan give anledning til mere vanddamp i mesosfæren fordi det her bliver spaltet af ultraviolet stråling og frigør hydrogen som reagerer med oxygen og danner vand. Skydannelsen afhænger eksponentielt af temperaturen og er derfor ekstremt følsom overfor temperaturændringer. Lysende natskyer har derfor potentiale som budbringer af globale ændringer i atmosfæren.

Observationer inden for de sidste årtier har vist at disse skyer er blevet mere intense hvilket tyder på enten flere mikroskopiske partikler til skydannelse, mere vanddamp, koldere temperaturer i mesosfæren eller en kombination af disse faktorer. Derudover er skyerne begyndt at blive observeret på lavere breddegrader, helt ned til  $\sim 40^{\circ}\text{N}$ . Især var sommeren 2009 speciel da et uhørt stort antal observationer blev gjort over store dele af Europa og det vestlige USA på breddegrader hvor disse skyer under normale omstændigheder ikke forekommer. Det viste sig at der var et nærmest "globalt" udbrud af kold luft som var tæt på mætningspunktet for vanddamp. Samtidigt bidrog en usædvanlig kraftig planet bølge (Rossbybølge) til at nedkøle mesosfæren yderligere over de regioner hvor skyerne blev observeret så mætningspunktet for vanddamp blev overskredet. De usædvanlige forekomster af lysende natskyer var derfor et resultat af en usædvanlig kold mesosfære ved disse breddegrader og en storskala Rossbybølge. Rossbybølger er et direkte resultat af en sfærisk væske i rotation, som f.eks. jordens atmosfære. Enhver "kugle" har sine egne Rossbybølger eller resonanser, som afhænger af variationer i den tangentielle hastighed af kuglens rotation. Et typisk eksempel på en Rossbybølge er den bølgeformede jetstrøm man til tider kan se på et vejrkort.

Som følge af at disse skyer gentagne gange har overrasket forskerne, den mulige forbindelse til globa-

le atmosfæriske ændringer og ønsket om en generelt forståelse af fænomenet valgte NASA at dedikere en satellitmission til at studere lysende natteskyer i hidtil uset detalje. Satellitten for denne mission, "*Aeronomy of Ice in the Mesosphere (AIM)*" blev opsendt i april 2007 og har til dato dokumenteret 6 "skysæsoner" (3 over hver halvkugle). Planen er at fortsætte missionen mindst indtil 2013 for at opnå indsigt i hvordan den 11-årige cyklus for solaktivitet påvirker skyerne [1,2].

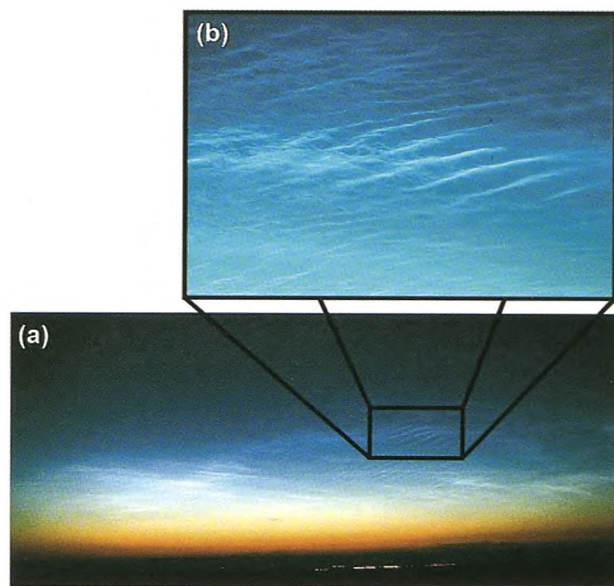


**Figur 4.** Instrumenter brugt til at observere lysende natskyer i Alaska (øverst) og forfatterne foran observationsstedet.

AIM-kampagnen omfatter også adskillige jord-baserede målinger koordineret med satellitmålingerne. Som et led i den forberedende planlægning udførte forfatterne et pre-AIM feltstudie af lysende natskyer i Alaska i 2005. Adskillige lokaliteter med de krævede observationsbetingelser blev fundet i øde områder nær Alaska Range, og forskellige optiske instrumenter blev testet. Figur 4 viser en del af instrumenterne under en kalibrering samt et af observationsstederne med forfatterne i forgrunden, fejrende den forrige nat succesfulde observationer.

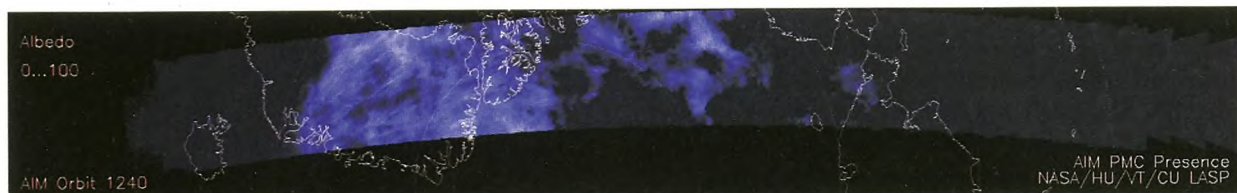
En vigtig del af dette teststudie var brugen af digital fotografi til at studere dynamikken i den øvre mesosfære. Som tidligere nævnt er det i denne region at tyngdebølgerne har deres største amplitude og brækker, hvilket gør regionen til en af de mest (hvis ikke den mest) dynamiske del af atmosfæren. Dette er illustreret i figur 5 der viser både bølger og instabilitet, nærmere bestemt Kelvin-Helmholtz instabilitet. Denne type instabilitet opstår generelt når der er tilstrækkelige hastighedsvariationer i en grænseovergang mellem to væsker. De to væsker kan være af samme form, men have forskellige stabilitetskriterier, som f.eks. kan opstå, hvis der er en pludselig forandring i væskens temperatur. Denne type instabilitet er ofte set i troposfæriske skyer. Bemærk i figur 3 hvordan skyerne malet af van Gogh danner et mønster der i høj grad ligner en bølge forårsaget af Kelvin-Helmholtz instabilitet (se figur 5), noget som har været med til at give næring til

teorien om at han rent faktisk malede lysende natskyer. Billederne i figur 5 er taget samme sted og tid (9. august 2005 nær Donnelly Dome, Alaska) med to kameraer med henholdsvis vidvinkelobjektiv (a) og zoomobjektiv (b). Hvert kamera optog en serie af billeder, og især billederne taget med zoomobjektiv viser dynamikken i skyerne i enestående detalje på en skala ned til få hundrede meter når de sættes sammen til video. I løbet af den ugelange testperiode blev adskillige dynamiske fænomener observeret. Nogle af dem er allerede blevet publiceret i den videnskabelige litteratur, mens andre stadig er under analyse.

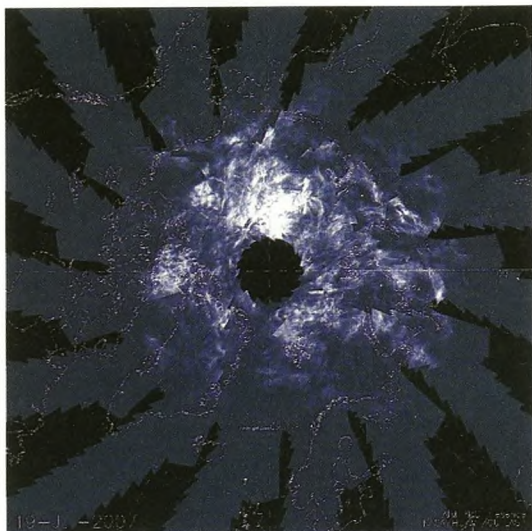


**Figur 5.** Eksempel på bølger og Kelvin-Helmholtz instabilitet i lysende natskyer over Alaska.

Det faktum, at skyerne kan ses med det blotte øje, gør skyerne unikke idet de er den eneste måde vi visuelt kan se de voldsomme dynamiske forhold der hersker mellem 80 og 100 km højde. Typisk er de dynamiske bølger observeret med radar eller specielt fremstillede kameraer, som kan observere den meget svage natteglød. En velkendt radar til dette formål er en meteorradar, som består af en sender (der sender radio bølger op igennem atmosfæren) samt en modtager, som måler de reflekterede signaler. I laget mellem ~65-105 km forekommer der et næsten kontinuerligt bombardement af indkomne meteoror. Meteorerne efterlader sig en hale af ioniseret støv efter sig, som reflekterer radiobølgerne tilbage til modtageren. Meteorstøvet er også påvirket af tyngdebølgerne, som derfor kan observeres med denne type radar. Natteglød er et meget svagt lyssignal, som udsendes af atmosfærens molekyler i et smalt lag i mesosfæren. I dagtimerne modtager molekylerne sollys og forekommer derved i exciterede tilstande. Efter solnedgang modtager molekylerne ikke længere sollys og henfalder til lavere energi tilstande. Det er denne proces som afgiver det svage natteglød. Tilstandsovergange i molekylerne afhænger af temperaturen, hvilket betyder at temperatursvingninger forårsaget af tyngdebølger giver anledning til et bølgemønster i nattegløden.



**Figur 6.** Billede fra et enkelt kredsløb over den nordlige halvkugle. Bemærk de forskellige strukturer i skyerne som illustrerer den komplekse dynamik i mesosfæren (NASAs AIM-mission).



**Figur 7.** Globalt billede af lysende natskyer over den nordlige halvkugle sammensat af billeder fra AIMs 15 daglige kredsløb (NASAs AIM-mission).

Det fælles træk mellem meteorstøv og natteglød er, at de kan ikke ses med det blotte øje. Desuden har både radar og natteglødkameraer deres begrænsninger med hensyn til rum- og tidsopløsning. Visuelle observationer af dynamikken i lysende natteskyer kan med moderne digitale kameraer foretages med opløsninger, som er helt op til 10 gange bedre end hvad man kan opnå med radar og natteglød kamera. Den højere opløsning har åbnet nye muligheder for at studere de dynamiske forhold i mesosfæren. Vores data fra Alaska har vist bølge-lignende strukturer ned til få hundrede meter samt tidskalaer under et minut. Disse observationer står i stærk kontrast til den nuværende mikrofysiske model for dannelse af iskrystaller i mesosfæren. Ifølge teorien tager det timer (endda op til en dag eller mere) for at forme synlige iskrystaller i en højde nær 90 km. Tilsvarende har billeder fra AIM har afsløret dramatiske ændringer i skyerne på alle skalaer observeret med AIM (fra få km til tusinder km og få timer), hvilket ligeledes udfordrer den eksisterende mikrofysiske model for dannelsen af lysende natskyer.

I teorien afhænger skydannelsen eksponentielt af temperaturen og en af forklaringerne på observationerne er, at den lokale baggrundstemperatur samt temperaturvariationerne fra tyngdebølgerne er større end hidtil antaget i modellerne. Denne effekt har forklaret, hvorfor de lysende natteskyer til tider er observeret uger efter skysæsonen normalt er ovre. En avanceret numerisk vejrmødel fra den amerikanske flåde har sammen med AIMs observationer bevist at store Rossbybølger kan forlænge sæsonen for lysende natskyer

med flere uger selvom den gennemsnitlige temperatur er højere end hvad der svarer til mætningspunktet.

Næste udfordring bliver at studere, hvordan skyerne påvirkes af varierende solaktivitet over en længere periode. Siden AIMs opsendelse har vi haft den laveste solaktivitet observeret nogensinde, men nu begynder vi endelig at se stigende aktivitet igen. I løbet af de næste år kan AIM derfor give et nyt indblik i, hvordan ændringer i solaktivitet påvirker skydannelser i mesosfæren. Med den udvidede mission håber vi at få svar på nogle af de udestående spørgsmål vi stadig har angående lysende natskyer såsom eventuel indflydelse fra den 11-år solcyclus og, hvorfor skyerne kan dannes væsentligt hurtigere end teoretiske modeller forudsiger.

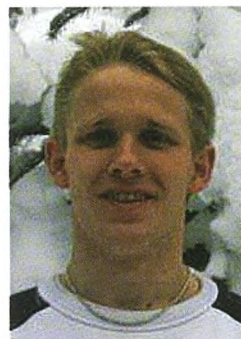
Så hold øje med himlen mod nord hvis du er ude en sen sommeraften/nat. Hvis du er heldig kan du blive belønnet med synet af et af naturens smukke og vidunderlige mysterier. For de interesserede ildsjæle kan det varmt anbefales at læse "Observing Noctilucent Clouds" af Michael Gadsden og Pekka Parviainen. Denne lille (39 sider) bog [3] giver en detaljeret, ikke-matematisk beskrivelse af lysende natteskyer og, hvordan man bedst observere dem.

## Litteratur

- [1] NASA AIM, [http://www.nasa.gov/mission\\_pages/aim/](http://www.nasa.gov/mission_pages/aim/)
- [2] AIM Satellite Mission, <http://aim.hamptonu.edu>
- [3] Michael Gadsden og Pekka Parviainen, Observing Noctilucent Clouds, [http://www.iugg.org/IAGA/iaga\\_pages/pdf/ONC\\_Sep06.pdf](http://www.iugg.org/IAGA/iaga_pages/pdf/ONC_Sep06.pdf)



*Kim Nielsen, ph.d.* Har været ansat ved Computational Physics Inc. som forsker siden 2007. Hans forskningsområde er primært atmosfærisk dynamik med speciale i tyngde- og Rossbybølger. I forbindelse med AIM arbejder han med udvikling af software samt analyse af dynamiske fænomener i lysende natskyer.



*Poul Flyvholm Jensen, ph.d.-studerende i rumfysik ved University of Alaska Fairbanks med en B.Sc. i geofysik fra Københavns Universitet.*

# Stjernetåger fylder ofte meget mere end Månen

Af Michael Quaade

I Kvant nr. 3 fra oktober 2009 kunne man læse at Messier 31 galaksen i stjernebilledet Andromeda fylder omkring  $5^\circ$ . De yderste dele af dens spiralarme er dog så lyssvage at vi ikke kan se dem. Deres lys er væsentligt svagere end baggrundslyset fra nattehimlen, så det er kun ved nærmere analyse af optagelser at man kan påvise at der er dele af galaksen så langt fra dens kerne. På samme måde findes der adskillige tåger og andre objekter, der – i al ubemærkethed – fylder temmelig meget på himlen. Hvis vi kunne se dem i deres fulde udstrækning og i farver ville nattehimlen frembyde et helt anderledes skue end den gør, selv under en mørk himmel langt fra jordiske lyskilder. Imponerende spiralgalakser og rødlige tågedannelser på adskillige grader ville være storslåede objekter på himlen.

Når man ser på himlen virker det som om Solen og Månen er de himmellegemer, der har den største udstrækning. De fylder begge to omkring en halv grad eller tredive bueminutter –  $30'$  – på himlen. Når man skal angive størrelsen af små vinkler bruger man bueminutter ( $'$ ) hvor der går 60 bueminutter på en grad ligesom der går 60 minutter på en time når man snakker om tidsenheder. På tilsvarende måde går der 60 buesekunder ( $''$ ) på et bueminut eller med andre ord:

$$1^\circ = 60' = 3600''$$

Langt de fleste astronomiske objekter er så langt væk at deres udstrækning er få buesekunder eller mindre – selv om de ofte i virkeligheden er langt større end Månen og Solen. De nærmeste stjerners vinkeldiameter er typisk nede på tusindedele af et buesekund.

Mere præcist angivet varierer Månens udstrækning fra  $29'9''$  når den er længst væk fra Jorden til  $33'5''$  når den er nærmest. Variationerne i afstand og hermed også udstrækning skyldes at Månen bevæger sig i en elliptisk bane omkring Jorden. Jordens bane omkring Solen er også elliptisk, så afstanden til Solen ændrer sig en smule i årets løb. Det bevirker at Solens udstrækning varierer mellem  $31'5''$  når den er længst væk og  $32'5''$  når den er nærmest.

Holder vi os indenfor Solsystemet er der nogle få planeter, der kan komme op på lidt under et bueminut i udstrækning. Venus er den af planeterne, der kan have den største vinkeldiameter set fra Jorden. Det sker når den passerer *nedre konjunktion* – det punkt i dens bane, hvor den befinder sig mere eller mindre præcist på linien mellem Jorden og Solen. Det er dog sjældent at den kommer så tæt på at være lige på linie med Solen og Jorden at vi ser den passere hen forbi solskiven. Det skete sidst den 8. juni 2004 og næste gang den 6. juni 2012, hvorefter der går mere end 100 år. På det tidspunkt fyldte Venus  $58'6''$  på himlen. Når Venus er længst fra Jorden fylder den kun  $9'8''$  – det er når den er i *øvre konjunktion* på den anden side af Solen. Jupiter er den planet, der kan komme til at fylde næstmest på himlen, op til over  $44''$  når den er i *opposition* – dvs. Jorden befinder sig nær linien fra Solen til Jupiter.

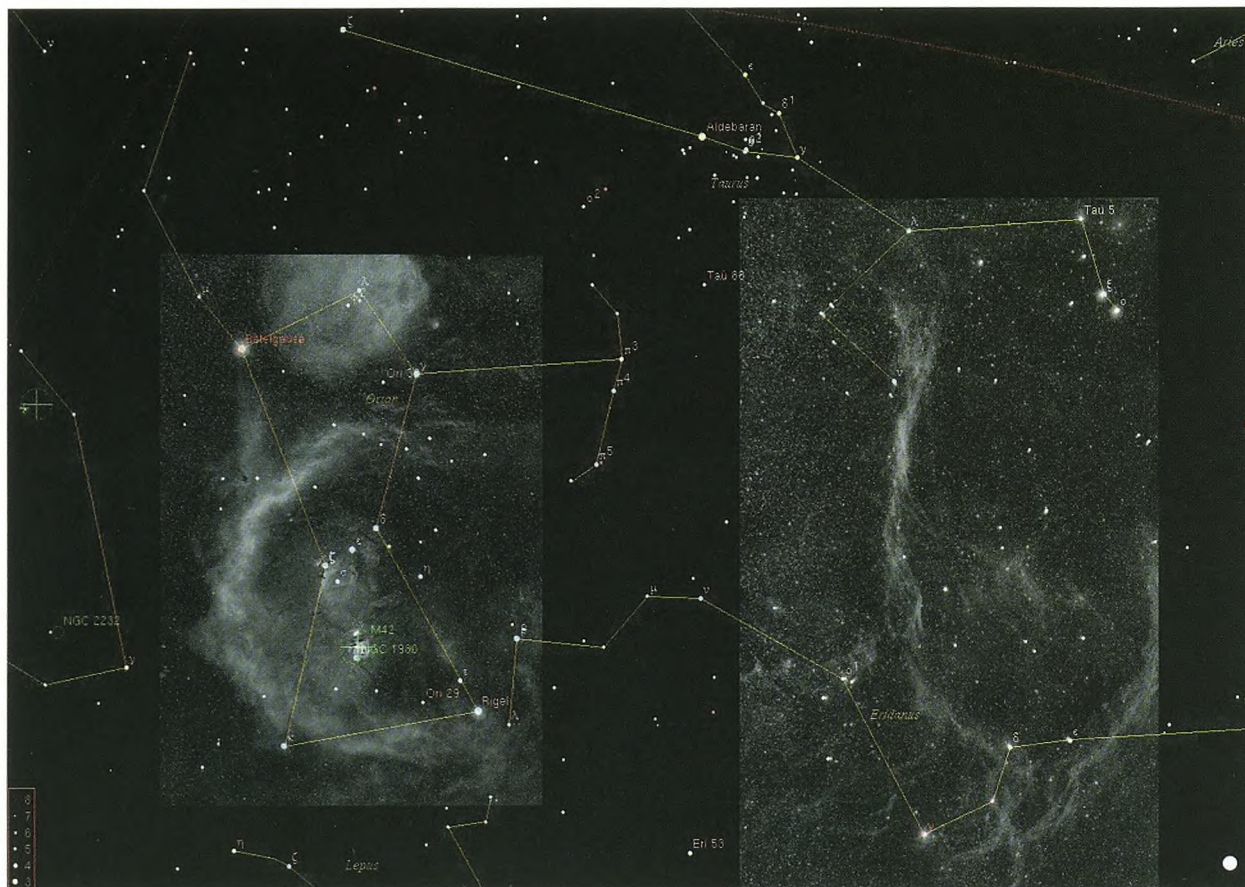
I stjernebilledet Orion findes *Barnards Loop*. Det er en stor, kompleks tågedannelse, der strækker sig i en stor halvcirkel helt fra Rigel og rundt om de tre bæltstjerner. Halvcirkelens diameter er omkring  $15^\circ$  og den er delvis fyldt ud med velkendte tåger som Oriontågen, Messier 42, og Hestehovedtågen, IC 434. Lidt længere nordpå mellem Betelgeuse og Bellatrix er der en rund tåge af samme type med en diameter på lidt over  $6^\circ$ . Den kaldes undertiden *Lambda Orionis tågen* fordi stjernen  $\lambda$  Ori ligger i tågen. Disse tåger fylder altså henholdsvis 30 og 12 månediameter på himlen.



**Figur 1.** I Orion ses Barnards Loop som en stor halvcirkel. De tre bæltstjerner ses lige under midten af billedet. Foroven til venstre ses Betelgeuse og nederst til højre Rigel, de klareste stjerner i Orion, med en vinkelafstand på  $18^\circ 30'$ . Øverst i billedet ses Lambda Orionis tågen som Orions runde 'hoved'. Måneskive indsat øverst til højre.

De er dele af et stort kompleks af interstellare skyer i og omkring Orion. Her finder man både ioniseret brint,  $H^+$ , og toatomige brintmolekyler,  $H_2$ . Der findes også mange andre molekyler i denne type skyer, f.eks. kulmonoxid CO og alkohol (ethanol)  $CH_3CH_2OH$ .

Det røde lys, som skyerne udsender stammer fra den ioniserede brint. Til højre for Orion, i stjernebilledet *Eridanus* eller *Floden* findes Eridanus boblen. Det er en langstrakt tåget struktur, der fylder over  $25^\circ$  – eller 50 månediametre.



**Figur 2.** Barnards Loop (t.v.) og Eridanus boblen (t.h.) indsat på et kort over den del af himlen. Der er  $26^\circ$  mellem  $\lambda$  Tauri ved Eridanustågens øverste ende og  $\gamma$  Eridani, den klare stjerne nederst i billedet. Kortet er fremstillet af Axel Mellinger med XEphem programmet. Måneskive indsat nederst til højre.

I stjernebilledet *Svanen* findes der også mange lignende tågedannelser. Nær ved den klare stjerne *Deneb* i stjernebilledets nordlige del findes bl.a. den berømte *Nordamerikataåge*, der fylder et par grader eller det firedobbelte af Månens diameter.



**Figur 3.** Den Nordlige del af Svanen. Den klare stjerne midt i øverste halvdel af billedet er Deneb, den klareste stjerne i Svanen. Forneden til højre ses Sadr,  $\gamma$  Cygni, der sidder i krydset, hvor Svanens vinger skærer kroppen/halsen. Der er  $6^\circ 8'$  fra Deneb til Sadr. Nordamerikataågen er den kraftigst lysende tåge til venstre for Deneb. Måneskive indsat øverst til højre.

Nordamerikataågen har fået sit navn fordi dens omrids minder om det nordamerikanske kontinent. Den er en del af et større kompleks af tåger, der også omfatter *Pelikantaågen*, der med lidt god vilje kan minde om silhuetten af en siddende pelikan.



**Figur 4.** Nordamerikataågen til venstre og Pelikantaågen til højre.  $\zeta$  Cygni er den klare stjerne i billedets venstre del og 56 Cygni er stjernen inden i den højre del af Pelikantaågen. Vinkelafstanden mellem dem er  $2^\circ 40'$ . Måneskive indsat øverst til højre.



**Figur 5.** Gum tågen i stjernebillederne Vela og Puppis på sydhimlen. Billedet fylder  $41^\circ \times 23^\circ$ . Måneskive indsat øverst til højre.

Syd for himlens ækvator, i stjernebillederne Vela og Puppis, er der en endnu større tåge, der fylder omkring  $35^\circ$  på himlen. Den kaldes Gum tågen efter den australske astronom Colin Gum, der undersøgte den i 1950'erne. Med en udstrækning på 70 gange Månens diameter er det den tåge, der fylder mest på himlen.

Det er svært at få øje på disse tåger fordi deres lys er

spredt over så stort et område på himlen. Det er meget nemmere at se en tåge som Orienttågen fordi den lyser fra et mere koncentreret område.

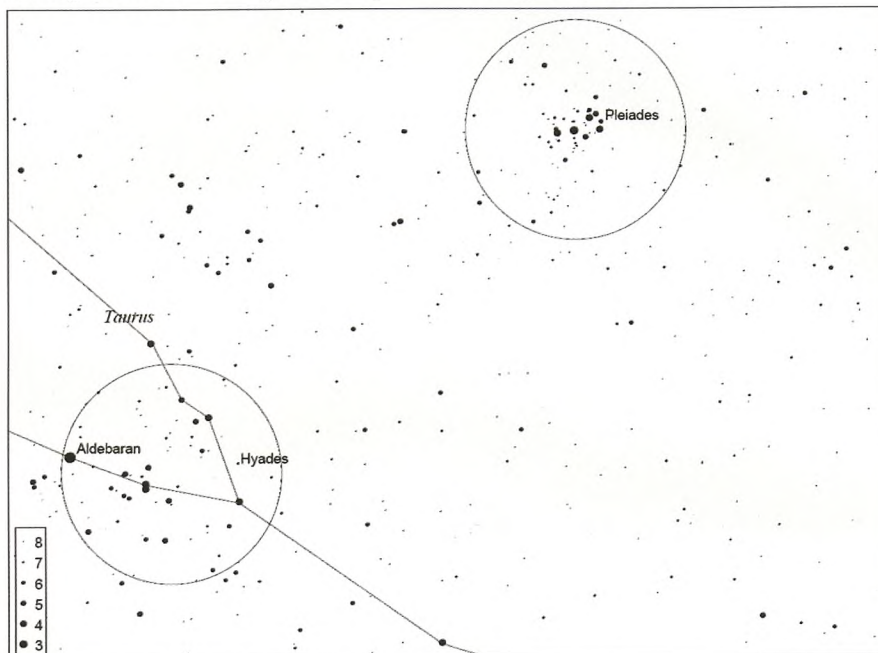
*Slørtågen* i Svanen er resterne af en supernova, der eksploderede for mellem 5.000 og 10.000 år siden. Den fylder omkring  $3^\circ$  på himlen eller 6 gange Månens diameter.



**Figur 6.** Slørtågen i Svanen. Der er  $2^\circ 30'$  mellem tågen til venstre i billedet og 52 Cygni, den klare stjerne i billedets højre side. Måneskive indsat øverst til højre.

Stjernehode kan også fylde en del på nattehimlen. Dem kan vi sagtens se, men nogle af dem er udbredt over så store dele af himlen, at man ikke umiddelbart lægger mærke til at der er tale om en hob. De fleste kender *Syvestjernen* eller *Pleiaderne* i stjernebilledet *Tyren*. Det er en åben stjernebob, som fylder et par

grader på himlen. I *Tyren* finder vi også en stjernebob med endnu større udstrækning. Stjernerne der danner den V-formede figur omkring den klare rødlige stjerne *Aldebaran* er kerneområdet i en hob, der hedder *Hyaderne*. Den fylder 6°. Disse hobe fylder henholdsvis 4 og 12 gange Månens diameter.



**Figur 7.** Kort, der viser stjernebobene Hyaderne og Pleiaderne i *Tyren*. Kortet er 20° bredt. Det er fremstillet af Michael Quaade med XEphem programmet.

I – eller rettere omkring – stjernebilledet *Store Bjørn* finder vi den stjernebob, der fylder mest på himlen. Den hedder “Collinder 285” og omfatter bl.a. fem af de syv stjerner i *Karlsvognen*. Dens udstrækning er over 20° – mere end 40 månediametre. Man kan ikke se på stjernernes fordeling på himlen at der er tale om en hob. Omkring 1870 påviste astronomerne R.A. Proctor og W. Huggins at mange stjerner i den del af himlen følges ad gennem rummet. De bevæger sig i samme retning med 46km/s målt i forhold til Solsystemet. Det er denne fælles hastighed kombineret med at de trods alt ses forholdsvis tæt sammen på himlen, der gør at vi er klar over at der faktisk er tale om en hob. Mange stjerner i området er ikke med i hoben – det afsløres ved at de bevæger sig i andre retninger.

Ud over stjernerne, der i dag er medlemmer af Collinder 285 er der mange andre, som ser ud til at engang at have hørt til hoben. Stjernerne i en åben hob bevæger sig rundt mellem hinanden og holdes nogenlunde på plads inde i hoben af dens fælles tyngdekraft. Undertiden kan de komme så tæt på hinanden at deres gensidige tyngdepåvirkning slynger en stjerne ud af hoben. Selv om de så ikke længere er medlemmer af hoben følger de stadig med i dens overordnede bane rundt i Mælkevejen.

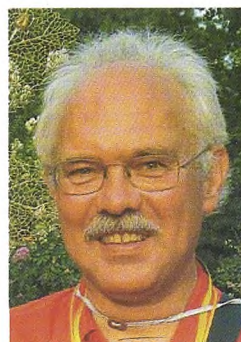
*Ursa Major strømmen* er en fælles betegnelse for de nuværende og tidligere medlemmer af Collinder 285. Den omfatter stjerner fordelt over det meste af himlen, også langt fra *Store Bjørn*. De forekommer bl.a. i stjernebillederne *Fiskene*, *Slangen*, *Jomfruen* og

*Vandmanden* samt *Sextans* og *Triangulum Australis* på sydhimlen.

Det objekt, der ser allerstørst ud på himlen kan man faktisk godt skimte med det blotte øje, hvis man er ude på landet et sted med en god mørk himmel. Det er naturligvis Mælkevejen – den galakse, der indeholder Solsystemet. Mælkevejen har form som en stor fladtrykt skive af stjerner, stjernebob, tåger og andet godt. Vi ser den som et bånd, der strækker sig 360° hele himlen rundt. Alle de stjerner, vi kan se med det blotte øje er med i Mælkevejen, så med lidt god vilje kan man påstå at den fylder hele himlen. Det er jo heller ikke så mærkeligt, når man tænker på at vi ser den indefra – den indeholder jo Solsystemet og dermed Jorden. Alle billederne i artiklen er optaget af Axel Mellinger [1].

#### Litteratur

- [1] Axel Mellingers astrofotos, <http://canopus.fysik.uni-potsdam.de/~axm/astrophot.html>



Michael Quaade er formand for Astronomisk Selskab. Han er kandidat i fysik og astronomi fra Københavns Universitet. Har undervist i fysik, naturfag og astronomi på Rødovre Gymnasium og arbejdet som systemkonsulent hos TDC og Ericsson. Han er med i driften af Wieth-Knudsen Observatoriet i Tisvilde. Michael kan kontaktes på [mq@astronomisk.dk](mailto:mq@astronomisk.dk).

# Lidt om Niels Bohrs filosofi

Af David Favrholt, Institut for Filosofi, Pædagogik og Religionsstudier, Syddansk Universitet

Niels Bohr var livet igennem optaget af filosofiske problemer – hvad er bevidsthed? Hvad må vi forstå ved fri vilje? Er der grænser for vores erkendelse? etc. Her fortælles der kun om, hvordan hans fysiske teorier tvang ham til at tænke om forholdet mellem beskrivelse og virkelighed på en helt ny måde i forhold til al tidligere filosofi.

## Fundamentalsproget

I de fleste bøger om sprog og filosofi kan man læse, at vores sprog er menneskeskabt og derfor kunne være helt anderledes end det er nu. Men det er en halv sandhed, ville Niels Bohr sige. Vi har mange forskellige brug af sprog; en hel del af det, vi siger i løbet af dagen, er beskrivende, noget er følelsesudtryk, andet er ordrer, og noget er humor. Sådan er sproget mangfoldigt. Men når man redegør for alt det, bliver man nødt til at bruge den éntydige, beskrivende form for sprog – og det er jo så også den, jeg bruger lige her og nu. Den er fundamentet for al anden sprogbrug.

Men den éntydige beskrivende brug af sprog er også mangfoldig. Alle de juridiske regler i et samfund er menneskeskabte og vedtaget af en regering, og begreber som frihed, lighed og demokrati er også menneskeskabte. Og sådanne forhold har fået mange filosoffer til at hævde, at alle begreber er menneskeskabte og er et slags begrebs-net, som man har "kastet" ned over virkeligheden og derved givet denne en bestemt struktur. Og det får igen mange af dem til at tro, at man kan lave hele nettet om, og så vil man måske få en helt anden erkendelse af virkeligheden end den, som vi har nu. Sandt nok, alle begreber er menneskeskabte, men er det også mennesket, der bestemmer, hvordan de skal anvendes i forhold til hinanden?

Nej, ikke dem alle, siger Bohr, for der er en række fundamentale begreber, som, selv om de er menneskeskabte, alligevel skal bruges på en ganske bestemt måde, hvis vi vil beskrive noget. I stenalderen for tusinder af år siden, hvor menneskene for det meste levede af jagt og fiskeri, har de skabt ord og begreber såsom 'tung' og 'let' (og dermed 'vægt'), 'hurtig' og 'langsom', 'varm' og 'kold', 'hvile' og 'bevægelse'. Men når de brugte begreberne for at fortælle hinanden noget, måtte de bruge begreberne på en bestemt måde i forhold til hinanden – og denne måde var ikke menneskeskabt, men noget som naturen, virkeligheden bestemte. Selvfølgelig er begreberne sted, bevægelse, afstand, hastighed og tid menneskeskabte. Men når sætningen "Jo hurtigere man bevæger sig fra et sted til et andet ad en bestemt rute, jo mindre tid tager det" beskriver noget, er det fordi begreberne skal anvendes på en ganske bestemt måde i forhold til hinanden, hvis vi vil beskrive virkelige forhold. Og denne bestemte måde er noget som virkeligheden bestemmer. Hvis en person mener, at jo hurtigere han bevæger sig fra et sted til et andet, des længere tid tager det, så er svaret,

at han ikke beskriver noget, for sådan er virkeligheden ikke indrettet eller beskaffen.

Tilsvarende med vægtforhold. Begreberne 'tung' og 'let' er menneskeskabte, men at fem hønseæg vejer mere end to, (og dermed kommer begrebet 'vægt' i spil) er ikke et menneskeskabt forhold. I stenalderen har man selvfølgelig også iagttaget, at noget kan være årsag til noget andet, f.eks. at et bistik kan medføre smerte, og at det skete ikke kan gøres om – f.eks. når et menneske dør – og det har ført til, at man har dannet begreber om forandring i tid. Men igen: Når disse begreber skulle bruges i samtale og kommunikation, så måtte de jo bruges på en bestemt måde, som det ikke var op til menneskene at bestemme. For nu at udtrykke det hele som en H.C. Andersen ville have gjort, så kunne det lyde: "Mennesket sagde til naturen: Jeg vil beskrive dig. Og jeg har allerede lavet nogle begreber til det formål – ting, egenskab, vægt, tid, forandring osv. Helt i orden svarede naturen, men det er mig, der bestemmer, hvordan de skal bruges i forhold til hinanden, hvis du vil beskrive mig."

Vi kan kalde den del af sproget, hvor det så at sige er virkeligheden, der bestemmer, for *fundamentalsproget*. Det er et større arbejde at finde ud af, hvor mange begreber det omfatter, men da det er fælles for alle de ca. 6000 tungemål, der findes, kan vi hurtigt pejle os frem til en hel del af dem. At de er fælles, skyldes ikke blot, at mennesker verden over har nogenlunde samme sanseapparat, men tillige – og i højere grad – at de har samme handlemuligheder. Det er gennem handlinger, at vi lærer, at én ting er tungere end en anden, selv om synssansen måske fortæller os det modsatte – f.eks. at en stor træklods på et kilo ser tungere ud end en mindre klump bly på to kilogram. Og det er gennem vore handlinger at vi lærer, at noget er muligt og andet umuligt.

## Forholdet mellem præcisering og strukturering

Tag et begreb som "tid". Det er en fundamental erfaring, at "tiden går" – som man siger. At der er noget, vi kan kalde nu, før og efter, og at det skete – f.eks. et dødsfald – ikke kan gøres om. Når vi skal etablere en fysisk beskrivelse, så må vi ifølge Bohr finde ud af, hvordan vi skal anvende begrebet tid i forhold til bevægelse, forandring, hastighed, acceleration m.m. Det er en helt andet forsknings- og tankeproces end den, vi udfører, når vi af praktiske grunde indfører tidsangivelser. F.eks. når vi opdeler tiden i år, måneder, uger, dage, timer

og sekunder. Men nu er der desværre mange filosoffer, der ikke forstår, at alle disse tids-inddelinger bygger på den nævnte fundamentale erfaring. De føler, at tids-inddelingerne i sproget går forud for fysikernes elementære, snævre brug af begrebet tid, og så mener de, at tid – ligesom begreber som frihed og lighed – er en social konstruktion, og at fysik derfor også er det – og at Bohr i sin filosofi bruger begrebet tid for snævert. En filosofisk fejlslutning af dimensioner.

### Fysikkens sprog

Niels Bohr skrev gentagne gange, at den klassiske fysik i sit udgangspunkt var baseret på den daglige éntydige sprogbrug. I fysikken præciseres det hvordan man er nødt til at tale om vægt, temperatur, hastighed, tid, acceleration etc. for at kunne beskrive noget. Så de grundlæggende fysiske begreber er med Bohrs ord præciseringer og forfinelser af dagligsproglige begreber. En af forudsætningerne for, at dette kan lade sig gøre, er, at vi kan skelne mellem ting og deres egenskaber på den ene side og vores oplevelser af dem på den anden. Dette gør vi ved at undersøge, hvad der kan måles vejes og tælles – alt, der kan beskrives kvantitativt. Vi sætter vore subjektive oplevelser af tingene i parentes. Og således kunne man gennem eksperimenter fra Galileis udregning af faldloven og fremefter udvikle det, vi nu kalder den klassiske fysik, hvis hovedområder er den klassiske mekanik, elektrodynamikken og termodynamikken (varmelæren).

### Betingelser for iagttagelse og beskrivelse

I klassisk fysik har vi at gøre med forhold, der kan beskrives deterministisk - dvs. som årsag-virkningsforhold. Endvidere kan man beskrive processer som kontinuerede. Hvis f.eks. en kugle bevæger sig fra et punkt til et andet, må den på vejen gennemløbe alle mindst-tænkkelige intervaller. Og det betyder så også, at man i klassisk mekanik kan lave visuelle modeller af, hvad der foregår.

### Bruddet med den klassiske fysik

I den klassiske mekanik kan man foretage iagttagelser, hvor selve iagttagelsesmidlerne ikke forstyrrer det, som man iagttager. Man kan f.eks. filme en billard-kugles bevægelse. Den skal ganske vist belyses, for at man kan se den, men selv om lys er en form for energi, er der i denne sammenhæng tale om en uendelig svag energi i forhold til kuglens masse og hastighed.

Men år 1900 opdagede man, at lys i visse sammenhænge er atomiseret, dvs. forekommer i visse mindstemængder, kvanter, som ikke kan underdeles yderligere. Den absolutte mindstemængde blev angivet ved Plancks konstant,  $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$  J·s. I forhold til elementarpartikler som protoner og elektroner er det en stor værdi, forstået på den måde, at den energi, man i et eksperiment skal anvende ved iagttagelsen af f.eks. en elektron i bevægelse, er så stor i forhold til elektronens masse og hastighed, at man ved iagttagelsen – hvis man skal tale klassisk-fysisk – forstyrrer

elektronens bevægelse på en principielt uberegnelig måde. Det kom til udtryk i 1927 i Heisenbergs såkaldte ubestemthedsrelationer, der populært sagt går ud på, at man ikke til et og samme tidspunkt kan måle en elektrons sted (position) og dens impuls (impuls = masse gange hastighed). En nøjagtig måling af positionen medfører en ubestemthed i impuls-værdien – og vice versa. Hermed kunne man konkludere, at iagttagelsesvilkårene er anderledes i kvantemekanikken end i den klassiske mekanik.

Nu havde Bohr allerede med præsentationen af sin atomteori i 1913 påvist, at man i kvantefysikken var nødt til at opgive den determinisme og den kontinuitet – og dermed også den anskuelighed – som man kunne anvende på meningsfuld måde i den klassiske mekanik og i stedet indføre sandsynlighedslove som fundamentale love i kvantefysikken. Hermed blev tæppet trukket væk under flere århundreders filosofi angående det fysiske verdensbillede.

### Den Bohr'ske tydning af kvantemekanikken

Heisenberg forstod ikke selv, hvordan hans ubestemthedsrelationer skulle tydes. Han mente, at en elektron i sig selv har både sted og impuls til et givet tidspunkt, men at målingen af det ene forstyrrer det andet. Men her indvendte Bohr, at vore begrebers anvendelse er bestemt af iagttagelsesbetingelserne, og at vi aldrig kan sige noget om, hvordan elektronen er i sig selv – for det ville jo kræve en beskrivelse, hvor iagttagelsesbetingelserne ikke spillede ind. Vi kan så at sige ikke se "bagom" vore eksperimenter, som jo i bund og grund er spørgsmål til naturen – og hvor det så er naturen, der svarer.

Bohrs synspunkt blev helt klart, da eksperimenter i 1920'erne viste, at elementarpartikler, f.eks. elektroner, og også lys, altså fotoner, i nogle forsøgsoptillinger opfører sig som partikler og i andre som bølger. Her var begge typer af eksperimenter nødvendige for den tekniske udnyttelse af opdagelserne på det atomare niveau og også for udformningen af hele den matematiske beskrivelse. Det kan illustreres ved den kendte ligning, der siger, at bølgelængden af en atomar partikel er lig med Plancks konstant divideret med partiklens masse ganget med dens hastighed. Tilsyneladende er det jo logisk umuligt, at noget i sig selv skulle være opbygget af punktpartikler med velafgrænset masse og også være en bølge. Men Bohr fastslog, at alle de data, som kvantemekanikken bygger på, er resultatet af forsøgsudfald, hvor der er en principielt ukontrollerbar vekselvirkning mellem forsøgsapparatet og det atomare objekt.

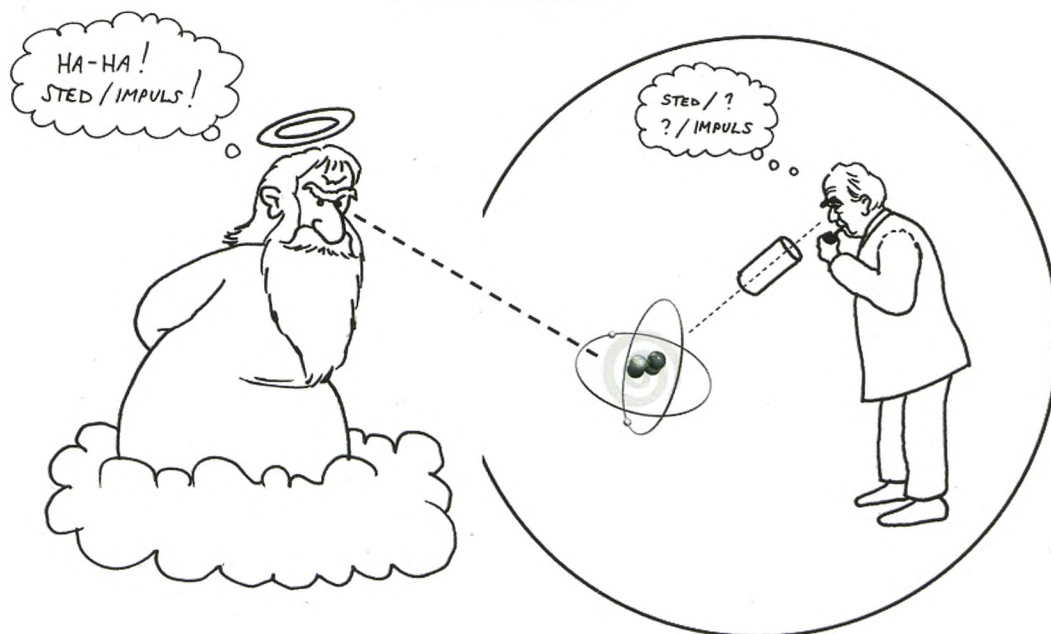
### Komplementaritet

Niels Bohr fremhævede, at eftersom energi i visse sammenhænge er atomiseret, dvs. forekommer i visse mindstemængder, kvanter, som ikke kan underdeles yderligere, så er iagttagelsessituationen på det atomare niveau anderledes end på vort daglige, makroskopiske niveau. Det er derfor, vi må acceptere, at forsøg, hvor

elementarpartikler opfører sig som "klassiske" partikler og forsøg, hvor de opfører sig med "bølgekarakter", gensidigt udelukker hinanden. Men der er ikke en modsigelse imellem disse to typer forsøg i traditionel forstand, for de supplerer hinanden, når vi skal lave den komplette beskrivelse af de atomare forhold. Derfor kaldte han dem for "komplementære" i forhold

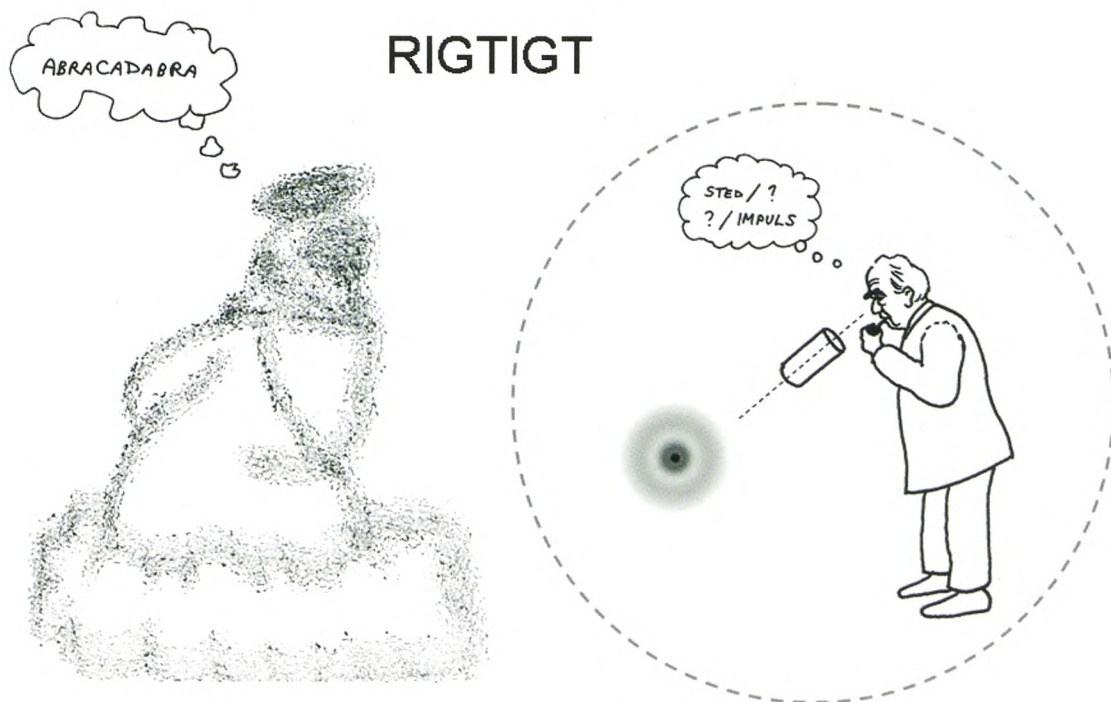
til hinanden. Og komplementære forhold kender vi jo fra vort daglige liv, hvor vi oplever komplementaritet mellem fornuft og instinkt i vore handlinger, mellem umiddelbar oplevelse af musik og analyse af musik og i hele vort sociale liv mellem beskrivelse og forståelse. Her er der gensidige udelukkelsesforhold, der supplerer hinanden i vores erkendelse.

## FORKERT



Almindelig opfattelse: Hvis man kunne se universet udefra, såeh ...

## RIGTIGT



Bohr: Det er meningsløst at tale om "at se universet udefra".

**Figur 1.** Øverst: Den almindelige opfattelse, hvor en iagttager udenfor Universet kan se bag om de størrelser vi forsøger at måle. Nederst: Ifølge Bohr er det meningsløst at tale om "at se Universet udefra". Tegning af Kaj Ove Roland efter skitse af David Favrholt.

Jeg hørte engang Niels Bohr fortælle følgende historie: Lad os sige, at man opdager et nyt hidtil ukendt indianerfolk ved Amazonfloden. Nationalmuseet sender en etnograf derud for at undersøge det folk. Med sig har han skrivesager m.m., og han har en kontakt længere nede ad floden, igennem hvilken han kan sende rapporter hjem til København. Han bliver vel modtaget af indianerne og han sender lange beskrivelser hjem om deres påklædning, jagt, spisevaner, regndanse, soldanse m.m. Men han forstår til at begynde med ikke, hvordan de selv oplever deres ritualer. Det irriterer ham, så han går så i gang med selv at deltage i deres danse og andre ritualer. Men her kan han mærke, at han stadig er i gang med at iagttage og beskrive, og at det blokerer for en dybere forståelse af, hvordan det må være at være en af dem. Så tager han den store beslutning. Han smider alle sine skrivesager m.m. i floden, og nu lever han hver dag ligesom indianerne. Men han er stadig hæmmet af, at han husker sit danske sprog. Men så, endelig, efter 20 år har han helt glemt, hvor han kom fra, glemt det danske sprog, taler som de indfødte, og nu ved han, hvordan det er at være en amazon-indianer af denne særlige slags - men nu kan han jo ikke skrive hjem om det, sagde Bohr - og så må Nationalmuseet jo sende en ny etnograf ud, konkluderede han. Så her har vi altså en komplementaritet mellem beskrivelse og forståelse.

### Universet set udefra?

Mange filosoffer og fysikere har kritiseret Bohrs opfattelse af tingene ud fra et særligt argument, som vi på dansk kan kalde for "Guds synsvinkel". Det blev fremført allerede i begyndelsen af 1800-tallet af den franske matematiker Laplace. Han skrev, at hvis der var en "verdensånd" en slags genial matematiker, der var uden for Universet, men som kunne iagttage alle partikler i Universet på én gang og kende deres sted og impuls, så ville han kunne beregne, hvordan Universet ville se ud om tusind år, ja om millioner af år frem i tiden. Og den tanke blev taget op igen i kritikken af Bohr. Hvis der f. eks. er en sådan "verdensånd", så vil han jo kunne kende en elektrons sted og impuls til et bestemt tidspunkt – selv om vi altså ikke kan. Og det betyder jo, at vi kun kan opnå en begrænset viden om Universet.

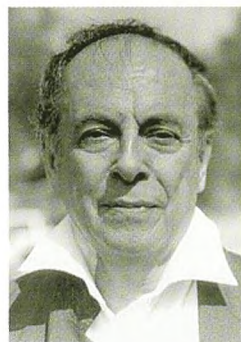
Men hertil svarer Bohr, at dette er et umuligt tankeeksperiment. Hvis en sådan verdensånd er *uden for* Universet, så er han jo ikke i forbindelse med Universet, og så kan han ikke iagttage noget. Hvis han er i Universet, så er han underlagt de samme iagttagelsesbetingelser, som vi er. Og selv om vi antager, at han på en eller anden måde kan iagttage alt selv om han er udenfor, så vil hans beskrivelse af det hele være noget, som ikke ville kunne oversættes til noget menneskeligt sprog, og som vi derfor aldrig ville kunne forstå. Han ville jo slet ikke kunne bruge "iagttage" i samme betydning, som vi gør. Vi er så at sige spærret inde i Universet, sagde Bohr. Vi hænger i sproget, sagde han.

Jamen hvad er så det endelige, som vi kan sige om forholdet mellem sprog og virkelighed? Ja, hvis vi forestiller os, at vi engang når til vejs ende, så at vi

har beskrevet alt, hvad der er at beskrive, så vil svaret jo være, at vi ved "virkelighed" forstår alt det, som vi har indfanget i vores beskrivelse. Og så hedder det: Selvfølgelig findes der en virkelighed uafhængigt af vores beskrivelse. Og på spørgsmålet "Jamen hvordan er den beskaffen?" lyder svaret, at det er jo netop, hvad vi fortæller med vores beskrivelse af det hele. Men dette betyder jo, at man ikke længere kan forbinde nogen mening med at tale om det dennesidige og det hinsidige, som filosoffer har gjort det siden Platons tid. Og heller ikke forbinde nogen mening med "Verden i sig selv", som Kant forsøgte det. Som Bohr plejede at sige det: "Efter opdagelsen af Plancks konstant står vi i en helt ny erkendelsesteoretisk situation. Det gælder ikke om at skue virkelighedens væsen, for det har ikke mening. Alt, hvad vi kan ønske os, er at finde ud af, hvordan vi kan beskrive virkeligheden."

### Litteratur

- [1] David Favrholt, *Filosoffen Niels Bohr*, Informations Forlag 2009.



David Favrholt, filosof, professor emeritus ved Syddansk Universitet. Medlem af Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab. Har skrevet talrige artikler og bøger om filosofi, hvoraf flere er kritiske overfor filosofien. Indenfor videnskabsfilosofien har han især beskæftiget sig med Niels Bohr.

**PFEIFFER VACUUM**

**Vi ønsker alle vore trofaste kunder en rigtig god sommer**

**Måske ses vi på DFS-Årsmøde, måske først efter ferien.**

**"One-Stop-Shop'en" er åben hele sommeren, så du behøver ikke mangle vacuumkomponenter**

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

# Hvordan gik Det Internationale Astronomiår 2009?

Af Kristian Pedersen, Dark Cosmology Centre, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet.

2009 blev af FN udråbt til "International Year of Astronomy" på anbefaling fra den Internationale Astronomiske Union. Anledningen var 400-året for, at Galilei som det første menneske rettede en kikkert mod himlen og gjorde banebrydende opdagelser, der fuldstændig ændrede vores verdensopfattelse. Idéen med Astronomiåret var, udover at fejre denne skelsættende begivenhed, at sætte fokus på menneskets tætte bånd til kosmos gennem en række aktiviteter, der involverede en bred skare af verdens befolkning. I denne artikel beskrives de danske aktiviteter i astronomiåret.

## Udgangspunktet

Internationalt blev der defineret tre indsatsområder: (i) Øge den offentlige forståelse for og støtte af forskning, (ii) Forbedre naturvidenskabelig uddannelse på alle niveauer og (iii) Øge rekruttering af unge til en karriere indenfor forskning, teknologi og udvikling. Under disse overordnede mål blev der iværksat 11 globale "cornerstone" projekter, men de fleste aktiviteter foregik nationalt/regionalt/lokalt.

Der blev etableret et internationalt kontor (ved Det Europæiske Syd Observatoriums hovedkvarter i München), der igangsatte og koordinerede aktiviteterne verden over. I hvert land blev udpeget en national koordinator (i Danmark undertegnede), som dels fungerede som international kontaktperson, og dels koordinerede, katalyserede og iværksatte nationale aktiviteter. I Danmark blev oprettet en national komité med repræsentanter fra miljøer med interesse i astronomi. Komitéen fungerede som bindeled ud til undervisningssektoren, planetarier/science centre, foreninger mv. Instrument-center for Dansk Astrofysik var "base" for Astronomiåret i Danmark og finansierede udgifter til møder, web site og løn til den nationale koordinator (10 % af hans arbejdstid 2008-2009).

## Forberedelser op til Astronomiåret

Rammerne for Astronomiåret gav meget frit spil for de enkelte lande til at involvere sig i internationale aktiviteter og lave nationale aktiviteter (eller lade være!), men der var stort set ingen finansiering til at lave aktiviteter for. En central opgave var derfor at søge primært nationale midler til aktiviteter. Den nationale komité besluttede derfor at bruge kræfterne på relativt få, nationale "fyrtårnsaktiviteter" og derudover at koordinere og hjælpe lokale aktiviteter så godt som muligt. Filosofien var desuden i så vid udstrækning som muligt at trække på eksisterende ekspertise og netværk.

Efter indkaldelse af forslag til fyrtårnsaktiviteter i 2008 (20 forslag blev indsendt), valgte komitéen at top-

prioritere 5 forslag, og 7 andre forslag blev fundet så vigtige, at de burde gennemføres, hvis der kunne skaffes ressourcer til det. De centrale aktører for hvert forslag blev identificeret, og sammen med disse indsendte den nationale koordinator ansøgninger til offentlige og private fonde og kasser. Hvilke aktiviteter der blev realiseret var derfor i høj grad et spørgsmål om, hvilke fondsansøgninger som var succesfulde.

## Aktiviteter

Mange aktiviteter foregik på skoler, biblioteker og i foreninger, og disse blev organiseret lokalt af de mange ildsjæle rundt omkring i landet. Disse aktiviteter har uden tvivl været noget af det allervigtigste i Astronomiåret, men pga. den decentrale natur er det næsten umuligt at danne sig et komplet overblik. Derudover blev nedenstående nationale aktiviteter gennemført i Astronomiåret.

### Nationalt web site

Det samlende punkt for aktiviteterne i Danmark var det nationale web site [www.astronomi2009.dk](http://www.astronomi2009.dk) med information om de enkelte aktiviteter. Desuden blev hver dag udlagt et nyt "Dagens astronomibillede" med en kort forklarende tekst, som sigtede mod en 6. kl. elev, så billede+tekst burde ramme ganske bredt. En del skoleklasser brugte billedet i undervisningen, og web sitet havde i gennemsnit 100 forskellige besøgende hver dag i løbet af 2009.

### Vandreudstilling: "Universet – din oplevelse"

Astronomi byder jo på mange flotte og fascinerende billeder, der umiddelbart vækker forundring og interesse. Dette blev udnyttet til at bringe astronomi ud til et publikum, som ikke af sig selv søger astronomi, via en vandreudstilling med 40 astronomibilleder, trykt på 1 m × 1 m placher og monteret på vejrbestandige stativer. Udstillingen turnerede rundt til torve, pladser og formidlingscentre i landet fra april 2009 til januar 2010.

Desuden købte Københavns Kommune deres egen kopi af udstillingen, som var rundt på kommunens skoler. Udstillingen er blevet set af anslået 100.000 mennesker.



Figur 1. Vandreudstilling med 40 astronomibilleder.

### *Børn af Galileo*

I ét af de internationale cornerstone projekter byggede skolebørn mindre kikkertter i stil med Galileos oprindelige kikkert. Målet var dels at eleverne skulle få indblik i, hvordan en kikkert fungerer, og dels at bruge den selvbyggede kikkert til at se nogle af himlens objekter: Månens kratere, Jupiters måner, Venus' faser, Mælkevejens mangfoldighed af stjerner. Allerede før Astronomiåret var et sådant projekt, "Børn af Galileo" projektet, godt i gang på flere skoler i københavnsområdet. Astronomiåret gjorde det muligt, at skaffe midler til at udbrede projektet til hele landet. I 2009 blev anskaffet næsten 1500 kikkertbyggesæt, som blev distribueret til landets Centre for Undervisningsmidler. Her kan skolerne låne klassesæt, som de kan bruge i undervisningsforløb. Børn af Galileo projektlederne Carsten Andersen (Bellahøj Skole), Erland Andersen (Naturlærerforeningen) og Mikael Svalgaard (NKT Photonics A/S) arrangerer én-dagskurser om undervisningsforløb med kikkertbyggesættene i samarbejde med Centrene for Undervisningsmidler og holder stjernekikke-aftner på skolerne. Omkring 10.000 elever og deres familie og venner vil således hvert år komme i berøring med en "galileo-kikkert".

### *Astronomisk Guide*

Astronomisk Selskab har i en årrække udgivet "Astronomisk guide", en "vejviser" til himlen med information om, hvad man kan se på himlen og om dansk astronomi – både forskning og de mange astronomiforeninger landet over. I anledning af Astronomiåret blev en helt ny Astronomisk Guide professionelt skrevet, layoutet og trykt i 100.000 eksemplarer. Disse blev fordelt til skoler, biblioteker, foreninger, Centre for Undervisningsmidler mv.

### *Bog: Dansk astronomi i kikkerten*

20 danske forskere indenfor astronomi fortæller om deres forskningsområde og sætter det i historisk og internationalt perspektiv. Kapitlerne er redigeret

til et sammenhængende hele, men med respekt for den enkelte forskers personlige præg. Kapitlerne kan således læses uafhængigt af hinanden og udgør tilsammen en oversigt over dansk astronomi anno 2009. Bogen er blevet sendt til 1200 astronomi- og fysik-lærere i gymnasieskolen og kan desuden købes hos Forlaget Epsilon (se omtale af bogen i dette nummer af Kvant).



### *Andre aktiviteter*

Udover de lokale aktiviteter og ovennævnte aktiviteter, som blev iværksat af den nationale komité, var der adskillige nationale/regionale aktiviteter, som var kraftigt inspireret af Astronomiåret. Bl.a. arrangerede Rosengård Slot en udstilling "Hvor er jeg?" om tidsmåling gennem tiderne med bl.a. astronomiske ure fra Øster Vold Observatoriet. Kroppedal Museum arrangerede en udstilling "Hvad glør du på?" om Månen og dens betydning for religion og folket. Lars Becker-Larsen og Danish Doc lavede filmen "Den bevægede jord" om tilblivelsen af det moderne verdensbillede med tilhørende DVD og bog til undervisningsbrug. Filmen har vundet adskillige internationale priser. Så kan man nævne, at tidsskriftet Kvant – som du sidder med i hånden – lavede et temanummer om astronomi i maj 2009. Alle artiklerne kan nu læses på nettet.

### *Efter 2009?*

Et vigtigt mål med Astronomiåret har hele tiden været, at det ikke bare skulle være et flot fyrværkeri i 2009, men at aktiviteterne skulle pege fremad og gerne have en varig effekt. Ikke mindst fordi målene for de overordnede indsatsområder var langsigtede. Mange af aktiviteterne er først begyndt i slutningen af 2009, og flere af dem vil for alvor tage fart i 2010. Det gælder især det landsdækkende "Børn af Galileo" projekt, som først modtog kikkertbyggesæt i januar 2010, og bogen Dansk astronomi i kikkerten, der lige er udkommet. Desuden arbejdes der stadig på at realisere et par projekter, der i første omgang ikke kunne findes tilstrækkeligt med ressourcer til i 2009.

"Galileis Univers" er arbejdstitlen på et web-baseret lærings- og oplevelsesunivers for primært 5-9 årige. Et univers der gennem visuelle virkemidler med spændende fortællinger og sjove spil med højt involverings- og læringsniveau skaber aktiviteter ved og uden for

computeren. Børnesitet vil tage sit udgangspunkt i Galileis opdagelser og astronomiens forunderlige verden. Der vil være fortællinger, hvor Galilei fortæller om sine opdagelser, tiden han levede i, rummet, Universets uendelighed m.m. Der er tale om et dynamisk on-line oplevelsesunivers, hvor børns oplevelse, undren og fantasi er i centrum. Med udgangspunkt i oplevelsen fra udvalgte historier stilles børnene over for forskellige udfordringer til at arbejde i reelt tværfaglige sammenhænge mellem de naturfaglige, historiske, kulturelle og filosofiske betragtninger og tanker.

I forbindelse med Galathea ekspeditionen lanceres et on-line læringsspil, og konceptet blev videreudviklet i form af Klima Mysteriet op til klimatopmødet i København december 2009. Det er oplagt at udnytte den tekniske platform til at lave et lignende on-line lærings- og spil-univers med et rumtema. Det nye Space Science Center ved Københavns Universitet er i samarbejde med firmaet Congin, som udviklede Galathea Mysteriet og Klima Mysteriet, i gang med at udvikle konceptet og skaffe de nødvendige midler. Filminstitutet har støttet med 5 mio. kr. til de filmiske komponenter af "Space Mystery", og samarbejdsaftaler med større eksterne partnere som ESA, MicroSoft og andre er ved at være på plads. Space Mystery forventes at gå i luften i både dansk og international version i løbet af 2011.

## Resultater – anbefalinger

Det er temmelig ressourcekrævende at lave en systematisk evaluering af Astronomiåret i Danmark. Jeg vil derfor nøjes med at opsummere Astronomiåret i hovedtal og give mine personlige anbefalinger til andre, der skal give sig i kast med lignende projekter – og til min efterfølger som skal stå for Det Internationale Astronomiår 2109, når vi skal fejre 500-året for Galileis epokegørende observationer :-)

"Investeringen" i Astronomiåret er umulig at gøre op, da det meste arbejde er blevet udført af frivillige. Instrumentcenter for Dansk Astrofysik har betalt i alt 60.000 kr. i 2008-2009 til opsætning af web site og til møder og derudover 10 % af min arbejdstid. Det konkrete resultat af Astronomiåret er, at omkring 1.1 mio. kr. er bevilget til aktiviteter fra offentlige og private kasser/fonde, og anslået 200.000 mennesker har været involveret i aktiviteterne. Desuden har Astronomiåret ført til øget kommunikation mellem alle astronomiinteressenter i Danmark. Nye kontakter og netværk er etableret, og nye visioner for formidling af astronomi i Danmark er kommet på bordet.

Jeg vil slutte af med et par personlige råd, som andre i en lignende situation måske kan have gavn af:

- **Start tidligt:** Det er vigtigt i god tid at identificere de relevante aktører, så planlægningen kan komme i gang i god tid. Ikke mindst fordi fund-raising tager lang tid. I Danmark begyndte planlægningen af Astronomiåret i foråret 2007, og det var bestemt ikke for tidligt.

- **Etablér en base:** For overhovedet at komme i gang skal der lidt basismidler på bordet til at holde møder, lave web site mv. Det er også vigtigt at etablere et "core team" af dem, der skal træffe de centrale beslutninger og stå for den overordnede planlægning.
- **Fastlæg ambitionsniveau:** Det er essentielt at alle arbejder mod samme mål, så forventningerne blandt de deltagende parter skal afstemmes. Det lyder oplagt, men med mange forskellige aktører i spil, er der mange forskellige interesser, og der må nødvendigvis laves nogle prioriteringer af de begrænsede ressourcer.
- **Brug professionelle:** De centrale ting, som pinedød skal virke godt, bør laves af professionelle (IT, layout, grafik, organisering,...). Mange af os er glade amatører, som kan finde ud af meget og gerne vil blande os i det hele, men hvis resultatet skal være optimalt – og leveres til tiden – er der ingen vej uden om at betale professionelle for det. Vi og andre frivillige kan så hjælpe til med det faglige og de rent praktiske ting.
- **Funding:** Der skal en vis mængde penge til at få tingene til at ske. Fonde har meget forskellige deadlines og krav, så man må begynde tidligt med at identificere potentielle kilder og sende ansøgninger af sted.

Det har været spændende, udfordrende og øjenåbnende at være national koordinator for Astronomiåret. Først og fremmest har det været sjovt at samarbejde med så mange forskellige aktører i alle mulige organisationer og med en meget anden baggrund end min egen. Det har selvsagt været en udfordring at få et fælles fokus og få realiseret aktiviteterne, men også så meget desto mere tilfredsstillende at se, hvor meget der er kommet ud af Astronomiåret med et relativt vanskeligt udgangspunkt.

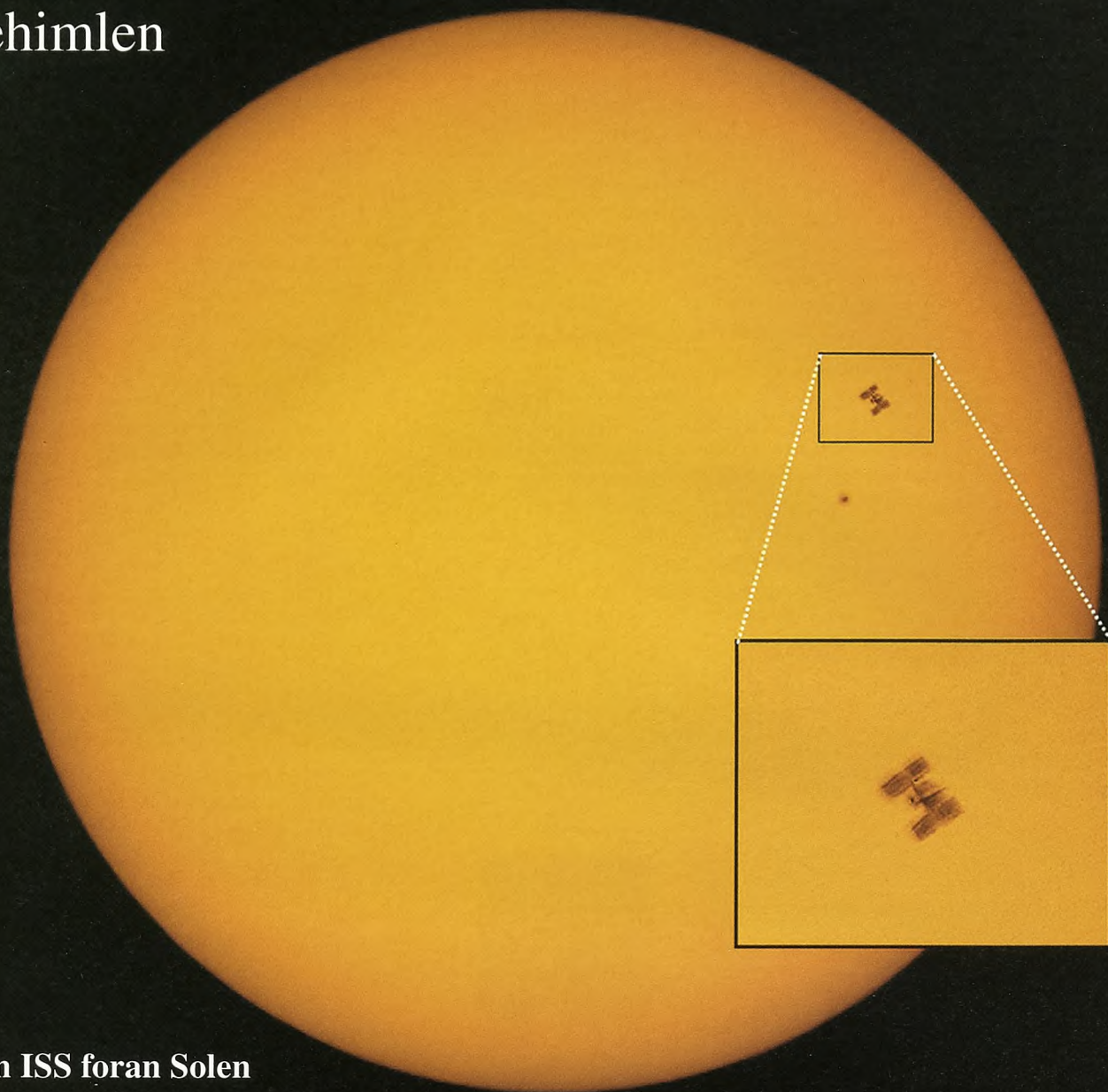
## Litteratur

- [1] International web site for Astronomiåret, [www.astronomy2009.org](http://www.astronomy2009.org)
- [2] Dansk web site for Astronomiåret, [www.astronomi2009.dk](http://www.astronomi2009.dk)
- [3] Dansk astronomi i kikkerten: Udsnit af bogen og bestilling på [www.forlagetepsilon.dk](http://www.forlagetepsilon.dk)
- [4] Web site om Climate Mystery, [www.congin.com/climate-mystery](http://www.congin.com/climate-mystery)
- [5] Space Science Center ved Københavns Universitet, [www.space.ku.dk](http://www.space.ku.dk)
- [6] Evalueringsrapport mv. over danske aktiviteter i Astronomiåret på Instrumentcenter for Dansk Astrofysik web site [www.astrofysik.dk](http://www.astrofysik.dk), klik på "Astro Documents" og "IDA Documents".



Kristian Pedersen er astrofysiker og arbejder ved Dark Cosmology Centre, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet. Han er leder af Københavns Universitets nye Space Science Center og Manager for Instrumentcenter for Dansk Astrofysik.

# Stjernehimlen

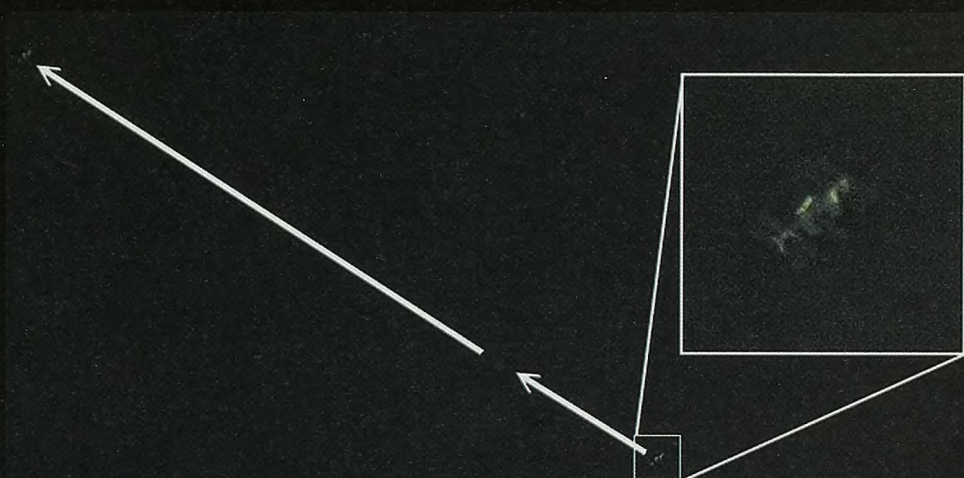


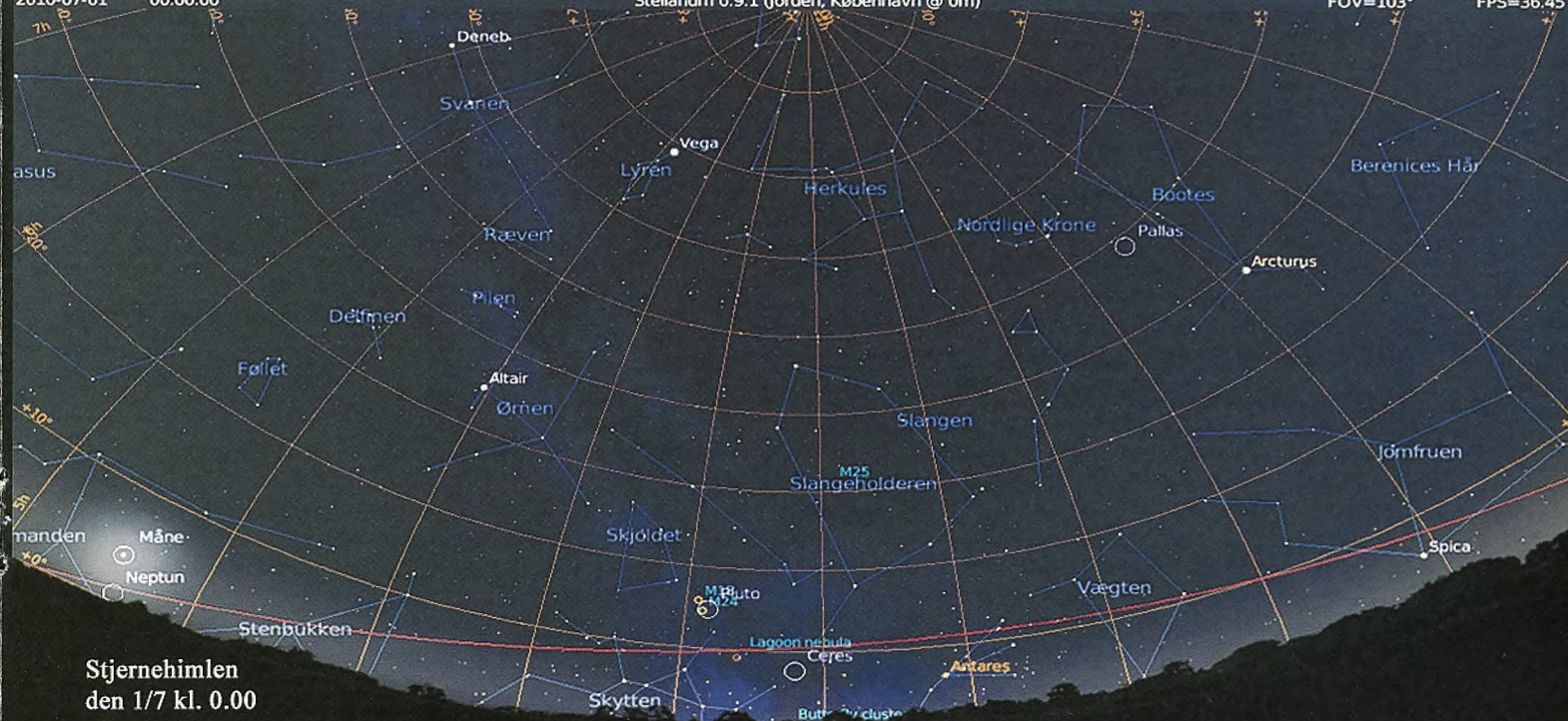
## Rumstation ISS foran Solen

Den 25. maj passerede Den Internationale Rumstation, ISS, foran Solen, hvorved den kunne observeres i silhouet. Billedet til højre viser det bemærkelsesværdige syn, optaget af Anthony Ayiomamitis, som altid er på pletten. Anthonys hjemmeside: [www.perseus.gr](http://www.perseus.gr).

## ISS formørker Jupiter

Vor græske astrofotograf Anthony Ayiomamitis har 8 års erfaring med at fange ISS når den passerer tæt forbi andre himmellegemer. Han har både fotograferet ISS foran Månen (2006) og Solen (2005 og 2010) og nu også Jupiter. Billedet viser to optagelser af ISS med 0,33 sekunders interval. I dette tidsrum har ISS, at dømme efter pilene, passeret lige henover Jupiter. Det er særlig bemærkelsesværdigt, at observationen blev foretaget ved dagslys.





Stjernehimlen  
den 1/7 kl. 0.00

## Månens faser



På morgenhimlen ses Jupiter.

På aftenhimlen ses Merkur, Venus, Mars, og Saturn.

## Solsystemet ca. 1. juli

Kun planeter synlige med det blotte øje er vist nedenfor.

Udenom planetbanerne ses Dyrekredsens 12 stjernebilleder.

Den røde streg markerer Ekliptika - Solsystemets baneplan.

## Astronomiske begivenheder

21/6 Sommersolhverv

11/7 Total solformørkelse (ikke synlig i Danmark)

12/8 Stjerneskedssværmen Perseiderne kulminerer

23/9 Efterårsjævndøgn



Af Sven Munk og John Rosendal Nielsen, KVANT

## Grundstof nr. 117 er endeligt fremstillet

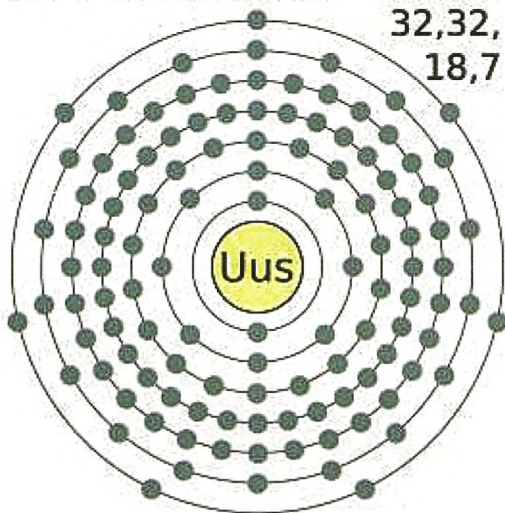
**KERNEFYSIK.** Fremstillingen af grundstof nr. 117 har længe drillet forskerne. Det er otte år siden, at man skabte grundstof 118 og endnu længere siden man producerede grundstof 116, men grundstof 117 har knebet sig udenom opdagelse. Det er nemlig ikke helt lige til at skabe grundstoffer med højere atomnummer i det periodiske system.

Opskriften på grundstoffet er at fremstille lidt berkelium og så tilføje noget calcium, og dermed skulle man have ununseptium, som er det midlertidige latinske navn for grundstof 117. Det lyder simpelt, men desværre findes berkelium ikke naturligt. Det er kun de første 92 grundstoffer, der findes naturligt og berkelium har nr. 97 i det periodiske system. Berkelium er ekstremt kompliceret at fabricere. Det krævede 250 dage for kemikere ved Flux Isotope Reactor, Oak Ridge National Laboratorium i USA at fremstille 22,2 milligram berkelium.

Det næste stop for den lille mængde berkelium var Ruslands Research Institute of Atomic Reactors, og det skulle gerne gå lidt kvikt, idet berkelium er radioaktivt med en halveringstid på 320 dage. I det russiske laboratorium blev stoffet konstant dag og nat beskyttet af calcium-48 ioner i måneder med det resultat, at der blev fremstillet seks atomer af ununseptium.

Det er håbet, at man på længere sigt kan skabe grundstoffer med endnu højere atomnummer, der også er stabile. Det er grundstoffer, der har de såkaldte 'magiske numre'. Forskerne håber, at dette er et skridt imod at det vil lykkes en dag.

117: Ununseptium 2,8,18,  
32,32,  
18,7



Kilder: [http://videnskab.dk/content/dk/naturvidenskab/-grundstof\\_nr\\_117\\_har\\_set\\_dagens\\_lys#](http://videnskab.dk/content/dk/naturvidenskab/-grundstof_nr_117_har_set_dagens_lys#); <http://news.sciencemag.org/sciencenow/2010/04/finally-element-117-is-here.html?rss=1>.

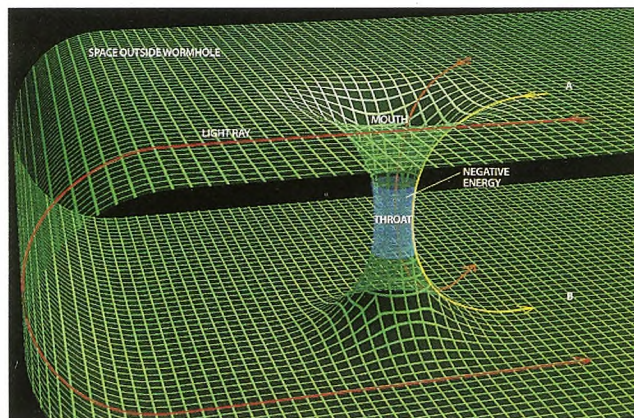
## Vi lever i et ormehul

**ASTROFYSIK.** En ny teori foreslår, at Universet ikke blev skabt for 13,7 milliarder siden ved et Big Bang, men det hele blev skabt ved at en stor stjerne kollapsede til et ormehul i et større univers. Et ormehul er forbindelsen mellem et sort hul

og et hvidt hul – også kendt som Einstein-Rosen-broer, der kan fungere som en genvej gennem tid og rum.

Forslaget kommer fra den amerikanske fysiker Nikodem Poplawski, men teorien er ikke den første, hvor eksistensen af sorte huller bruges til at forklare vores univers. Det er normalt at fysikere betragter begivenhedshorisonten i Universet som et sort hul, og den amerikanske fysiker Lee Smolin har forslået, at antallet af sorte huller har betydning for vores eksistens i Universet.

Tegningen herunder viser et såkaldt "indlejringsdiagram" af et ormehul, hvor en af de tre rumlige dimensioner er fjernet, så krumningen kan illustreres. Vores univers har i virkeligheden 3 rumlige dimensioner plus tiden som er den fjerde dimension. En cirkel i halsen på ormehullet repræsenterer derfor i virkeligheden en kugle og man ser, at radius i kuglen vokser når man bevæger sig ud af ormehullet.



Idéen om, at Universet er opstået inde i et ormehul kan forklare nogle af de problemer, som fysikere prøver at løse. Foreningen af tyngdekraften med de andre fundamentale kræfter er et af de problemer, der kan løses ved at postulere, at der var et univers før vores. Ifølge Poplawski skulle tyngdekraften kunne spores tilbage til et punkt med en forening af alle kræfterne, hvis der eksisterer et univers før vores eget.

Et andet problem er at Universets udvidelse tilsyneladende accelerer på trods af at tyngdekraften fra stoffet burde opbremse udvidelsen. Et muligt løsningsforslag fra forskerne har været den mystiske mørke energi. Men hvis Universet er på vej ud af et ormehul, kan det måske forklare udvidelsen, idet ormehullet udvider sig i begge ender.

Note fra nyhedsredaktøren: Fladhedsproblemet – dvs. Universet er ekstremt fladt – kan måske give problemer for teorien, idet ormehullet burde resultere i en krumning.

Kilde: Science, <http://www.sciencedirect.com>; [http://videnskab.dk/content/dk/naturvidenskab/ny\\_teori\\_vil\\_lever\\_i\\_et\\_ormehul](http://videnskab.dk/content/dk/naturvidenskab/ny_teori_vil_lever_i_et_ormehul).

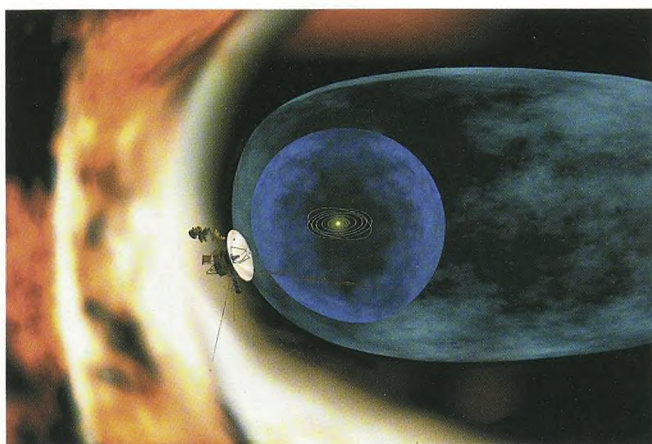
## Voyager 2's problemer er løst

**RUMFORSKNING.** Det er snart 33 år siden, at NASA opsendte de to Voyager-sonder. De undersøgte begge Sol-systemets største planeter, Jupiter og Saturn i slutningen af 1970'erne og starten af 1980'erne, hvorefter de fløj længere ud i Solsystemet. Voyager 2 fik desuden forlænget sin mission, da Solsystemets planeter stod i en sjælden gunstig

position, således at den kunne flyve forbi Uranus (januar 1986) og Neptun (august 1989) og leverede de hidtil bedste billeder af de to gas-kloeder, deres måner og ringsystemer. De har virket upåklageligt indtil nu.

Voyager 2 har haft problemer siden 22. april. Sonden i sig selv havde det egentlig fint, men NASAs forskere kunne ikke afkode sondens målinger. Ingeniørerne fik lokaliseret problemet til det system, der formaterer de videnskabelige data før de bliver sendt tilbage til Jorden. Et flip af en enkelt bit fra et 0 til et 1 i Voyagers computers hukommelse skabte problemerne. Den 12. maj havde ingeniørerne modtaget en fuld udskrift af datasystemet, og det tog en uge for ingeniørerne at identificere problemet og nulstille den computerbit, der havde flippet. Den 20. maj kunne forskere fra NASA igen modtage fornuftige data fra Voyager 2.

Både Voyager 1 og 2 befinder sig for øjeblikket ved Solsystemets yderste grænse og de to rumsonder giver en enestående mulighed for at undersøge de fjerneste egne af vores solsystem. Der er altså god grund til at glæde sig over NASA-ingeniørernes succes.

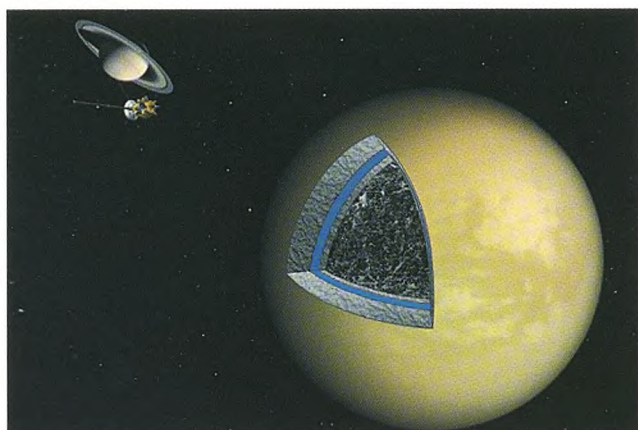


Kilder: <http://www.tycho.dk/article/view/5909/>;

<http://www.jpl.nasa.gov/news/news.cfm?release=2010-151>.

## Cassini afslører mere om Titan

**ASTRONOMI.** Ved at analysere banedata for Cassinis passage over Titan er forskerne kommet til det resultat, at Titans indre består af is og sten/klippe. Ved med stor nøjagtighed at have registreret sondens bevægelser under 4 Titan-passager i tidsrummet 2006-2008 har det været muligt at beregne gravitationsfeltet. De matematiske analyser har endog været i stand til at give oplysning om massefordelingen i Titans indre.

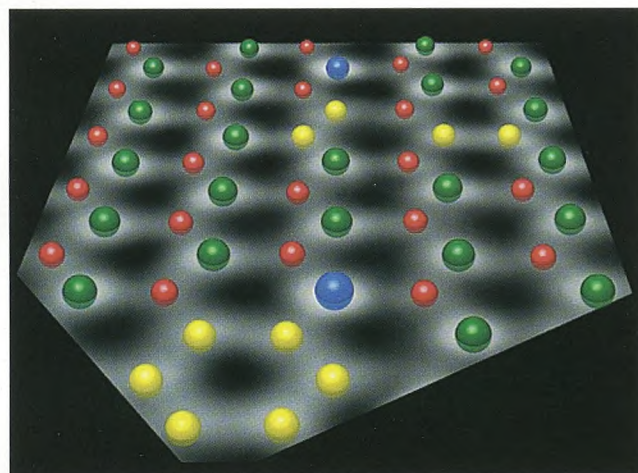


Baseret på disse beregninger tegner forskerne dette billede af Titans indre. De øverste 500 km er stenfrit, medens resten består af en blanding af is og sten. Denne blanding er ikke – som det kendes fra andre planeter i Solsystemet – blevet opdelt sådan, at stof med den største massefylde er flyttet til centrum. Af dette udleder planetforskerne, at Titan er blevet dannet langsomt (måske over 1 mill. år) og at isen aldrig er blevet så varm, at den kunne begynde at flyde. Desuden mener forskerne, at Titan er dannet meget tidligt under skabelsen af Solsystemet.

Kilde: *Science* 327, 1367 (2010).

## Elektronmikroskop bestemmer grundstoffer

**ATOMFYSIK.** Med et skanningstransmissionsmikroskop (STEM) har forskere iagttaget en tynd (monoatomar) film af bornitrid. Instrumentet med en opløsning på 0,01 nm kan vise hvert enkelt atom. Samtidig udnytter man det forhold, at forskellige grundstoffer ved beskydning spreder elektroner på karakteristisk forskellige måder. Den hertil anvendte metode kendes som annular-mørkefelt (darkfield) teknik.



Billedet skal illustrere hvorledes der i en BN-film er fundet kulstof (gul) og ilt (blå). Rød er bor og grøn er kvælstof.

Kilde: *Nature*, 464, 571(2010)

## To dværgstjerner med rekordfart

**ASTRONOMI.** Et dobbeltstjernesystem, HM Cancr, som befinder sig 16.000 lysår væk, har en omløbstid på 5,4 minutter. Den meget korte periode blev allerede observeret i 1999 af røntgensatelitten Rosat, men astronomerne var mere end skeptiske, da det blev foreslået, at dette havde noget med dobbeltstjernesystemet at gøre.

Nye observationer med det ene 10 m Keck-teleskop på Hawaii har nu bragt endelig afklaring af spørgsmålet. De to stjerner er nogenlunde lige store og betegnes hvide dværge. De er hver på størrelse med Jorden og kan have en masse, der er af samme størrelsesorden som Solens. I det aktuelle tilfælde er afstanden mellem de to stjerner omkring 100.000 km, hvilket forklarer den ekstremt korte omløbstid.

Stjernernes omløbshastighed er bestemt ved at måle lysets Dopplerskift. Astronomerne spekulerer fortsat over, hvordan dette tvillinge-system er opstået.

Kilde: *Astrophysical Journal Letters* 711, L138 (2010).

## Thorium som atombrændstof

**KERNEFYSIK.** Et par vægtige fordele ved at bruge thorium i atomkraftværker er: Thorium er uegnet til atomvåben og thorium som råstof i naturen findes i langt større mængde end U-235.

En reaktortype, som har fået plusord med på vejen, er "Liquid-flouride" (smeltet salt).

Kilder: Det amerikanske energiministeriums undersøgelse af kernereaktorer med thorium som brændsel, <http://www.govtrak.us/congress/billtext.xpd?bill=h111-2015>; [http://sestak.house.gov/apps/list/press/pa07\\_sestak/PR\\_090626\\_CapTrade.shtml](http://sestak.house.gov/apps/list/press/pa07_sestak/PR_090626_CapTrade.shtml); Thorium Energy, Inc. (giver argumenter for brugen af thorium i kraftværker), <http://www.thoriumenergy.com>.

## Meteornedslaget på Yucatan

**GEOFYSIK.** De seneste år har det i fagkredse været diskuteret, om et meteornedslag på Yucatan-halvøen for 65,5 mill. år siden virkelig kunne have udryddet dinosaurerne. Tidspunktet markerer overgangen fra kridttid til tertiær, så noget med dramatiske konsekvenser for livet på jorden er hændt. Et meteor med en skønnet diameter på 10 km dannede Chicxulub-krateret. Prøver taget i dette krater har tidligere givet et nedslagstidspunkt, som er 300.000 år for sent, så forskerne udviklede en alternativ teori. Overgangen fra kridttid til tertiær skulle være forårsaget af en længerevarende bølge af vulkanudbrud.

De nye forskningsresultater baseret på geologiske undersøgelser af 350 lokaliteter påviser imidlertid, at meteornedslaget fandt sted netop ved overgangen kridt-tertiær. Omkring Chicxulub har man fundet geologiske lag af varierende tykkelse. Lag som i deres beskaffenhed netop er som forventet ved et meteornedslag. Forskerne konkluderer videre, at meteoeren var så stor, at der opstod jordskælv og tsunamier.



Billedet viser sandstenslag i det nordlige Mexico. Markeret er de lag, som opstod ved overgangen fra kridt til tertiær.

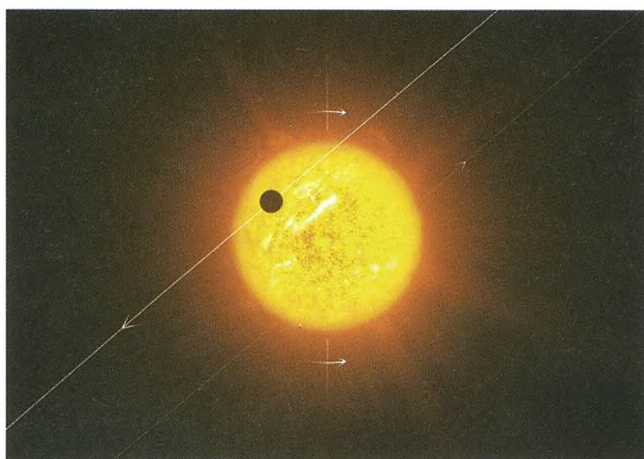
På Yucatan er de geologiske formationer rig på sulfat- og karbonatforbindelser, hvorfor nedslaget frigjorte store mængder af giftige gasser. Desuden dannede svovlforbindelserne partikler, som absorberede solens stråler. Kombineret med den store støvkonzentration fik det middeltemperaturen til at falde. En historisk katastrofe var resultatet.

Kilde: *Science*, 5. mar. 2010, vol. 327, no.5970, pp. 1214-1218.

## Retrograde planeter udfordrer teorien

**ASTROFYSIK.** Der er på nuværende tidspunkt opdaget 455 planeter, der kredser omkring en anden stjerne end Solen. Disse planeter – kendt som exoplaneter – er vigtige for vores forståelse af planetdannelse. Det er derfor af stor interesse, at astronomer har foretaget en detaljeret undersøgelse af 27 exoplaneter og fundet, at seks af de 27 exoplaneter kredser den "forkerte vej" omkring deres værtsstjerne. Når astronomerne taler om den forkerte vej betyder det, at planeten kredser omkring stjernen i den modsatte retning af stjernens rotation. Den modsatte banebevægelse kaldes også for retrograd.

En stjerne og dens planeter vil ifølge teorien dannes af den samme sky af gas og støv, hvor en protostjerne dannes inde i centrum og planeterne dannes i en protoplanetarisk disk – en flad skive af gas støv. Planeterne vil derfor normalt kredse om stjernen, i samme omløbsretning som stjernen roterer, hvilket er tilfældet for Solsystemets planeter. De vil normalt kredse om deres stjernes ækvatorplan, men omkring halvdelen af de undersøgte planeter bevæger sig i en bane, der hælder meget i forhold til stjernens ækvatorplan.



De undersøgte exoplaneter er store gasplaneter som Jupiter, der kredser meget tæt på deres stjerner. De bliver af den grund ofte beskrevet som "de varme Jupiterer". Astronomerne mener ikke at en gasplanet kan dannes i nærheden af stjernen. Det er mere sandsynligt, at de er dannet langt fra deres stjerner, hvor temperaturen er tilstrækkelig lav til at klippe, is og gas kan samles. Efter dannelsen må de varme Jupiterer derfor have vandret ind til en bane tæt på deres stjerne pga. tyngdepåvirkning fra den planetariske disk. Denne teori kan dog ikke forklare den retrograde bane og at andre har baner med en stor hældning.

Astronomerne mener at kunne forklare den retrograde bane og den store hældning ved at disse gasplaneter er blevet skubbet ud vha. tyngdekraften af en anden større planet eller en anden stjerne. Tyngdepåvirkninger fra stjernen og naboplaneten eller nabostjernen har bragt exoplaneten i en langstrakt bane med hældning – og eventuelt en retrograd bevægelse. Banen for exoplaneterne er med tiden blevet runde pga. tyngdepåvirkninger fra stjernen. Teorien støttes af, at to af de seks retrograde exoplaneter har en tung makkerplanet. Der er stadig meget at lære om de mekanismer og processer, der ligger til grund for dannelsen og udviklingen af et planetsystem, og studierne af exoplaneter kan forhåbentligt bringe os et skridt nærmere dette.

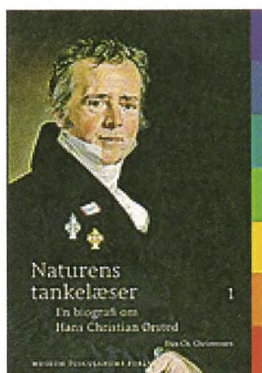
Kilder: [www.tycho.dk/article/view/5871](http://www.tycho.dk/article/view/5871); [www.eso.org/public/news/eso1016](http://www.eso.org/public/news/eso1016)

# Aktuelle bøger

Af Anja Skaar Jacobsen og Michael Cramer Andersen

## Den sidste kantianer

Af: *Dan Charly Christensen*, "Naturens tankelæser: En biografi om Hans Christian Ørsted", 2 bind. København: Museum Tusculanum 2009, 1209 sider, illustreret 498 kr. <http://www.mtp.dk>.



Hans Christian Ørsted (1777-1851) er en af de største danske naturvidenskabsmænd nogen sinde. Besiddende en magtfuld post som ualmindelig initiativrig professor ved universitetet var han allerede verdensberømt i København, længe inden han opdagede elektromagnetismen i 1820. Opdagelsen uddødeliggjorde med ét slag hans navn i videnskabshistorien. Undertiden møder man den holdning, at elektromagnetismen bare var et fænomen Ørsted tilfældigt faldt over midt under en forelæsning. Derudover er det en udbredt opfattelse, at Ørsted ikke lavede noget af betydning efter han havde gjort denne opdagelse. En lignende holdning kan man støde på vedrørende den store danske astronom Tycho Brahe; Brahe's videnskabelige bidrag reduceres undertiden til hans model for solsystemet, som så oveni købet ikke regnes for betydningsfuld, da den jo ikke ramte "rigtigt". Sådanne reaktioner kan være udtryk for uvidenhed om naturvidenskabens udvikling, praksis og historiske betingelser gennem tiderne. Videnskabelige resultater (og videnskabsmænds og -kvinders virke) skal ses og vurderes i sammenhæng med den tid de blev fremsat i. Og i det mindste videnskabshistorisk set er vi for længst kommet ud over den tid, hvor naturvidenskab blev reduceret til dens produkter alene, i form af opdagelser og teorier.

Nu har Dan Charly Christensen begået en mesterlig biografi om Ørsted, der til fulde må rette op på sådanne misforståelser om denne for det meste retskafne mand, hans videnskabelige bidrag og hans betydning i romantikkens og guldalderens København. Jeg vil gerne lykønske forfatteren med hans ualmindeligt velskrevne og overdådigt og smukt illustrerede (og billige) bog, der allerede pryder mange danske hjem. Med utilsløret kærlighed til emnet og overlegent indblik og indlevelse i tiden giver Christensen et uovertruffent portræt af Ørsted, dvs. hans liv både privat og videnskabeligt inkl. det omfattende og farverige persongalleri, som Ørsted havde berøring med både i København og ude i Europa, samt alle de steder han færdedes og boede. Dertil kommer alle de emner Ørsted beskæftigede sig

med, såsom fysik, kemi, filosofi, teknologi, litteratur, æstetik, kunst og religion, og alle de administrative sager han tog sig af både som mangeårig sekretær i Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab, som professor og rektor ved universitetet og ikke mindst i sin egen husholdning. Jeg vil betegne bogen som et sandt overflødhedshorn i den sammenhæng. Jeg vil endda gå så langt som til at sige, at ingen andre end Dan Charly Christensen er i stand til at skrive et så omfattende værk om Ørsted. Christensen har hermed formået, som den første, at forene alle Ørsteds sider, videnskabsmanden, universitetslæreren, organisatoren, kunstner-mæcenen, og ikke mindst manden helt privat som far, ægtemand, søn og bror i én, helt i overensstemmelse med Ørsteds egen livsfilosofi og selvopfattelse. Der ligger omfattende arkivstudier bag bogen, som bringer flere nye sider frem om manden. For første gang omtales f.eks. Ørsteds forlovede i hans unge år, Sophie Probsthein. Ud over at sprede oplysning blandt folk med almindelig interesse for videnskabens og Guldalderens historie, vil bogen blive det sted, hvor man som forsker i første omgang vil søge oplysninger om de sider af Ørsted, man ikke selv har nok kendskab til. F.eks. vil undertegnede gøre brug af den, når det gælder Ørsteds forhold til enevælden og den fremvoksende europæiske nationalisme, smædekampagnen mod Grundtvig, det tætte samarbejde mellem de to Ørsted-brødre og meget andet.

Ørsteds videnskabsfilosofi stod helt centralt i hans videnskabelige virke i alle dets forgreninger. I selvbiografien fra 1828 nævner han "den Naturlærens Philosophie, han selv havde uddannet sig, som Frugten af den Eftertanke, hvortil Tidsalderens stridende filosofiske Systemer, sammenholdte med Erfaringsnaturlæren, havde opfordret ham." I dannelsen af sin videnskabsfilosofi var Ørsted inspireret flere steder fra. Samtidigt forholdt han sig meget kritisk til filosofien i sin samtid. Når det gælder forholdet mellem Ørsted og den store skurk i Christensens fortælling, nemlig filosofen F.W.J. Schelling, brister argumentationen imidlertid. Mens der aldrig har været tvivl om, at Ørsted lod sig påvirke af filosofen Immanuel Kant, er der blandt Ørstedforskere blevet brugt en del krudt på at diskutere, om Ørsted lod sig inspirere af Schelling eller ej, og dermed om opdagelsen af elektromagnetismen kan sammenkædes med Schellings eller Kants filosofi. Denne ufrugtbare diskussion ønsker Christensen indædt at fortsætte. Ørsted gennemskuede hurtigt Schelling som spekulativ og ikke-empirisk, som det hedder i bogen (s. 1127. Se også note 16 i kap. 10), og Ørsted skulle derfor have vendt Schelling's *Naturphilosophie* ryggen. Som om Ørsted ikke kunne kende forskel på fysikere og filosoffer! Det var jo ikke nogen hemme-

lighed, at Schellings idéer var spekulative; som synonym for Naturphilosophie brugte Schelling netop begrebet *Spekulative Physik*. Et andet sted er forfatterens argument imod, at Ørsted lod sig inspirere af Schelling, at sidstnævntes "mål ikke var naturvidenskabeligt, men filosofisk" (s. 479-480). Men det er jo irrelevant hvad Schellings mål med hans *Naturphilosophie* var, for om Ørsted lod sig inspirere af den eller ej. Man kan drage en parallel til de logiske positivisters projekt i starten af det 20. århundrede. Det var at reformere filosofien, ikke naturvidenskaben. Ikke desto mindre lod mange naturvidenskabsmænd sig inspirere af de logiske positivisters synspunkter.

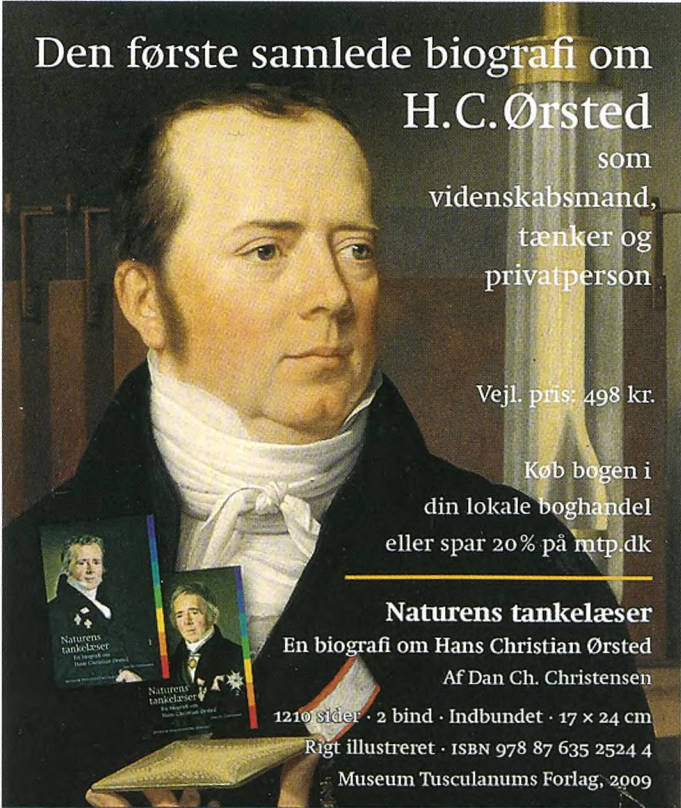
Det kan ikke være historikerens opgave at benægte et træk ved en videnskabsmand, selvom man ikke sympatiserer med det, og vel slet ikke når man skriver en biografi. Og er det ikke også lige præcist den anke Christensen har, når han opponerer mod den "positivistiske" konstruktion af Ørsteds intellektuelle udvikling fra spekulativ til eksperimentel og opdelingen af Ørsteds forfatterskab i det videnskabelige og resten, som Christensen finder hos bl.a. Wilhelm Ostwald (1895), Kirstine Meyer (1920) og Léon Rosenfeld (1970) (sidstnævnte groft fejlciteret, s. 20-21). Christensen løber i øvrigt åbne døre ind, når han positionerer sig i forhold til disse forfattere fra en svunden tid, for der er unægteligt skrevet meget om Ørsted siden; velafbalancerede studier, som både anerkender helheden i Ørsteds virke og hans metafysiske overbevisninger.

Christensen hævder ikke desto mindre hårdnakket og utallige gange, at Ørsteds videnskabsfilosofi alene udspringer fra Kants metafysik og erkendelsesteori. Udover en del forklaringsproblemer (tag nu bare titlen på Ørsteds filosofiske testamente *Aanden i Naturen* fra 1849), fortænkt argumentation (som at Ørsted f.eks. må have kendt til Kants posthume værker, selvom han aldrig nævner dem) og en yderst liberal gengivelse og oversættelse af citater (f.eks. Ørsteds brev til John Herschel gengivet s. 1079), mener jeg forfatterens stædighed på dette punkt giver et mindst ligeså ufrugtbart bidrag til forståelsen af Ørsted idéhistorisk, som de forældede fremstillinger Christensen opponerer imod. Christensens behandling af emnet giver slet ikke plads til Ørsteds intellektuelle udvikling gennem et langt liv. Dermed kommer Ørsteds metafysiske idéer til at fremstå som helt statiske, hvilket de bestemt ikke var. Som et yderligere resultat heraf kommer Christensens reduktion af stort set *alle* datidens videnskabelige uoverensstemmelser til i sidste ende alene at handle om en kamp mellem to metafysiske forestillinger om stoffets struktur, nemlig på den ene side den dynamiske jf. Kant, der var udbredt i Tyskland, og den franske korpuskular-teoretiske på den anden side, mest af alt til at fremstå som et unuanceret og forfladiget billede af datidens naturvidenskab.

Desværre er bogen nogle steder ret sløset, f.eks. når det gælder gengivelse og oversættelser af citater, der skal underbygge forfatterens argumentation. I sine referencer er bogen direkte mangelfuld. Flere steder er der hverken referencer til de videnskabelige værker, der omtales, eller historiske studier af de samme værker. Det kan også undre, at der hvor Christensen f.eks. beskriver forholdet mellem Ørsted og hans protegé Ludvig Colding, og spørgsmålet om energisætningen (som Colding var en af de første til at opdage) kan kædes sammen med romantikkens idegrundlag, er der ingen reference til Kenneth L. Canevas grundige analyse af netop det spørgsmål fra 1997. I stedet får vi henvisninger til en gammel tekst fra 1929. Der er faktisk slet ingen referencer til Canevas omfattende studier af Ørsted og tysk romantisk naturvidenskab i litteraturlisten. Man kunne fristes til at tro, at det skyldes at Caneva fortæller en anden historie end Christensens.

Trods ovennævnte kritikpunkter kan jeg kun opfordre alle til at give sig i kast med den pågældende bog og lade sig transportere mentalt tilbage i tiden for at følge Ørsteds begivenhedsrige rejse gennem livet og undervejs nyde de smukke billeder. Denne anmeldelse er oprindeligt skrevet til "Slagmark – tidsskrift for idéhistorie", hvor den bringes i en længere version.

Anja Skaar Jacobsen  
postdoc ved Niels Bohr Arkivet og  
formand for Videnskabshistorisk Selskab



**Den første samlede biografi om  
H.C. Ørsted**  
som  
videnskabsmand,  
tænder og  
privatperson

Vejl. pris: 498 kr.

Køb bogen i  
din lokale boghandel  
eller spar 20% på mtp.dk

**Naturens tankelæser**  
En biografi om Hans Christian Ørsted  
Af Dan Ch. Christensen

1210 sider · 2 bind · Indbundet · 17 x 24 cm  
Rigt illustreret · ISBN 978 87 635 2524 4  
Museum Tusulanums Forlag, 2009

 **Museum Tusculanums Forlag**  
Københavns Universitet  
Njalsgade 126 · 2300 København S  
35 32 91 09 · order@mtp.dk · www.mtp.dk

## Fin formidling af dansk astronomiforskning

Redaktion: Lone Bruun og Kristian Pedersen, "Dansk astronomi i kikkerten", Forlaget Epsilon 2010, 144 sider, 245 kr. <http://www.epsilon.dk>.



Denne bog giver et frisk overblik over den forskning som danske astronomer arbejder med. Den markerer samtidig Det Internationale Astronomiår 2009 (se artiklen i dette blad). Den er redigeret af forlagsredaktør Lone Bruun og astrofysiker Kristian Pedersen. Læseren føres vidt omkring i Universet i de 14 kapitler.

Kristian Pedersen indleder med at stille nogle af de spørgsmål som alle mennesker, der undrer sig over verden, kan stille sig selv og han forklarer hvordan astronomer forsøger at besvare dem. Helge Kragh fortæller om Galilei og de observationer han gjorde som fornyede astronomien.

Således forberedt med en almen og en historisk introduktion tages læseren tilbage til Universets begyndelse, som studeres med den europæiske Planck-satellit. I bogens øvrige 11 kapitler berettes der om Kosmiske gammaglimt eksplosioner; Mørkt stof; Historiske supernovaer; Moderne astronomiske satellitter; exoplaneter og liv i Universet; Stjerneskelv; Solsystemet; Geologi på Mars; Magneter på Mars; Vind og vejre på Mars samt Meteoritter – sten fra før verden blev til.

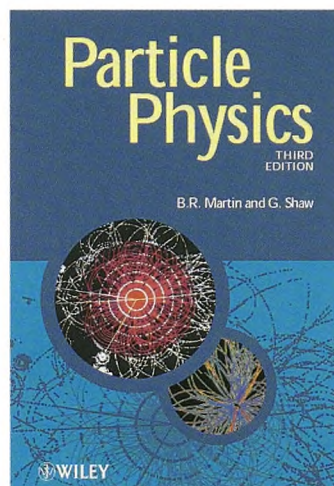
Danmarks store engagement i Mars-forskningen afspejles ved at hele tre kapitler handler om Mars. Det er en imponerende skare af forskere som har bidraget til denne bog, i alt 20 forfattere. Emnerne spænder vidt og man kommer tilstrækkeligt i dybden til at få en god forståelse af emnerne uden at det bliver alt for teknisk. Som sådan er bogen velegnet til gymnasiets fysik- og astronomiundervisning, måske primært som inspirationslæsning. Bogen er da også, med støtte fra Tips- og Lottomidlerne, udsendt gratis til alle gymnasielærere der underviser i fysik og astronomi.

Bogen kan imidlertid læses af alle der er interesserede i astronomi. Det er en stor fornøjelse at bladre i bogen som er indbundet, trykt i god kvalitet og smukt layoutet, hvilket også har gjort den en smule dyr. Man kunne nok også have valgt en mere farverig forside, f.eks. en collage med nogle af bogens mange smukke illustrationer. Men det skal ikke forhindre denne anmelder i at anbefale bogen.

MCA

## Grundlæggende partikelfysik

Af: B.R. Martin og G. Shaw, "Particle Physics", 3. udgave, Wiley 2008, 442 sider, 180 dollars (1.120 kr). <http://www.wiley.com>.



Efter Large Hadron Collider ved CERN er taget i brug, er der et øget behov for at opdatere sin viden om partikelfysik. Fysiklærere i gymnasiet underviser i dele af partikelfysikken på introduktionsniveau. Standardmodellens partikler og kræfter præsenteres f.eks. på fysik C-niveauet og fysiklæreren kan sagtens få spørgsmål om alle de mere avancerede begreber i partikelfysikken. Denne bog er skrevet for dem der vil kende partiklernes egenskaber og f.eks. regne på partikelvekselvirkninger og henfald samt partikelacceleratorer. Igennem hele bogen er der opgaver og den har i tidligere udgaver været anvendt på universitetets introduktionskurser i partikelfysik.

Første kapitel er en introduktion til antipartikler, vekselvirkninger og Feynman-diagrammer samt de enheder der benyttes i partikelfysikken. I de følgende kapitler behandles en række emner: Leptoner og den svage vekselvirkning; Kvarker og hadroner; Eksperimentelle metoder; Rumtidssymmetrier; Kvarkmodellen; QCD, jets og gluoner; Den svage vekselvirkning – kvarker og leptoner og elektrosvag forening; Diskrete symmetrier – C, P, CP og CPT samt Udover Standardmodellen. Derudover er der fire appendices om mere tekniske emner, f.eks. Gauge teorier.

Mange af de emner man hører om i populære medier behandles i bogen på et næsten alment forståeligt niveau. I kapitlet "Udover Standardmodellen" får man, på typisk et par sider, en kortfattet introduktion til hvert af emnerne: Protonhenfald, supersymmetri, strenge, mørkt stof (WIMPs og neutrinoer), stof-antistof asymmetri og nye former for neutrinoer.

Bogens svaghed er, at der ikke er nogen særlig omfattende behandling (1,5 s.) af Large Hadron Collider, eller dens detektorer. Denne 3. udgave, der kommer 11 år efter 2. udgave af bogen (1997) er imidlertid et godt bud på en rimelig opdateret bog om grundlæggende partikelfysik med resultater fra mange nyere eksperimenter. Den vil således være nyttig for mange.

MCA

# Sandflugt – breddeopgave 38 med didaktisk kommentar

Af Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, NSM, 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 kommentar til opgaven fra forrige nummer samt en ny opgave. Opgaven i sidste nummer af KVANT var denne breddeopgave fra RUC (nr. 38 i rækken her i KVANT):

## 38. Sandflugt

*Afhængig af kornstørrelsen skal der en vis vindhastighed til at hvirvle støv op i luften. Hvordan er sammenhængen?*

### Løsning

Hvorfor kan støv- og sandkorn hvirvles op af vinden, når de bagefter falder ned igen og altså ikke kan holde sig svævende? Det skyldes den asymmetriske luftstrømning omkring dem, når de ligger på jorden. Når kornene svæver, strømmer der både luft under dem og over dem. Men når de ligger på jorden, strømmer luften kun over dem. Og det medfører ifølge Bernoullis ligning, at trykket på oversiden af kornene er  $\frac{1}{2}\rho_{luft}v^2$  mindre end trykket på deres undersider, idet  $v$  står for luftstrømningshastigheden og  $\rho_{luft}$  for luftens massefylde.

Når sandkorn ligger på jorden er der altså en aerodynamisk opdriftkraft på dem af ca. størrelsen  $\frac{1}{2}\rho_{luft}v^2 \cdot \pi r^2$ , hvis deres radius er  $r$ . Og kornene hvirvles op, når denne kraft er større end tyngdekraften på kornene minus den statiske opdriftkraft på dem. Den kritiske hastighed for at der hvirvles sandkorn op er derfor givet ved ligningen:

$$\frac{1}{2}\rho_{luft}v_{krit}^2 \cdot \pi r^2 = \frac{4}{3}\pi r^3(\rho_{sand} - \rho_{luft}) \cdot g \quad (1)$$

dvs.

$$v_{krit} \approx \sqrt{rg(\rho_{sand}/\rho_{luft} - 1)}, \quad (2)$$

hvor  $\rho_{sand}$  er sands massefylde og  $g$  er tyngdefeltstyrken.

Den statiske opdriftkraft er medtaget i regnestykket for at det også skal kunne dække fænomener, hvor det er strømmende vand, der løfter sedimentet op fra hav- og flodbunde, idet  $\rho_{vand}$  i modsætning til  $\rho_{luft}$  jo ikke er forsvindende i forhold til  $\rho_{sand}$ .

### Kommentar

Jeg har tidligere i en artikel i KVANT i marts 2008 om luftmodstand ved cykling strejft fænomenet, at krav om eksakthed i fysikundervisning undertiden kan risikere at være en udgave af "det bedste som det godes

værste fjende". Eller sagt på en anden måde: Fikseringen på eksakthed kan minde om Storm P. figuren, der leder efter det andetsteds tabte under gadelygten, fordi der dér er lys.

I artiklen om luftmodstand argumenterede jeg for, at den almindeligt dagligdags forekommende hastighedskvadratiske modstand ved store hastigheder og turbulent kølvand lader sig forstå ud fra en simpel dimensionsanalyse. Men i den matematisk fysiske undervisningstradition i hydrodynamik spærres der nærmest for denne forståelse. Hovedkonklusionen her er den eksakte, smukke og praktiske, at strømningsmønstrene i ligedannede geometrier, uanset hvad der strømmer, vil være ens, hvis Reynolds tallene er ens. Reynolds tallet bestemmer alt og dermed også den såkaldte modstandskoefficient, hvorfor luftmodstanden udover af en karakteristisk længde, en karakteristisk hastighed og luftens massefylde også må afhænge af luftens viskositet. Derfor er der en inputvariabel for meget til, at luftmodstanden kan fastlægges ved dimensionsanalyse ud fra en eksakt betragtning. Tages der imidlertid i stedet for dette eksakte matematisk fysiske udgangspunkt afsæt i fysisk snusfornuft, som gjort i artiklen i KVANT fra marts 2008, så ses grænserne for meget små Reynolds tal og meget store Reynolds tal at kunne undersøges ved hjælp af netop dimensionsanalyse.

Det typiske fravær af behandling i fysiklærebøgerne af den dagligdags forekommende hastighedskvadratiske luftmodstand (i modsætning til Stokes lov), tyder i dette tilfælde på en for indsnævrende binding til et matematisk fysisk paradigme for undervisningen. Situationen er måske tilsvarende til det beskrevne i en artikel, jeg engang læste i tidsskriftet *Technology and Culture* om udviklingen af turbineteknologien i USA i slutningen af 1800 tallet. Forfatteren undrede sig over, hvordan USA kunne være førende i forhold til Europa, når det på daværende tidspunkt var bagud, hvad angik universitetsmiljøer orienteret imod hydrodynamik. Og hvor svaret var, at netop dets ubundethed af et skolelæst universitetsparadigme var årsagen.

I artiklen i sidste nummer af KVANT om den hydrodynamiske tværkraft på bordtennisbolde i fart og med spin skitserede jeg noget af debatten om det betemmelige i at forklare hydrodynamiske tværkræfter på både bordtennisbolde og flyvemaskinevinger ved

hjælp af Bernoullis ligning. Det betimelige i at anvende Bernoullis ligning som gjort her ved vurdering af sandflugtsproblemet er formentlig endnu mere diskutabelt. Alligevel er ligning (2) som svar på opgaven næppe helt ved siden af. Den aerodynamiske opdriftskraft på et sandkorn er ikke umiddelbart – som modstandskræfter – relateret til gnidning og dermed luftens viskositet. Den er ifølge Newtons 2. og 3. lov lig med en nedadgående impulstilførsel per tidsenhed til luften. Opdriftskraften er dermed, udover af sandkornets lineære udstrækning og vindhastigheden, alene bestemt af luftens massefylde. Og så følger resultatet, som anvendelsen af Bernoullis ligning giver, at opdriftskraften er proportional med  $\rho v^2 r^2$ , alment af en dimensionsovervejelse.

Ved undervisning i hydrodynamiske tværkræfter er det måske ikke – som ved vurdering af modstandskræfter i højhastighedsgrænsen – blandingen fra det eksakte lys, der er det didaktiske hovedproblem, men nærmere det forhold, at der er rejst så megen (berettiget) tvivl om den eksakte brug af Bernoullis ligning, at fysikundervisere fristes til at holde sig borte fra emnet. Og det ville være ærgerligt. Netop fordi hydrodynamisk problemløsning typisk består i en pendulering imellem en eksakt matematisk side og en kvalitativ fysisk side er

hydrodynamiske problemer ofte godt øvelsesterræn for at uddanne sig til at blive fysiker.

### Breddeopgave 39. Telefonstrømme

Inden næste nummer af KVANT udkommer, kan læserne eventuelt overveje løsningen til denne opgave fra breddekurset på RUC (fra vintereksamen 1999, nr. 39 i rækken her i KVANT):

*Et harmonisk signal vil i en telefonledning forplante sig svarende til formlen:*

$$I(x, t) = I_0 e^{-\beta x} \cos(\omega t - \frac{\omega}{v} x) \quad (3)$$

*hvor  $\beta$  og  $v$  i almindelighed afhænger af signalfrekvensen  $\omega$ . I telefonledninger med forsvindende lækstrømme til omgivelserne og store selvinduktionskoefficienter afhænger  $\beta$  og  $v$  imidlertid kun af ledningens selvinduktionskoefficient pr. længdeenhed, ledningens modstand pr. længdeenhed og ledningens kapacitet pr. længdeenhed. Hvordan afhænger  $\beta$  og  $v$  i denne (forvrængningsfri) grænse af de nævnte størrelser? Begrund svaret.*

Løsning og kommentar bringes i næste nummer.

## Foreningsnyt – foredrag i efter året

| Dato        | Tid   | Foredragstitel                                       | Foredragsholder  | Forening |
|-------------|-------|------------------------------------------------------|------------------|----------|
| <b>Sep.</b> |       |                                                      |                  |          |
| 6/9         | 19.15 | Stjernedannelse med ALMA                             | Christian Brinch | AS (Kbh) |
| 13/9        | 19.00 | Stjernedannelse med ALMA                             | Christian Brinch | AS (Årh) |
| <b>Okt.</b> |       |                                                      |                  |          |
| 4/10        | 19.15 | Lys i mørket: Observationer af de yngste stjerner    | Jes Jørgensen    | AS (Kbh) |
| 11/10       | 19.00 | Lys i mørket: Observationer af de yngste stjerner    | Jes Jørgensen    | AS (Årh) |
| <b>Nov.</b> |       |                                                      |                  |          |
| 1/11        | 19.15 | Numeriske simulationer af stjerne- og planetdannelse | Åke Nordlund     | AS (Kbh) |
| 8/11        | 19.00 | Numeriske simulationer af stjerne- og planetdannelse | Åke Nordlund     | AS (Årh) |
| 22/11       | 19.15 | Formørkende exoplaneter og Kepler-missionen          | Lars Buchhave    | AS (Kbh) |
| 29/11       | 19.00 | Formørkende exoplaneter og Kepler-missionen          | Lars Buchhave    | AS (Årh) |
| <b>Dec.</b> |       |                                                      |                  |          |
| 6/12        | 19.15 | Hvordan opstår planeter?                             | Anders Johansen  | AS (Kbh) |
| 13/12       | 19.00 | Hvordan opstår planeter?                             | Anders Johansen  | AS (Årh) |

**AS (Kbh):** Astron. Selskab (København), Auditoriet, Juliane Maries Vej 30, 2100 København Ø ([www.astronomisk.dk](http://www.astronomisk.dk)).

**AS (Årh):** Astron. Selskab (Århus), Matematisk Inst., Aarhus Universitet, Ny Munkegade, Bygn. 1530, Aud. D2, 8000 Århus C.

### Astronomisk Selskab

Temaet for efterårets foredragsrække er *Dannelse af stjerner og planeter*. I rummet mellem stjernerne findes kæmpestore skyer af gas, hvoraf nye stjerner og planeter dannes. Det sker, når dele af skyen bliver så tæt, at den begynder at falde sammen under sin egen masse. Stjernen dannes i midten og planeterne opstår i en skive af gas og støv uden om stjernen. I grove træk kan man sige, at planetdannelse sker ved at støvkorn støder sammen og danner små faste klumper, kaldet planetesimaler. Nær en planetesimal er et par kilometer i diameter, vil tyngdekraften trække yderligere materiale til. Planeten vil vokse, så længe der er materiale i skiven omkring stjernen. Når stjernen i midten af skiven begynder at lyse, vil det gas og støv, som ikke har klumpet sig sammen

i skiven, blive blæst væk. Dermed stopper planetdannelsen. Hele processen forløber på under 100.000 år, og der er mange detaljer, som vi endnu ikke helt forstår.

Foredragsrækken vil belyse udfordringerne ved at observere stjerne- og planetdannelse der foregår skjult inden i de interstellare skyer, hvordan man kan observere planeter omkring andre stjerner og hvor langt vi er nået i vores teoretiske forståelse af hvilke fysiske processer der spiller hovedrollen under stjerne- og planetdannelse.

Foredragene afholdes i samarbejde mellem Astronomisk Selskab, Tycho Brahe Planetarium og Folkeuniversitetet. De er tilrettelagt af Anja Andersen, Chriottoffer Karoff, Frank Grundahl og Torben Arentoft.

# Om klimamodeller og satellitmålinger

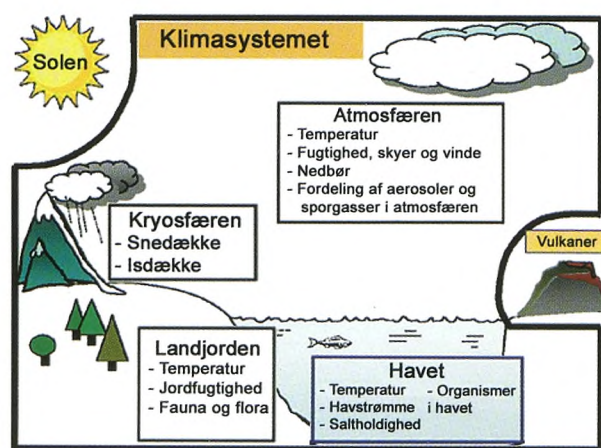
Af Jens Ulrik Andersen, Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet

I diskussionen om den menneskeskabte globale opvarmning spiller klimamodeller en central rolle. Set i lyset af de dramatiske naturlige klimavariationer, især ved afslutningen af sidste istid for ca. 12.000 år siden, men også i den senere vekslen mellem varme og kolde perioder, er den globale opvarmning på knap en grad i det sidste århundrede hverken usædvanlig eller foruroligende. Det er klimamodellernes sammenkædning af denne opvarmning med udledningen af drivhusgasser, især  $\text{CO}_2$ , og deres fremskrivning af opvarmningen i det kommende århundrede, der vækker bekymring. Det kan forudses at atmosfærens indhold af  $\text{CO}_2$  vil blive fordoblet, og FN's klimapanel, IPCC, angiver i den seneste vurdering (AR4 i 2007) omkring  $3^\circ\text{C}$  som det bedste bud på den medfølgende globale temperaturstigning.

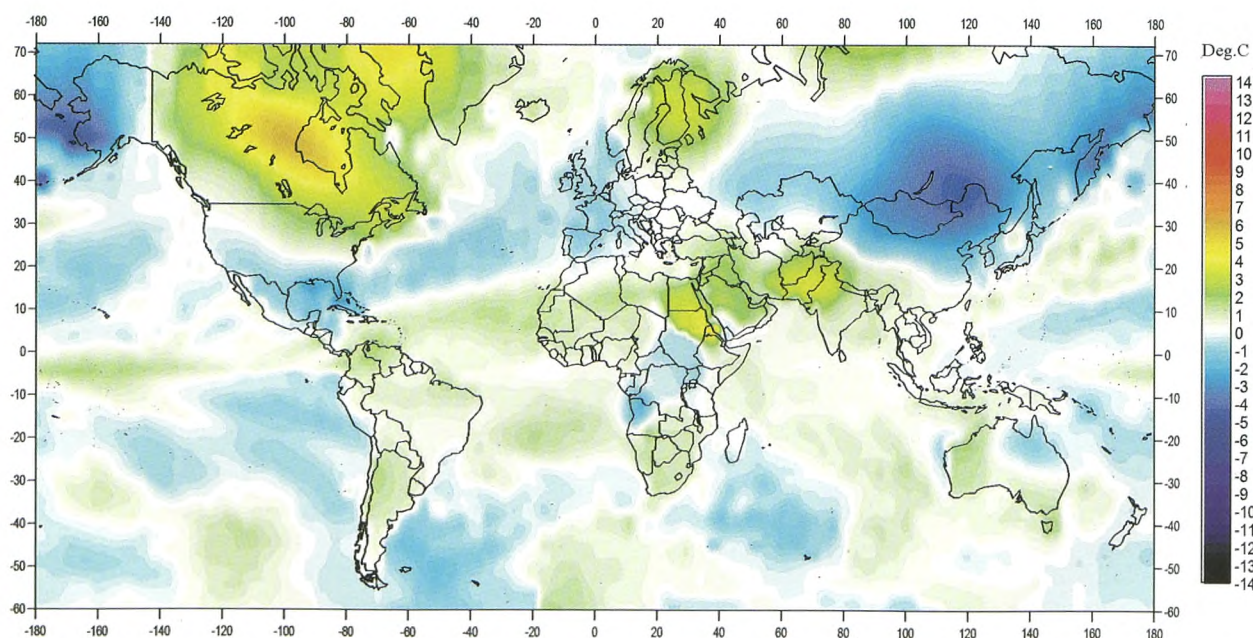
De mest ambitiøse klimamodeller er de globale cirkulationsmodeller, der forsøger at simulere dynamikken af Jordens atmosfære og indvirkningen af den forøgede koncentration af drivhusgasser. Dette er en formidabel udfordring. Klimaets dynamik er et kompliceret samspil mellem en række systemer, som illustreret i figur 1 [1].

Figur 2 viser satellitmålinger af atmosfærens temperatur tæt ved overfladen i marts 2010, plottet som anomalier, dvs. afvigelser fra gennemsnittet i årene 1998-2006 [2]. Som det fremgår af figuren, er disse anomalier op til adskillige grader og meget varierende geografisk. Det kan sammenlignes med størrelsen af de klimaændringer, som man forsøger at beregne. I perioden efter 1970, hvor man mener at den menneskeskabte udledning af drivhusgasser har haft en afgørende indflydelse på klimaet, er Jordens gennemsnitstemperatur kun steget med nogle få tiendedele grader. Det viser at man skal være meget forsigtig med at forbinde observerede

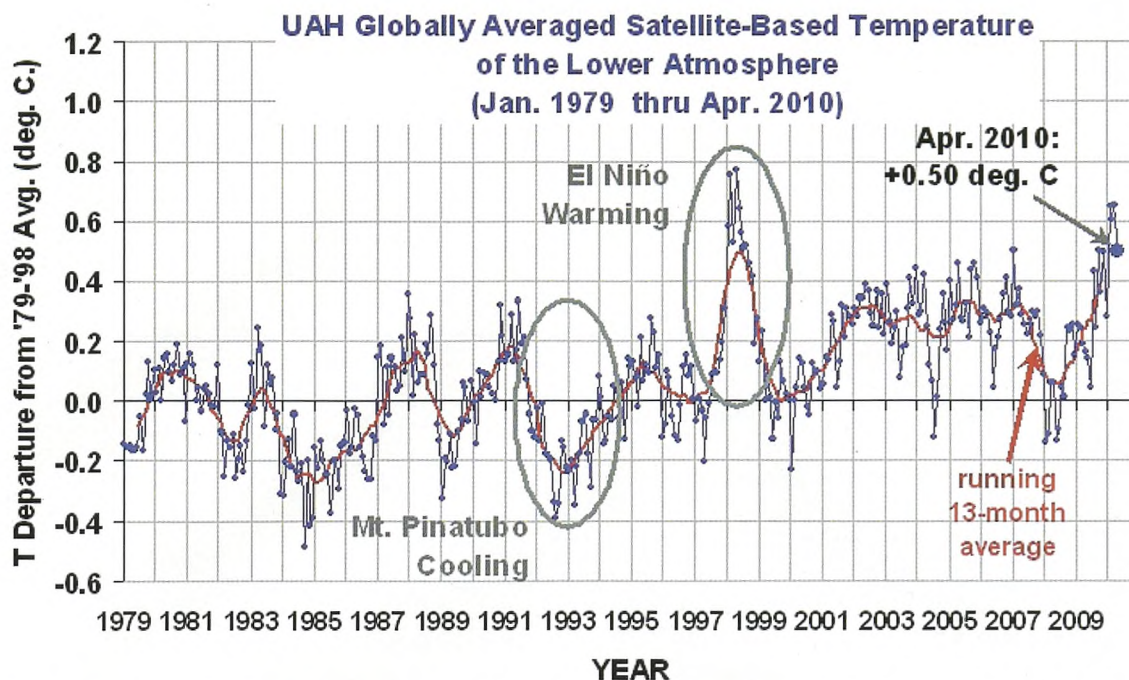
variationer i lokale temperaturer med ændringer i Jordens middeltemperatur.



Figur 1. Klimasystemet fra NRC-rapporten [1].



Figur 2. Illustration af afvigelserne i marts 2010 fra de lokale gennemsnitstemperaturer i marts måned 1998-2006.



Figur 3. Den globale middeltemperatur de sidste godt 30 år, bestemt ud fra intensiteten af mikrobølgestråling fra iltmolekyler i den nedre del af atmosfæren.

Det er også en stor udfordring at måle denne middeltemperatur med en nøjagtighed på en tiendedel grad. For målinger på landjorden er der især usikkerhed omkring indflydelsen af målestationernes placering. Mange målinger stammer fra lufthavne, hvor temperaturen er påvirket af asfaltering, biler, fly etc. Først efter 1979 har vi fået satellitmålinger, der giver en geografisk midling uden bias fra menneskelige aktiviteter. Et sæt målinger er vist i figur 3 [3]. Der har været en stigning på 0,3-0,4 grader med store udsving fra bl.a. et vulkanudbrud og fra El-Niño-fænomenet, en forskydning af varmt overfladevand i Stillehavet fra Asien mod Sydamerika. Dette forekommer ofte ved juletid og er derfor blevet opkaldt efter Jesusbarnet. Den modsatte forskydning, der giver et fald i middeltemperaturen, betegnes som La Niña. Tilsammen betegnes disse forskydninger som El Niño Southern Oscillations (ENSO), og de er ansvarlige for de fleste af de store oscillationer i figur 3 på en tidsskala af nogle få år [2].

Når man skal vurdere klimaets følsomhed over for en øget koncentration af drivhusgasser, kan man som alternativ til de komplicerede klimamodeller forsøge sig med en analyse af satellitmålinger, baseret på simple modeller. Et ledende princip er energibevarelse. Atmosfæren og Jordens overflade tilføres energi fra Solen og taber energi ved varmestråling til rummet. Lad os illustrere dette princip med en simpel model. Som fysikeren, der skulle beskrive en ko og som første skridt foreslog: "Lad os antage at koen er sfærisk symmetrisk", vil vi antage, at Jordens atmosfære kan karakteriseres med én temperatur,  $T$ , som vi kan identificere med middeltemperaturen,  $T \approx 288$  K (15 °C). Intensiteten af strålingen fra Solen er i Jordens afstand givet ved solarkonstanten,  $S=1,37$  kW/m<sup>2</sup>. Den totale effekt af den stråling, der rammer Jorden, finder

vi da som  $\pi R^2 S$ , hvor  $R$  er Jordens radius. For at finde middeleffekten per kvadratmeter af jordoverfladen må vi dividere med Jordens overfladeareal,  $4\pi R^2$ , og resultatet er  $S/4$ . En brøkdel  $a$  (Jordens middelalbædo,  $a \approx 0,30$ ) reflekteres tilbage til rummet. Den infrarøde udstråling fra Jorden til rummet er, ved temperaturen  $T$ , givet ved  $\epsilon \sigma T^4$ , hvor  $\sigma=5,67 \cdot 10^{-8}$  W/(m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>) er Stefan-Boltzmanns konstant, og  $\epsilon$  ( $<1$ ) er Jordens middelemisivitet, en parameter der angiver den infrarøde stråling fra Jorden i forhold til stråling fra et ideelt sort legeme med samme temperatur. Betingelsen for ligevægt er at  $Q$ , den samlede energioptagelse per arealenhed i Jordens overflade og i atmosfæren, er nul,

$$Q \equiv (1 - a)S/4 - \epsilon \sigma T^4 = 0. \quad (1)$$

Bemærk at de to led i ligningen refererer til indstråling og udstråling ved toppen af Jordens atmosfære, selv om vi skal benytte værdien af temperaturen ved jordoverfladen. For  $T=288$  K finder vi fra ligningen at  $\epsilon=0,62$ . Den infrarøde udstråling er reduceret med godt 100 W/m<sup>2</sup> til ca. 240 W/m<sup>2</sup>, og det er især på grund af absorption og refleksion i atmosfæren. De vigtigste bidrag kommer fra vanddamp og skyer og fra CO<sub>2</sub>. For en atmosfære i strålings- og konvektionsligevægt har man beregnet at absorptionen vil øges med 3,7 W/m<sup>2</sup> ved en fordobling af CO<sub>2</sub>-koncentrationen.

Hvis udstrålingen mindskes, f.eks. på grund af øget absorption i atmosfæren, må temperaturen øges for at genoprette balancen. For små ændringer,  $\Delta T$ , er ændringen i udstråling proportional med  $\Delta T$ ,

$$\Delta Q \cong -\lambda \Delta T. \quad (2)$$

Antager vi at  $a$  og  $\epsilon$  er uafhængige af  $T$ , finder vi ved differentiation af ligning (1) en værdi for konstanten  $\lambda$ ,

$$\lambda_0 = 4\epsilon \sigma T^3 = 3,3 \text{ W/(m}^2\text{K)}. \quad (3)$$

Ved en fordobling af  $\text{CO}_2$ -koncentrationen øges temperaturen da med

$$\Delta T_{2x} = \lambda_0^{-1} \cdot 3,7 \text{ W/m}^2 = 1,1 \text{ K}. \quad (4)$$

Den reciprokke værdi af  $\lambda$  betegnes som klimafølsomheden. Lidt forenklet kan man sige, at formålet med klimamodeller er at beregne denne følsomhed. Problemet er at det ikke nødvendigvis er en god approksimation at antage, at  $a$  og  $\varepsilon$  ikke afhænger af temperaturen. Ændringer af  $Q$  på grund af en temperaturfølsomhed af disse parametre betegnes som feedback. Det betegnes som positiv feedback hvis  $a$  eller  $\varepsilon$  aftager med stigende temperatur, så  $\lambda$  bliver mindre end  $\lambda_0$  og  $\Delta T_{2x}$  bliver større end værdien angivet i ligning (3). IPCC's skøn svarer således til at  $\lambda$  er reduceret med ca. en faktor 3 på grund af positiv feedback. Denne tilskrives især en forøget koncentration af vanddamp i atmosfæren ved højere temperaturer og en ændring i skydækket.

Indtil nu har vi kun set på ligevægtssituationer, hvor der er balance mellem indstråling og udstråling ved toppen af atmosfæren,  $Q = 0$ , og temperaturen er konstant. Vi skal nu udlede en ligning for den dynamiske situation, hvor temperaturen ændrer sig fordi  $Q$  er forskellig fra nul. Systemet er ude af ligevægt. En ændring,  $F(t)$ , af  $Q$ , som ikke skyldes en temperaturændring, betegnes som en 'climate forcing'. Et eksempel er den omtalte øgede absorption af den infrarøde stråling på grund af en ændret koncentration af drivhusgasser. Ved en opvarmning gemmes der energi, især i verdenshavene, og vi betegner Jordens gennemsnitlige varmekapacitet per kvadratmeter med  $C$ . For ændringen af Jordens middeltemperatur finder vi da ligningen

$$C \frac{d\Delta T(t)}{dt} = Q(t) = F(t) - \lambda \Delta T(t). \quad (5)$$

Hvis  $F(t)$  ændrer sig fra nul til en ny konstant værdi  $F$ , finder man fra ligningen, at temperaturændringen  $\Delta T(t)$  nærmer sig en konstant værdi givet ved den temperaturuafhængige løsning ( $Q = 0$ ),  $\Delta T = \lambda^{-1} F$ . Systemet stræber mod en ny ligevægt, som antaget i diskussionen ovenfor.

### En mere realistisk model

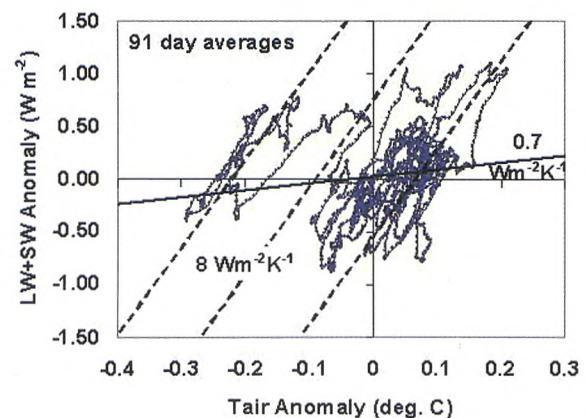
Lad os træde et skridt tilbage og se på hvad vi har gjort. Er beskrivelsen med en middeltemperatur og energibalance givet ved ligning (5) lige så urealistisk som fysikerens model af en sfærisk symmetrisk ko? Måske, men med nogle få ændringer af fortolkningen af størrelserne i ligningen kan vi gøre den mere realistisk. Da Jordens varmekapacitet er koncentreret i verdenshavene, erstatter vi middeltemperaturen over hele Jordens overflade med en middeltemperatur tæt ved havoverfladen. Hvis vi ganger ligningen med arealet af verdenshavene, omkring 71 % af Jordens overflade, udtrykker den bevarelse af den totale energi over havet. For de relativt hurtige temperaturændringer, vi skal diskutere i det følgende, svarer varmekapaciteten til de øverste måske 15-30 m af havet, som opblandes

hurtigt på grund af bølgerne, og vi antager at vandet er i temperaturligevægt med luften lige ovenover. Vi skal måske også ændre lidt på nogle af konstanterne givet ovenfor, f.eks. middeffekten af solstrålingen,  $S/4$ , men det er af mindre betydning.

Vi må derimod se kritisk på fortolkningen af  $F(t)$  i ligningen. Det er for snævert at betragte ændringer af strålingsbalancen som eneste årsag til variationer i temperaturen nær overfladen. Der kan være variationer i udveksling af energi med den højere del af atmosfæren, f.eks. gennem fordampning og konvektion og ved nedbør, og havstrømme kan bringe koldere eller varmere vand op til overfladen. Derimod kan vi se bort fra laterale strømninger af luft og vand, som kun ændrer den lokale temperatur og ikke middelværdien. Energiudveksling med atmosfæren over land spiller også kun en meget lille rolle. I det følgende vil vi skelne mellem to typer bidrag til  $F(t)$ , strålings- og ikke-strålings-perturbationer

### Analyse af satellitdata

Den amerikanske forsker Roy Spencer har forsøgt at vurdere klimafølsomheden gennem en analyse af satellitdata baseret på ligning (5) med denne ændrede fortolkning. Roy Spencer har tidligere været ansat ved NASA og har et indgående kendskab til satellitmålinger. Sammen med John Christy, ved University of Alabama, Huntsville (UAH), er han ansvarlig for beregningen af de globale temperaturer vist i figur 3.



**Figur 4.** Sammenhørende målinger af lufttemperaturen tæt ved havoverfladen og strålingsubalancen ved toppen af atmosfæren i en periode fra marts 2000 til slutningen af august 2007 [3,4].

Figur 4 viser sammenhørende målinger af lufttemperaturen tæt ved havoverfladen og strålingsubalancen ved toppen af atmosfæren i en periode fra marts 2000 til slutningen af august 2007 [3,4]. Lufttemperaturen over oceanerne er målt med en NOAA-satellit, og strålingsubalancen er beregnet som udgående minus indkommende stråling (dvs.  $-Q$ ) på basis af målinger af fluxen af både den langbølgede (LW) og den kortbølgede (SW) stråling med CERES-instrumentet på NASAs Terra-satellit. For at fjerne de hurtigste fluktuationer er målingerne midlet over 91 dage, men punkterne er plottet for hver dag for at illustrere tidsforløbet,

dvs. banen i det todimensionale rum. Denne type plots er velkendt i fysikken, f.eks. faserumsbanen for en endimensionel harmonisk oscillator,  $(x(t), p(t))$ , der med passende enheder på akserne bliver en cirkel svarende til bevarelse af energien,

$$E = \frac{p^2}{2m} + \frac{1}{2}kx^2. \quad (6)$$

Fortolkningen er som sagt baseret på ligning (5). Spencer fremhæver at man må skelne mellem de to typer perturbationer,  $F(t)$ , strålings- og ikke-strålingsfluktuationer. De simpleste er de sidste. I dette tilfælde måler CERES-instrumentet ændringen i det sidste led i ligning (5), dvs. ændringen i strålingsbalancen på grund af den ændrede temperatur. Årsagssammenhængen mellem  $x$ - og  $y$ -koordinaterne i plottet er da simpel: Ændringerne i  $x$  er årsag til ændringerne i  $y$ . Man vil forvente at plottet bliver en ret linje med hældning  $\lambda$ . Især til venstre i figuren er der sådanne retlinede variationer med omtrent samme hældning, angivet ved de indtegnede stiplede linjer. Spencer kalder disse dele af plottet 'striations', hvilket vi kan oversætte til striber.

Hvis perturbationen,  $F(t)$ , derimod er en ændring i strålingsbalancen er den inkluderet i CERES-instrumentets måling. Ændringer i  $y$ -koordinaten i figur 4 er da en blanding af årsagen til ændringer i  $x$ -koordinaten og virkningen af disse ændringer! Det gør det vanskeligt at uddrage information om parameteren  $\lambda$  fra målingerne. Vi kan få en forestilling om, hvordan mønsteret vil se ud, ved at betragte en harmonisk perturbation,  $F(t) \propto \sin(\omega t + \delta)$ . Alle leddene i ligning (5) vil da variere harmonisk med samme frekvens,  $\omega$ , men med forskellig fase. Differentiationen af  $\Delta T$  på venstre side af ligningen medfører<sup>1</sup> at højre side (CERES-signalet) er faseforskydet med  $\pi/2$  i forhold til  $\Delta T$ . Som for den endimensionale harmoniske oscillator diskuteret ovenfor bliver plottet af sammenhængen mellem strålings- og temperatur-anomalierne derfor en cirkel ved passende valg af enheder på de to akser.

Spencer observerede i nogle situationer tilsvarende mønstre, som han kalder løkker ('loops'). Et eksempel er for perioden 2007-8, hvor der som vist i figur 3 var et betydeligt dyk i den globale temperatur. Et plot analogt til figur 4 er vist i figur 5, hvor løkken i perioden med afkøling, reduceret udstråling og påfølgende opvarmning er indcirklet. Oftest er der en blanding af striber og løkker, og Spencer fremhæver at man må fokusere på striberne for at bestemme konstanten  $\lambda$ . De stiplede linjer i figur 4 svarer til en meget stor værdi,  $\lambda \approx 8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , og en tilsvarende lille klimafølsomhed. I de fleste analyser finder han en lidt mindre værdi,  $\lambda \approx 6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , der er hældningen af den stiplede linje indtegnet i figur 5. Denne værdi er stadig næsten dobbelt så stor som  $\lambda_0$  og svarer til kraftig negativ feedback.

Kan vi også forstå forskydningen af mønstrene langs  $x$ -aksen? Lad os igen bruge ligning (5), nu med en 'forcing', der er lineær i tiden  $t$ ,  $F(t) = \beta t$ . Den kan

f.eks. hidrøre fra en langsom ændring af skydækket [2]. Det ses let at ligningen da har en lineær løsning,  $\Delta T(t) = \lambda^{-1}\beta(t - \tau)$ , hvor forsinkelsen  $\tau = \lambda^{-1}C$  er 4-8 mdr. for en varmekapacitet svarende til 15-30 m vand. Strålingsubalancen er da konstant,  $Q = \beta\tau$ . En langsom ændring af ind- eller udstrålingen vil således give en vandret drift af punkterne i figurene 4 og 5. Det skal bemærkes, at den absolutte nøjagtighed af CERES-målingerne næppe er tilstrækkelig til at bestemme en lille konstant afvigelse af  $Q$  fra nul.

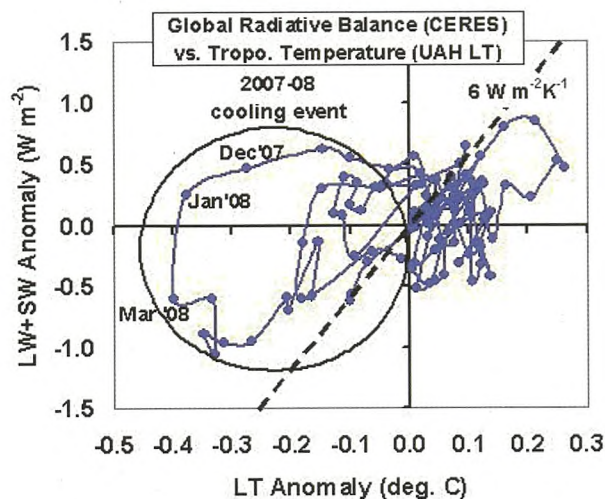


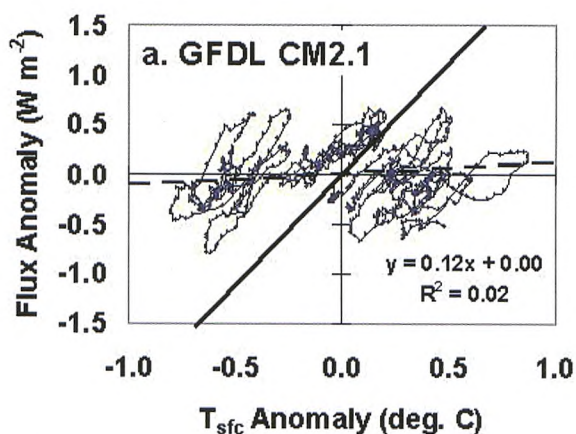
Figure 5. Tilsvarende diagram som figur 4. Perioden med afkøling, reduceret udstråling og påfølgende opvarmning danner en løkke som er markeret med en cirkel.

Den fuldt optrukne linje i figur 4 antyder resultatet af en naiv analyse, der fortolker hele CERES-signalet som resultatet af temperaturændringer, dvs. overser sammenblandingen af årsag og virkning i CERES-signalet for temperaturfluktuationer, der skyldes ændringer i strålingsbalancen. Denne fortolkning giver en meget lille hældning og stor klimafølsomhed. Tilsvarende vil et lineært fit til alle punkterne i figur 5 give en meget lille hældning. Spencer hævder, at denne type fejlanalyse har bidraget til den almindelige forestilling om stærk, positiv feedback i klimasystemet. Specielt for bidraget fra skyerne virker dette urimeligt. Mere varme leder til mere fordampning og mulighed for dannelse af flere skyer ved fortætning af vanddampen. De globale cirkulationsmodeller forudsiger et meget varmere klima i år 2100 med meget få skyer [5].

Spencers analyser giver en meget mindre klimafølsomhed end angivet af IPCC. Det kan indvendes at analysen kun medtager feedback-processer på kort tidsskala, dvs. op til nogle få år. Der findes naturligvis vigtige mekanismer på meget længere tidsskala, såsom ændring af albedoen ved opbygning eller afsmeltning af iskapper i begyndelsen og afslutningen af istider. Men de vigtigste feedback-mekanismer for klimaudviklingen over årtier, især den hydrologiske cyklus med fordampning og fortætning af vand, skydannelse og nedbør, opererer på ganske kort tidsskala. Spencer har undersøgt dette spørgsmål gennem en analyse af plots

<sup>1</sup>Dette kan ses ud fra relationen  $\frac{d \sin(x)}{dx} = \cos(x) = \sin(x + \pi/2)$ .

svarende til figur 4 og 5 for beregninger med globale cirkulationsmodeller. I mange tilfælde finder han også her striber med en fælles hældning i mønstrene. Et eksempel er vist i figur 6. Hældningen af den kraftige skrå linje angiver  $\lambda$ -parameteren svarende til den kendte langtidssfølsomhed af klimaet i modellen, og den ses at passe nogenlunde med stribernes hældning. Overskriften i figuren specificerer den anvendte cirkulationsmodel, og nederst til højre er angivet en formel for det stiplede lineære fit. Inden for usikkerheden er hældningen nul. Dette eksempel kunne tyde på at den lave klimafølsomhed fundet i Spencers analyse af satellitdata også gælder på meget længere tidsskala, men Spencer advarer dog om at sammenhængen i den virkelige verden mellem klimafølsomheden på lang og på kort tidsskala er usikker.



**Figur 6.** Tilsvarende diagram som figur 4 og 5, men baseret på resultater af beregninger med en global cirkulationsmodel.

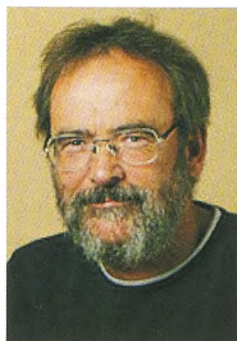
Resultatet fra analysen af CERES-målinger,  $\lambda \approx 6$  W/(m<sup>2</sup>K), understøttes af en tidligere analyse af korrelationen mellem temperatursvingninger i det tropiske hav og strålingsbudgettet [6]. En mulig mekanisme er foreslået af Richard Lindzen, MIT, USA, der er kendt som skeptiker over for klimatiske katastrofescenarier. Han foreslog i 2001 at Jorden kunne have en adaptiv infrarød linse, der stabiliserer temperaturen [7]. Gennem en analyse af skyer over det tropiske hav fandt han at udstrækningen af de høje, tynde skyer var mindre ved højere temperaturer af havoverfladen. Da de høje, tynde skyer holder på varmen, modvirker denne effekt en temperaturændring. Den giver negativ feedback, som forøger størrelsen af  $\lambda$  og reducerer klimafølsomheden. Sådanne studier af klimaforholdene over det tropiske hav er af stor betydning for vor forståelse af Jordens klima. Ikke alene dækker dette hav en betydelig del af Jordens overflade, det modtager desuden en meget stor del af den indstrålede solenergi, og det tropiske hav er en motor for klodens vejrsystemer.

Jeg har stor sympati over for disse forsøg på at bestemme klimafølsomheden direkte fra observationer

ved sammenligning med simple modeller. De globale cirkulationsmodeller er meget usikre, og deres kompleksitet gør det svært at gennemskue hvilke antagelser, de bygger på. Det hævdes ofte at modellerne beregner klimafølsomheden ud fra basale fysiske love og sammenhænge, men i realiteten er følsomheden bestemt af parametre valgt af programmøren, især for temperaturafhængigheden af luftfugtigheden og af skydækket. Desuden inkluderes i beregningerne et stort og meget usikkert bidrag til 'climate forcing' fra partikler i atmosfæren. Det justeres så udviklingen af den globale temperatur gennem det sidste århundrede bliver nogenlunde reproduceret. Et berømt citat fra den fremragende ungarsk-amerikanske matematiker von Neumann lyder: "Giv mig fire parametre, og jeg kan fitte en elefant; giv mig fem, og jeg kan få den til at svinge med snablen" [8]. Jeg har omtrent samme tillid til fremtidsprojektioner fra disse klimamodeller som til de økonomiske modeller, der fejlede så katastrofalt under den seneste finansielle krise.

### Litteratur

- [1] National Research Council, "NRC-rapport", 2005: "Radiative forcing of climate change: Expanding the concept and addressing uncertainties". Diskuteret på [pielkeclimatesci.wordpress.com](http://pielkeclimatesci.wordpress.com) 28. april 2010.
- [2] [www.climate4you.com](http://www.climate4you.com)
- [3] [www.drroyspencer.com](http://www.drroyspencer.com)
- [4] R.W. Spencer (2010), *J. Geophys. Res.* in print. En kort gennemgang af Spencers analyse af figurene 4-6 kan findes i hans protest til det amerikanske miljøagentur (EPA) i forbindelse med, at CO<sub>2</sub> for nylig blev klassificeret som en forurenende gas [3]. Det gør det muligt for regeringen at indføre restriktioner af udledningen uden yderligere lovgivning.
- [5] K.E. Trenberth og J.T. Fasullo (2009), *Geophys. Res. Lett.* **36**, L07707.
- [6] R.W. Spencer, W.D. Braswell, J.R. Christy og J. Hnilo (2007), *Geophys. Res. Lett.* **34**, L15707.
- [7] R.S. Lindzen, M.-D. Chou og A.Y. Hou (2001), *Bull. Am. Meteorol. Soc.* **82**, 417.
- [8] Ifølge den israelske fysiker Nir Shaviv blev historien fortalt af Enrico Fermi til Freeman Dyson. ([www.sciencebits.com/FittingElephants](http://www.sciencebits.com/FittingElephants)).



Jens Ulrik Andersen er professor i fysik ved Aarhus Universitet. Han var i perioden 1994-2005 centerleder for Aarhus Center for Atomfysik, finansieret af Danmarks Grundforskningsfond. Har i de senere år bl.a. studeret udsendelse af varmestråling fra højt exciterede atomare klynger og store molekyler, både teoretisk og gennem eksperimenter ved en elektrostatiske lagring.

# Nybyggeri på naturvidenskab i København

Af Michael Cramer Andersen

Flere store nybyggerier på Københavns Universitet er ved at blive forberedt. Det Naturvidenskabelige Fakultet planlægger at bygge nye faciliteter til forskning og undervisning i de fysiske, kemiske og matematiske fag samt datalogi og didaktik. Nybyggeriet, som får navnet *Niels Bohr Science Park*, skal være et arkitektonisk visionært og bæredygtigt byggeri der, bl.a. med inspiration fra det kreative forskermiljø Niels Bohr skabte i 1920'erne, skal skabe inspirerende rammer for et boblende intellektuelt klima, der opmuntrer til nytænkning og nye samarbejder. En samling af Statens Naturhistoriske Museum i Botanisk Have er også under forberedelse. Vi skal her se på baggrunden for de nye byggerier og hvilke konsekvenser byggeplanerne har for de eksisterende institutter.

## Behov for nye bygninger til naturvidenskab

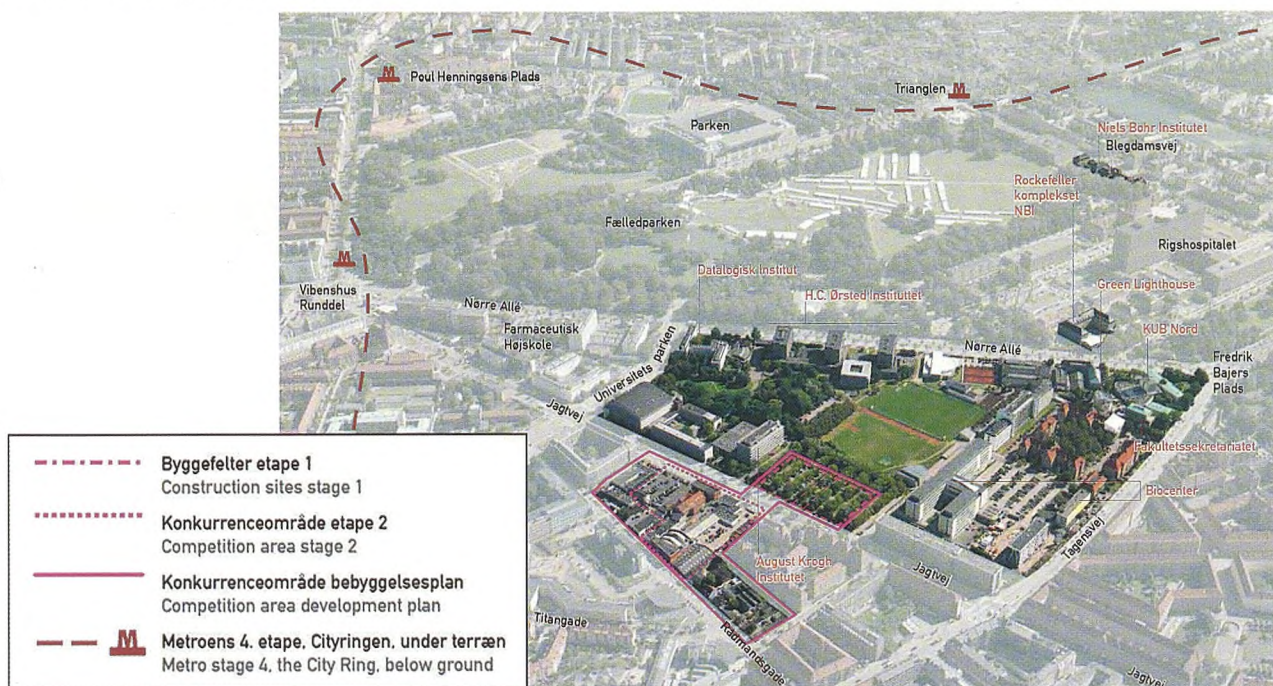
Vinderen af arkitektkonkurrencen til "Niels Bohr Science Park" – et byggeri på 45.000 m<sup>2</sup> til flere hundrede mio. kr. – offentliggøres den 30. juni. Hvad er motivationen for dette byggeri? Hvis Det Naturvidenskabelige Fakultet ved Københavns Universitet skal leve op til regeringens målsætning om forskning og uddannelse i international verdensklasse, skal laboratoriefaciliteter og infrastrukturen løftes ganske betydeligt. Det forklarer dekan Nils O. Andersen på en video på fakultetets hjemmeside [1], "Hvis vi skal udnytte det potentiale, der ligger på fakultetet, så kræver det, at vi får samlet naturfagene i nabobygninger, sådan at man kan gå ind og ud hos hinanden. Det kræver også, at de bygninger vi samler dem i lever op til vores krav. Det gør de langt fra i øjeblikket. Hovedparten af infrastrukturen er fra 1950'erne, 1960'erne og 1970'erne. Når vores medarbejdere søger midler fra EU, vurderer man personen og projektet. Men man vurderer også om det sted hvor projektet skal foregå, er fuldt konkurrencedygtigt. Og der taber vi altså på den tredje pind, selv om vi har

supergode forskere med supergode projekter, hvis ikke vi bringer dette her i orden".

Folketinget har vedtaget at forbedre laboratoriebygningerne på universiteterne. På Københavns Universitet giver staten 2,5 mia. og universitetet betaler selv 800 mio. kr. til nybyggeri og modernisering af eksisterende bygninger på de fire områder SCIENCE, SUND, FARMA og LIFE [2].

## Niels Bohr Science Park

På naturvidenskab er planen, at bygge en ny "Niels Bohr Science Park" på begge sider af Jagtvej (se figur 1), som bl.a. opfylder de fremtidige krav til laboratorier. Eksperimentel atomfysik stiller f.eks. store krav til køling, luftudsugning og sikring mod vibrationer mv. Bygningerne skal ikke adskille fagområderne i siloer men fremme forskning på tværs af fagene, hvor mange store nybrud ofte sker. Universitetet er vært for skiftende forskningsprojekter, hvoraf mange kører 5-10 år, hvorefter nye projekter startes op. Derfor skal bygningerne have stor fleksibilitet.



**Figur 1.** Luftfoto over Universitetsparken i Nørre Campus. Byggefelterne er markeret med violette streger. Få år efter at byggeriet står færdigt (2015), åbner Metro Cityringen (2018), der vil omkranse universitetet. Illustrationen fra konkurrenceprogrammet [3].

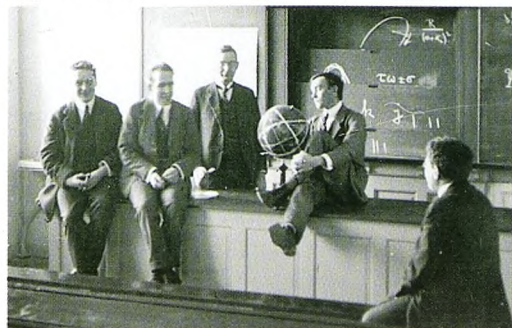
## Arkitektkonkurrence for Niels Bohr Science Park

Efter et større kortlægningsarbejde i efteråret 2009, har forskellige brugergrupper formuleret krav og ønsker. I februar 2010 blev der udskrevet en arkitektkonkurrence med afslutning 17. maj. Byggeriet stiller meget store krav og ud af de oprindelige 23 arkitektfirmaer som bød ind – heraf 16 udenlandske – kom kun fem med i slutspurten [4]. Dommerpanelet holder kortene tæt til kroppen indtil 30. juni, hvor det bliver offentliggjort, hvem der skal udforme de nye faciliteter, og hvordan vinderprojektet ser ud.

Bygningerne ejes af staten. Universitets- og Bygningsstyrelsen (UBST) er bygherre på projektet, der skal opfylde ønsker fra brugerne, dvs. for de 3-4.000 studerende, 800 undervisningsaktive forskere, 260 ph.d.-studerende samt 200 tekniske og administrative medarbejdere. I konkurrenceprogrammet [3], kan man læse om de centrale “design-drivere”, dvs. de ønsker, der bliver lagt vægt på, at arkitekterne indfrier:

- Basiskrav: Økonomi, Tid samt Energi og bæredygtighed
- Funktionalitet i forhold til: Studerende og forskere, Fleksibilitet samt Fagligt synergier
- Udtryk: Et naturvidenskabeligt vartegn samt Åbenhed overfor omverdenen.

Nybyggeriet skal være et arkitektonisk visionært og bæredygtigt byggeri. Det styrende princip i de nye bygninger skal være “det grænseløse fællesskab”. Med inspiration fra det kreative forskermiljø Niels Bohr skabte i 1920’erne, skal der skabes “inspirerende rammer for en yderst kreativ atmosfære og et boblende intellektuelt klima, der opmuntrer til nytænkning og nye samarbejder” [3].



**Figur 2.** Arbejdssællesskabet omkring Niels Bohr var stærkt både fagligt og socialt. Billedtekst og foto fra konkurrenceprogrammet [3] udlånt af Niels Bohr Arkivet.

Der er for nylig nedsat 6 brugergrupper, der skal sikre den fortsatte inddragelse af brugerbetragtninger og hensyn ved bl.a. at kommentere indretningsforslag fra rådgiverne, og besvare spørgsmål. Brugergrupperne er nedsat indenfor områderne: Forskning, Uddannelse og undervisning, Administration, Fællesområder inkl. studiemiljø, Drift-sikring-IT og Udearealer.

### Fortætning af institutter

Da Københavns Universitet skal medfinansiere byggeriet af NBSP, og huslejen allerede er større end universitetet har råd til, skal universitetet frem mod år 2013

spare ca. 100 mio. kr. ved at flere institutter og museer rykker tættere sammen [5]. De ansatte må altså se et par år i møde med flytninger og ombygninger, før den egentlige byggefase begynder (2013-15). Hensigten er dog, at både forsknings- og studiemiljøerne forbedres betydeligt. På Det Naturvidenskabelige Fakultet skal der allerede inden udgangen af 2013 reduceres ca. 15 % af de knap 118.000 m<sup>2</sup>, svarende til ca. 17.000 m<sup>2</sup>.

På H.C. Ørsted Institutet effektiviseres kontorer og laboratorier i kemifløjnen, så der bliver plads til medarbejderne på Datalogisk Institut, DIKU, som rømmes. Receptionen, kantinen og spise-/studiepladser i Vandrehallen opgraderes. Centralværkstedet er flyttet til Rockefeller-komplekset, hvor alle fakultetets værkstedsfunktioner samles. På Institut for Matematiske Fag flyttes biblioteket og studiemiljøet opgraderes.

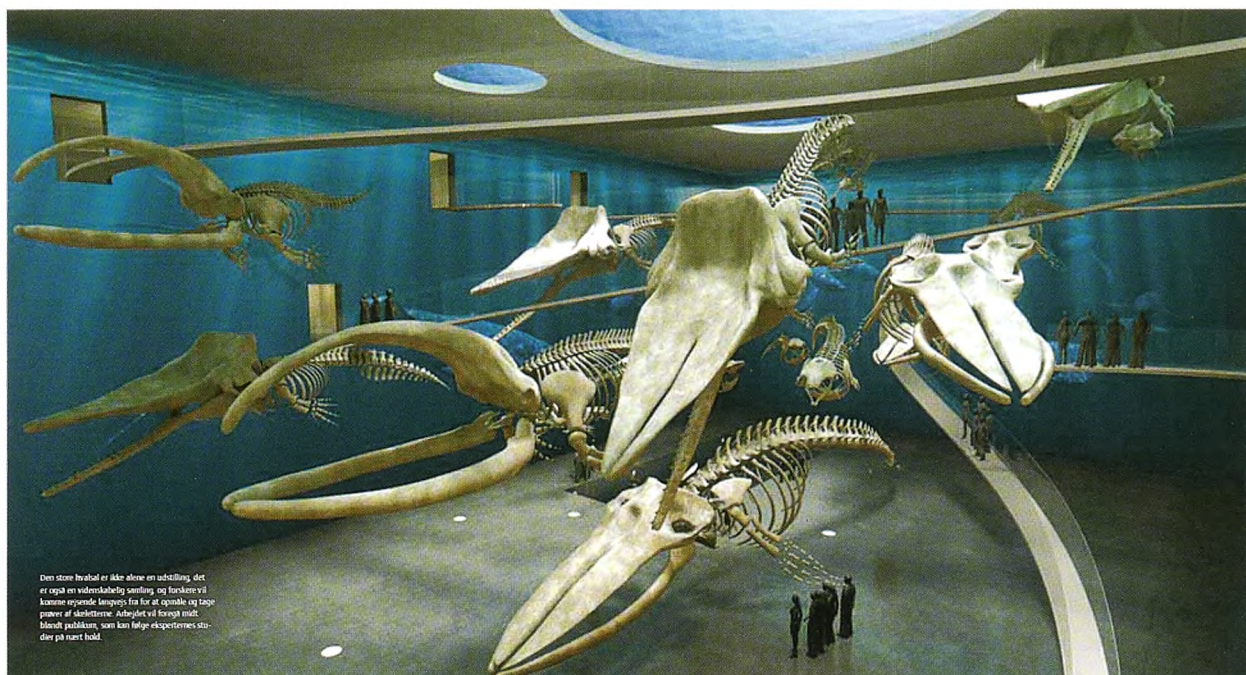
Det er planen, at Niels Bohr Internationale Akademi (NBIA) efter 2015 overtager ansvaret for bygningerne på Blegdamsvej 15-17, hvor der også i fremtiden vil findes et aktivt forskningsmiljø. Der vil ikke være bestemte grupper, som på forhånd er udset til at arbejde på NBIA, men en løbende udskiftning af både NBI-medarbejdere og internationale gæstprofessorer, postdoc’er og ph.d.-studerende afstemt efter forslag og ressourcer. Blegdamsvej 19-21 vil som udgangspunkt blive givet tilbage til UBST ligesom andre rømmede bygninger, f.eks. Rockefeller-komplekset. DTU Space planlægger at flytte til Lundtofte om et par år.

### Nyt samlet naturhistorisk museum

Statens Naturhistoriske Museum (SNM) har siden 2004 været fællesbetegnelsen for fakultetets fire museer: Geologisk Museum, Zoologisk Museum, Botanisk Museum og Botanisk Have. Planen er også at samle museerne fysisk i eksisterende og nye bygninger i Botanisk Have. Først skal alle genstande fra Zoologisk Museum, som rømmes helt, flyttes til bygninger omkring Botanisk Have samt et nyindrettet fjernlager.

Der har været en indledende åben idékonkurrence i efteråret 2009, hvor alle kunne byde ind med visioner uanset baggrund. Der kom 120 fantasifulde forslag og konkurrencen blev vundet af den unge arkitekt Claus H. Pryds [6]. I hans forslag er dele af bygningen under jorden og fra taget kan man dels kigge ned på samlingerne og ud på den botaniske have. I øjeblikket er der ved at blive fundet eksterne midler og derefter skal den endelig arkitektkonkurrence udskrives, omkring nytår. De to præmierede forslag fra idékonkurrencen har vist, at det er muligt at bygge nyt omkring Botanisk Have uden at ødelægge havens særlige atmosfære.

Der bliver store muligheder for at lave tematiske udstillinger, der kombinerer de over 12 millioner planter, mineraler, dyr og andre genstande i SNMs samlinger. Der er bl.a. planer om at indrette en Grønlandssal og en Hvalsal. Museets ambition er, at tilbyde et sted hvor både børn og voksne nysgerrighed bliver pirret og hvor man kan blive overvældet af det kæmpestore og lillebitte, det skønne og det grimme og gå på opdagelse i det let tilgængelige og det krævende. Læs mere i visionskataloget [7].



**Figur 3.** Museets mange hvalskeletter kan samles i en stor hvalsal, som også bliver en videnskabelig samling, hvor forskere fra hele verden kan komme og opmåle og tage prøver af skeletterne. En af ambitionerne i det nye museum er at give publikum et større indblik i forskernes arbejde. Illustrationen, der viser en 3D-grafik af Søren Buus, er fra SNMs visionskatalog for udstillingerne i det nye museum [7].

#### MULIGHEDSKORT



**Figur 4.** Kort over mulighederne for byggeri i Botanisk Have (<http://nyt.snm.ku.dk/presse/billedarkiv>).

Takket være en donation på 17 mio. kr. fra A.P. Møller og Hustru Christine Mc-Kinney Møllers Fond til almene Formaal, renoveres Botanisk Have og området omkring Observatorie-bygningen på Østervold indtages, så der lægges adskillige kvadratmeter til haven og museet. En af idéerne er, at indrette en videnskabs-historisk udstilling f.eks. med betydningsfulde natur-forskere fra Københavns Universitet, i Observatoriet. Den gamle dobbeltrefraktor står stadig under kuplen, hvor den vil kunne indgå i en astronomisk udstilling. Nogle af de øvrige instrumenter, som har været anvendt på observatoriet, er i dag udstillet på Steno Museet i Århus og på Kroppedal Museum i Vridsløse (det tidligere Ole Rømer Museum).

#### Litteratur

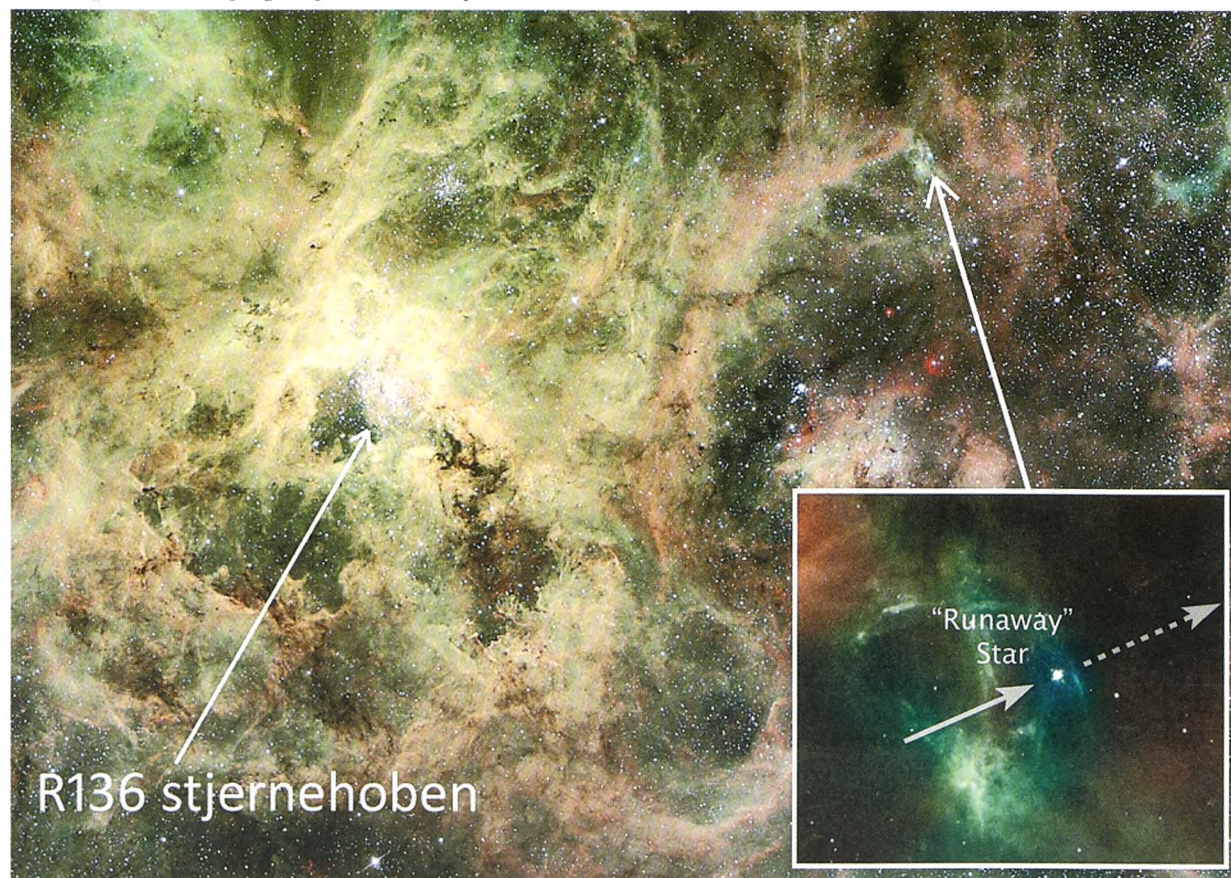
- [1] Film og nyheder om nybyggeriet *Niels Bohr Science Park*, <http://noerrecampus.ku.dk/nbsp/film>
- [2] Hjemmeside for Københavns Universitets campusområder, <http://campus.ku.dk>
- [3] Konkurrenceprogram for arkitektkonkurrencen (96 sider), <http://noerrecampus.ku.dk/nbsp/konkurrencefasen/Konkurrenceprogram.pdf>
- [4] Pressemeldelse 11. februar 2010, <http://www.ubst.dk/nyheder/-konkurrence-om-niels-bohr-science-park-skudt-i-gang>
- [5] Hjemmeside for Nørre Campus (bl.a. "Flytninger på SCIENCE"), <http://noerrecampus.ku.dk>
- [6] Pressemeldelse 5. november 2009, <http://nyt.snm.ku.dk/presse/pressemeldelser>
- [7] "Udstillingerne på det nye Statens Naturhistoriske Museum", <http://nyt.snm.ku.dk/idekonkurrence>

## En stjerne løber hjemmefra

Astronomer har afsløret en tung stjerne, der er blevet slynget ud fra sit fødested. Den udslyngede stjerne bevæger sig med en hastighed på mere end 400.000 km/t, hvilket svarer til, at en tur til Månen ville tage knap én time. Stjernen er formentligt allerede 375 lysår fra sit oprindelsessted R136, der er en stjerne-hob af massive stjerner i udkanten af 30 Doradus-tågen. Denne tåge er et spændende område med mange fødsler af massive stjerner.

Den udslyngede blåhvide stjerne blev opdaget med det engelsk-australske teleskop ved Siding Spring Observatory.

Hubble rumteleskopet og ESO's Very Large Telescope i Chile har studeret stjernen mere detaljeret, og de har kunnet fastslå stjernens hastighed og dens vægt på omkring 90 gange Solens masse. Astronomerne mener, at det er mest sandsynligt, at stjernen er slynget ud af hoben via tyngdepåvirkningen fra tungere søskendestjerner i R136, der har en masse på omkring 100 solmasser. Observationerne af den udslyngede stjerne giver forskerne indsigt i hvilke dynamiske forhold, der er i en stjerne-hob som R136.



Den udslyngede stjerne og stjerne-hoben R136 ligger i Tarantel-tågen – også kendt som 30 Doradus-tågen, der befinder sig 170.000 lysår fra Jorden. Det gigantiske område af glødende gasser er observeret i nærheden af den Store Magellanske sky. Det smukke show af glødende gasser skabes ved påvirkning af det energirige stråling fra de varme stjerner. ESA/NASA.