

KVANT

Oktober
2012

3

Tidsskrift for Fysik og Astronomi 23. årgang

- 
- FYSIK ER GRATIS
 - PLANETARISKE TÅGER
 - ESO OG DANSK ASTRONOMI I 50 ÅR
 - STABILITET I 3-LEGEME PROBLEMET
 - HVOR KOMMER STJERNESTØVET FRA?
 - PLANCK-MISSIONENS ENORME SKATTEKISTE
 - LOGICOMIX – ELLER JAGTEN PÅ SANDHED
 - ØRSTED MEDALJEN TIL UNDERVISERE
 - SIRIUS OBSERVATORIET I VEJLE
 - RED SPRITES OVER DANMARK
 - KVANT-NYHEDER

Løssalgsspris: 50 kr

KVANT

Tidsskrift for Fysik og Astronomi

c/o Niels Bohr Institutet

Universitetsparken 5

DK-2100 København Ø

Hjemmeside : www.kvant.dk

E-mail : kvant@kvant.dk

Udgives af

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

Redaktion

Michael Cramer Andersen (ansv. red.),
Christianshavns Gymnasium

Natalia Golubeva,

Aarhus Universitet

Mogens Esrom Larsen,

Institut for Matematiske Fag, KU

Steen Lærke (astro@kvant.dk),

Astronomisk Selskab

Sven Munk (nyhedsredaktør)

Jens Olaf Pepke Pedersen,

DTU Space

Finn Berg Rasmussen,

Ørsted Lab, Københavns Universitet

Svend Erik Rugh

Korrektur

Torben Westerberg

Foreningsrepræsentanter

Torben Lund Skovhus (SNU),

Teknologisk Institut

Abonnementspris : 180 kr/år.

Kvant udkommer 4 gange årligt og er medlemsblad for de udgivende selskaber.

Henvendelser vedr. abonnement til forretningsfører Lene Körner tlf. 35 32 07 62 (koerner@kvant.dk).

Annoncepriser

1/1 side: 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: 4500. Tryk: HCB Tryk ApS, Brønderslev. ISSN 0905-8893

Produktionsplan

Nr. 4-12 udkommer ca. 15. december

Nr. 1-13 udkommer ca. 15. marts

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

Indhold:

Velkommen til Kvant!

KVANT-redaktionen og foreningerne bag KVANT 3

Planetariske tåger

Michael Quaaide 5

Red Sprites – der er mere mellem himmel og jord, end vi endnu forstår

Jesper Grønne 6

Hvor kommer stjernestøvet fra? En fortælling om støv i det tidlige univers og i Mælkevejen

Ann-Sofie B. Nielsen, Rikke L. Saust og Anna-Sofie K. Zahl 7

Stabilitet i 3-legeme problemet

Asmus Koefoed 11

Sirius Observatoriet i Vejle

Kirsten Kragbak 14

KVANT-nyheder

Sven Munk 16

Planck-missionens enorme skattekasse

Carol Anne Oxborrow 18

ESO og dansk astronomi gennem 50 år

Johannes Andersen 22

Aktuelle bøger

Jan Faye, Jens Olaf Pepke Pedersen og John Rosendal Nielsen 26

Logicomix – eller jagten på sandhed

Mogens Esrom Larsen 29

Fysik er gratis

Jacob Bjerre og Rune Mikkelsen 31

Foreningsnyt – foredrag i efteråret 33

Mikroelektronik – breddeopgave 50 og 51 med didaktisk kommentar

Jens Højgaard Jensen 34

Ørsted medaljen til dygtige undervisere

SNU Bagsiden

Billedet på forsiden er taget af Mikael Svalgaard under Venus-passagen den 6. juni 2012 kl. 6:37 lokal tid, fra vandkanten ved Charlottenlund Fort, hvor Københavns Astronomiske Forening afholdte et offentligt arrangement under perfekte vejrforhold. Solens højde var kun 14 grader over horisonten, så det hjalp på lufturoen at kigge ud over Øresunds rolige vand. Rundt omkring kikkerterne stod 500-600 morgenfriske og meget glade mennesker. Stemningen var festivalagtig – nærmest som under en total solformørkelse.



Tekniske detaljer: 150mm f/6 refraktor med 4x tele-ekstender og hydrogen-alpha filter. Det endelige resultat er fremkommet ved at stacke de 50 skarpeste billeder fra en filmsekvens bestående af i alt 700 enkeltbilleder. Mikael's hjemmeside: www.leif.org/mikael.

KVANT udsendes gratis til alle landets gymnasier, seminarier og HTX-kurser med velvillig økonomisk støtte fra Niels Bohr Institutet (KU), Institut for Fysik og Astronomi (AU), Institut for Fysik og Kemi (SDU), Institut for Fysik og Nanoteknologi (AAU), DTU Fysik og DTU Nanotech.

Velkommen til KVANT!

Af KVANT-redaktionen og foreningerne bag KVANT

KVANT til gymnasielærere

Dette nummer af KVANT er trykt i et ekstraordinært stort oplag, 4500 stk., og sendes ud til alle gymnasielærere indenfor matematik, fysik og kemi (LMFK-faggruppen). Bladet udsendes allerede gratis – med støtte fra universiteternes fysikinstitutter – til bibliotekerne på landets gymnasier, seminarier og HTX-kurser. Men der er forskel på at blade det igennem i forbifarten og at få sit eget eksemplar.

Dette initiativ – eller 'markedsfremstød' om man vil – gøres for, at flere lærere skal blive bevidste om de faglige tilbud som foreningerne, der udgiver Kvant, tilbyder. Uden disse foreninger var der heller ikke noget blad der hed Kvant. Som gymnasielærer har man hele tiden brug for faglig efteruddannelse via kontakt til forskermiljøerne. I nogle af udgiverforeningerne kan man f.eks. høre foredrag om aktuelle emner – og man må gerne tage sin klasse med. Det sker ofte, at en foredragsholder inviteres til at skrive en artikel i Kvant, så endnu flere får glæde af det arbejde forskeren har lagt i at formidle sin forskning. Tre af foreningerne bag Kvant præsenterer sig selv nedenfor.

I dette nummer kan man bl.a. læse en artikel om "Støv i det tidlige univers", skrevet af tre nyudklækkede bachelorer i fysik/astronomi. Man kan læse om simulering af trelegeme problemet, ESOs 50 års jubilæum og om de første resultater fra Planck-satellitten. Der er også en artikel om fysikshowet i Aarhus, Kvantnyheder, omtale af aktuelle bøger og meget mere. Vi håber, at nye læsere også vil finde indholdet spændende. Tak til LMFK for samarbejde om udsendelsen.

Dansk Fysisk Selskab – DFS

Dansk Fysisk Selskab (DFS) er en national interesseorganisation for alle fysikere i Danmark uanset om medlemmerne arbejder på universiteter, forskningsin-

stitutioner, gymnasier, HTX, banker eller i industrien. Selskabet arbejder for at udbrede og styrke kendskabet til fysik i Danmark. Det sker på flere niveauer og DFS har f.eks. sektioner, der arbejder med forskellige temaer. Blandt andet er Kvinder i Fysik (KIF) en af selskabets mest aktive sektioner.

DFS blev oprettet i 1972 og var i starten meget fokuseret på årlige arrangementer med udenlandske foredragsholdere. Selskabet afholder stadig årsmøder med fremragende internationale foredragsholdere, blandt andet Nordiske Møder, og er sammen med andre organisationer med til at udgive *Kvant*.

Et vigtigt punkt for DFS er at styrke båndene mellem gymnasier/HTX og universiteter. Gymnasiet og HTX er hovedleverandør af studerende til fysik-studierne ved landets universiteter, og det er vigtigt for alle undervisere at vide, hvad de nye studenter kan og ikke mindst, hvad de *ikke* har stiftet kendskab til. Samtidig er det vigtigt at der kommer tilstrækkeligt mange studerende, så at samfundet kan opretholde og hæve det nuværende videnskabelige og teknologiske niveau overalt, hvor fysikere arbejder, dvs. i fysik, kemi, biokemi, geologi, medicin og i øvrigt en lang række tekniske fag – til gavn for alle. DFS har derfor en stor opgave i at øge interessen for fysik i skole og samfund, så der fortsat kommer nye fysikstuderende og kandidater. DFS vil derfor i den kommende periode intensivere kontakten til gymnasierne og HTX, og styrke båndene mellem universitetsfysikere og fysikere i gymnasiet og HTX.

I 2013 afholdes der fælles Nordisk møde mellem de fysiske selskaber i Lund, Sverige d. 12.-14. juni (fysik.lu.se/npd2013). Dansk Fysisk Selskab vil derfor ikke afholde et sædvanligt årsmøde 2013. Se også www.dfs.nbi.dk for nærmere information.

Ian Bearden, afgangende formand for DFS
Jørgen Schou, kommende formand for DFS

Ekstra for gymnasielærere og deres elever:

Vi har her samlet en række nyttige links med aktiviteter for gymnasielærere og deres elever.

Aarhus Universitet: Start på siden <http://phys.au.dk/videnudveksling>, hvor der bl.a. er information om *Fysiklærerdag*, *Besøgsservice* – med ca. 2000 gymnasieelever per år – og det nyligt startede *Spørg IFA*. På <http://scitech.au.dk> kan man klikke på *Formidling og museer* og f.eks. læse om de meget populære offentlige foredrag i Søauditorierne.

Københavns Universitet: Start på siden <http://www.nbi.ku.dk>. Her er tilsvarende tilbud, f.eks. *Spørg om fysik*, *ScienceXplorer* – med korte film om fysikforskning, samt *Mød os* – med information om offentlige arrangementer på mange niveauer, bl.a. en temadag specielt for lærere.

Danmarks Tekniske Universitet, DTU: Start på <http://www.explore.dtu.dk>. Her kan man bl.a. tilmelde sig temadage.

Syddansk Universitet, Fysik: Start f.eks. på http://sdu.dk/Om_SDU/Fakulteterne (klik ind på *Naturvidenskab*) eller gå direkte til http://www.sdu.dk/Samarbejde/Skoler_og_gymnasier (klik ind på *Science til gymnasier*).

Aalborg Universitet: Start på <http://www.nano.aau.dk>.

Selskabet for Naturlærens Udbredelse: <http://www.naturvidenskab.net> – har bl.a. en foredragskalender.

For nem adgang til disse og flere links, kan man besøge <http://www.dfs.nbi.dk> og klikke på *Fysik relateret*.

Selskabet for Naturlærens Udbredelse – SNU

Selskabet for Naturlærens Udbredelse (SNU) blev grundlagt af H.C. Ørsted i 1824, fire år efter at han under en universitetsforelæsning havde opdaget, at en elektrisk strøm i en metaltråd havde virkning på en kompasnål.



SNU var i en vis forstand et 'barn' af denne opdagelse. For efter at H.C. Ørsted havde beskrevet sin opdagelse i en kort artikel på latin og sendt den rundt til fremtrædende videnskabsmænd, rejste han i 1822-23 rundt på en større foredragsturné i Tyskland, Frankrig og England. Og på denne tur opdagede han eksistensen af selskaber til naturvidenskabens udbredelse, der også havde stor betydning for den industrielle udvikling. Derfor besluttede han ved sin hjemkomst at skabe noget tilsvarende i Danmark, og fik skabt interesse for et sådant Selskab for Naturlærens Udbredelse.

De mest synlige aktiviteter i SNU var en storslået række af offentlige forelæsninger og kurser, der blev holdt både i København og andre byer i Danmark. Ørsted selv stod for langt de fleste af foredragene i København, og mere end 200 mennesker fulgte hans forelæsninger det første år. Af bogen og filmen om "Bryggeren" fremgår, at brygger J.C. Jacobsen var en af disse ivrige tilhørere, som gennem Ørsteds forelæsninger fik øje på en ny metode, der fik stor betydning.

Udover de offentlige forelæsninger skabte SNU også uddannelsesmuligheder for håndværkere i mange forskellige fag, og påtog sig undervisning i naturvidenskab på elementært niveau. Selskabets program var meget omfattende og ændrede Ørsteds liv som videnskabsmand. Budgettet var afhængigt af frivillige bidrag, for SNU var dengang som nu privat og uden egentlig offentlig økonomisk støtte.

Den store succes førte til, at Ørsted i 1829 blev direktør for en nyoprettet Polyteknisk Læreanstalt, som fik en stab af undervisere, der kunne overtage mange af SNUs store undervisningsopgaver. SNU kunne nu fokusere på at bringe naturvidenskaben ud til den brede offentlighed, og der kom bla en række søndagsforelæsninger både for medlemmer og deres koner. Foredragene blev ofte refereret i pressen. Samtidig udgav SNU en række publikationer, bla en bog om "Runkelroer og runkelroesukker" i 1836. En rentabel produktion fulgte snart efter. I 1830'erne forsynede SNU også skoler med videnskabelige instrumenter og gjorde det muligt for skoleelever at følge fysik- og kemiforelæsninger ved Universitetet og den Polytekniske Læreanstalt. Denne rolle endte i 1845, da naturvidenskab blev en selvstændig disciplin i de danske skoler.

I dag holdes der i SNU fortsat offentlige forelæsninger for alle – uanset alder og køn – de mest fremtrædende forskere kommer gerne og fortæller om deres nyeste resultater, og i takt med, at matematik, fysik, kemi og teknologi har vundet indpas i den moderne biologi og geologi, er fagspektret blevet bredt. I denne sæson er temaet "Bæredygtighed" eller "Sustainability", og her

optræder både katalysatorer og algebiomasse samt de nyeste resultater med solceller. I foråret 2013 er det 100-året for Bohrs atommodel, og temaet sætter fokus på dette – med foredrag spændende fra en indføring i atommodellen til en række nye resultater, fx indenfor atomspektroskopi.

Mange nuværende og tidligere universitetslærere og gymnasielærere indenfor et bredt udsnit af naturvidenskabelige og tekniske fag er i dag medlemmer af SNU, og foredragene efterfølges som regel af livlig diskussion – men der er plads til mange flere, og dygtige gymnasieelever og studerende er naturligvis også yderst velkomne. Det seneste år har vi heldigvis set en stigende tilgang af nye unge medlemmer – efter at SNU kom på Facebook. Og vi kan også se, at www.naturvidenskab.net oplever stigende besøgstal. Det arbejder vi aktivt med at stimulere i SNUs bestyrelse, og flere nye initiativer er på vej – et af dem er i de kommende år at sætte fokus på den vigtige naturvidenskabsformidling i gymnasiet ved at belønne et antal dygtige formidlere i gymnasiet med H.C. Ørsted Medaljen. Man kan læse mere om dette på bagsiden af dette nummer af KVANT.

Det er gratis at komme til SNUs foredrag, man behøver ikke være medlem – men hvis man bliver medlem, får man også tilsendt de 4 årlige numre af bladet KVANT, og kan komme med til virksomhedsbesøg. Og ved at blive medlem støtter man Selskabets aktiviteter for at stimulere den bedste forskning og formidling indenfor naturvidenskab og teknik.

Dorte Olesen, Præsident for SNU

Bliv ven med SNU eller medlem af SNU

Det af H.C. Ørsted i 1824 stiftede Selskabet for Naturlærens Udbredelse (SNU) inviterer nu til medlemskab. Medlemskab er åbent for alle. Der er 3 kategorier af medlemmer: virksomhedsmedlemmer, ordinære medlemmer og studentermedlemmer. Som medlem modtager man bladet KVANT fire gange om året, og kan deltage i alle arrangementer. SNUs foredrag er åbne også for ikke-medlemmer, men virksomhedsbesøg og visse andre specialarrangementer kræver medlemskab. Man kan melde sig ind i SNU på hjemmesiden www.naturvidenskab.net – eller man kan sende en email til snu@naturvidenskab.net med navn, postadresse, telefonnummer og emailadresse og bede om at blive oprettet som medlem. Man kan også sende disse oplysninger i et brev til Dorte Olesen, DTU Matematik, Matematiktorvet Bygning 303, 2800 Kongens Lyngby.

Det årlige medlemskontingent er 200 kr. for ordinære medlemmer, 100 kr. for studentermedlemmer og 500 kr. for virksomhedsmedlemmer. Medlemskontingentet indbetales på SNUs konto i Danske Bank, reg.nr. 4190, kontonr. 9032363.

Læs mere om SNU på www.naturvidenskab.net. Som noget nyt kan man nu også blive ven med SNU på facebook, <http://www.facebook.com/SNU1824>.

Astronomisk Selskab – AS

Astronomisk Selskab er den største og ældste af Danmarks omkring 20 astronomiforeninger. Foreningen blev stiftet i 1916 og har i dag knap 600 medlemmer.

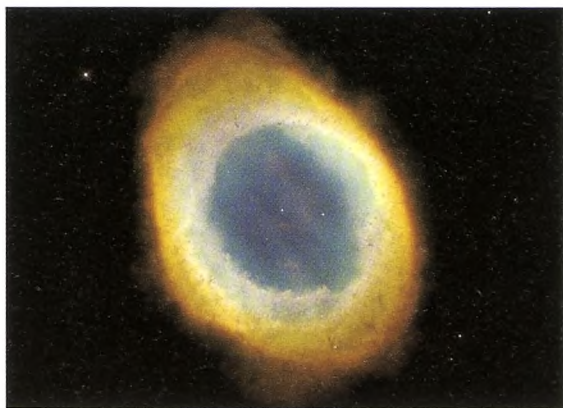
Foreningen er landsdækkende, så aktiviteterne er naturligt tilrettelagt, så vores medlemmer over hele landet kan få udbytte af dem. En central aktivitet er tidsskriftet *Kvant*, som du læser i nu. Her er der forskningsformidling skrevet af forskerne selv indenfor astronomi, fysik og beslægtede videnskaber. Fra Astronomisk Selskabs side bestræber vi os også på, at der i hvert nummer er noget om, hvad man kan se på den aktuelle stjernehimmel og en artikel om et offentligt

Planetariske tåger

Af Michael Quaade

Sidst på efteråret er det højsæson for at se planetariske tåger på efterårshimlen set fra vores breddegrader. Derfor er de emnet for dette nummers artikel om aktuelle objekter på nattehimmelen.

Betegnelsen *Planetariske tåger* stammer fra den engelske astronom William Herschel (1738-1822). I den tids kikkerter kunne man godt se, at de var tåger, men de så nogenlunde runde ud ligesom planeter. Det var kun de mest lysstærke af de planetariske tåger, der kunne ses på Herschels tid. På optagelser foretages med vore dages store astronomiske kikkerter kan man se, at de langt fra er runde allesammen – tværtimod frembyder de en utrolig variation i udseende [1], [2] og [3].



Figur 1. Ringtågen M57 er nok den kendteste planetariske tåge på himlen. Den ses mellem stjernerne *Sulafat* og *Sheliak* i stjernebilledet *Lyren*, der også indeholder den klare stjerne *Vega*. Den hvide dværg er den stjerne, der er nærmeste midten af tågen. Billedet er en berømt optagelse med Hubble rumteleskopet fra 1998. Foto: Hubble Heritage Team (AURA/STScI/NASA)[4].

Nogle eksempler på planetariske tåger, vi kan se på efterårshimlen er *Ringtågen* Messier 57 (figur 1), *Håndvægten* Messier 27 (figur 2) og *Helix-tågen* NGC 7293 (figur 3) i stjernebillederne *Lyren*, *Ræven* og *Vandmanden*.

En planetarisk tåge dannes ved at stof udkastes fra en stjerne i de sidste faser af dens liv. Tilbage bliver en hvid dværgstjerne – en kompakt klode, der vejer nogenlunde det

tilgængeligt observatorium et sted i Danmark.

Aktiviteterne omfatter også foredragsvirksomhed i samarbejde med bl.a. Folkeuniversitetet. For tiden holder vi foredragene i København og Aarhus, men der er planer om at udvide til andre byer.

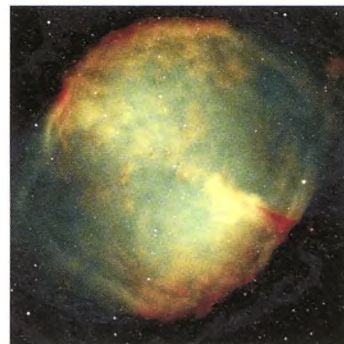
Foreningen ejer og driver Wieth-Knudsen Observatoriet i Tisvilde, hvor der er opstillet en 40cm kikkert. Her kan medlemmer være på observationsophold og overnatte, hvis de bor langt fra Tisvilde i Nordsjælland.

Sammen med lokale astronomiforeninger arrangerer Astronomisk Selskab nogle gange om året weekendarrangementer, hvor deltagerne bor et mørkt sted og bruger natten på observationer med medbragte kikkerter.

Med nogle års mellemrum udgiver foreningen en *Astronomisk Guide*, som er en lille håndbog med materiale om astronomi i Danmark, observatorier, foreninger, forskning og meget andet. Se mere på astronomisk.dk.

Michael Quaade, formand for AS

samme som Solen, men er på størrelse med Jorden, 100 gange mindre. En kubikcentimeter af en hvid dværg vejer flere tons.



Figur 2. "Håndvægten" eller M27 er en forholdsvis nær planetarisk tåge i stjernebilledet *Ræven*, som ses under det mere velkendte stjernebillede *Svanen*. Den hvide dværgstjerne er tydelig midt i tågen. Billedet stammer fra testoptagelser foretaget med FORS1 [5] kameraet, der var det første, der blev taget i brug på ESOs Very Large Telescope i 1998. Foto: ESO [6].

Den hvide dværg er den oprindelige stjernes varme kerneområde. Derfor er den meget varm på overfladen, over 100.000 grader. En så varm stjerne udsender kortbølget og energirigt lys, der kan ionisere gasserne i tågen. Fotonerne i strålingen har energi nok til at rive elektroner ud af gassens atomer.

Senere indfanger atomerne de løsrevne elektroner igen. De nyindfangne elektroner bevæger sig i spring mellem atomernes energiniveauer og udsender lys med ganske bestemte bølgelængder, f.eks. 501 nm, der skyldes en overgang i dobbelt ioniserede iltatomer. Man siger at deres lys danner et emissionsliniespektrum. Ved at bruge filtre, der kun slipper de bølgelængder igennem, som findes i tågernes lys, kan man forholdsvis nemt se dem i en stjerneikkert – selv fra lysforurenede byområder.



Figur 3. *Helixtågen* NGC 7293 er en meget stor planetarisk tåge, som ses lavt i syd på denne årstid i stjernebilledet *Vandmanden*. Billedet er optaget med Hubble rumteleskopet i november 2002 da Jorden passerede meteorsværmen Leoniderne. For at beskytte spejlet i teleskopet blev det drejet så det fik meteororene ind bagfra. Herved blev det tilfældigvis – og heldigvis – rettet mod tågen, så der blev lejlighed til at optage en række billeder af den i et halvt døgn mens meteorstormen drev over. Foto: NASA, NOAO, ESA, the Hubble Helix Nebula Team, M. Meixner (STScI), and T.A. Rector (NRAO) [7].

Det er kun små og mellemstore stjerner, der ender som planetarisk tåge. Stjerner, der vejer mere end omkring

otte solmasser ender i stedet deres dage med en voldsom eksplosion – en supernova.

Astronomisk set er planetariske tåger kortlivede fænomener. De breder sig ud i det omgivende rum med flere tusinde kilometer i sekundet og fortyndes i løbet af 10-20.000 år så meget, at vi ikke længere kan observere dem. Det er ikke ret lang tid sammenlignet med f.eks. stjerner, der typisk holder i flere milliarder år.

Det er lykkedes at observere udvidelsen direkte i enkelte planetariske tåger. Ved at sammenligne optagelser foretaget med flere års mellemrum kan man se, at nogle af de nærmeste er kommet til at fylde mere på himlen i tidens løb.

Litteratur

- [1] H. Nørgaard og J. Teuber (2012), *Vores Kosmiske forbindelse*, 80-83
- [2] www.noao.edu/image_gallery/planetary_nebulae.html
- [3] hubblesite.org/gallery/album/nebula/planetary/
- [4] hubblesite.org/newscenter/archive/releases/1999/01/image/a/
- [5] Appenzeller, I. et al. 1998: *The Messenger* **94**, side 1-6
- [6] www.eso.org/public/images/eso9846a
- [7] hubblesite.org/newscenter/archive/releases/2003/11/image/a/

Red Sprites – der er mere mellem himmel og jord, end vi endnu forstår

Af Jesper Grønne

De enigmatiske *Red Sprites* har været observeret af enkelte heldige individer gennem tiderne. Der har været beretninger om disse spøgelses-agtige røde glimt, højt i atmosfæren over kraftige tordenvejr, men det var først efter 1989, da de første billeder af fænomenet blev taget, at videnskaben tog det alvorligt.

Det har længe været min drøm, at få det fascinerende, flygtige og sjældne lysfænomen 'i kassen'. Den 15. august 2012 omkring kl. 23 skete det – for første gang i Danmark. Mange atmosfæriske lysfænomener kan være svære at fotografere, sprites er ét af de sværeste. Mange ting skal gå op i en højere enhed: 1) Det skal være nat, 2) Månen må ikke lyse himlen op, 3) Der må ikke være generende lysforurening fx gadelamper og bygninger, 4) Der skal være et meget kraftigt tordenvejr kørende, 5) Tordenvejret skal generere kraftige positivt ladede lyn mellem sky og jord, 6) Afstanden til tordenvejret skal være mellem 150 og 500 km, 7) Der skal være frit udsyn og klart vejr mellem fotografen og uvejret, 8) Kameraudstyret skal være meget lysfølsomt, især i det røde område, 9) Fotografen skal være opmærksom på ovenstående, – og sidst men ikke mindst – 10) Der skal genereres sprites.

Et tjek på forskellige lyndetektorer viste et kraftigt tordenvejr, med mange lyn i området mellem England og Danmark – altså i Nordsøen ca. midtvejs mellem Silkeborg og London. Himlen var fyldt med stjerner og ingen generende Måne, så det så egentlig meget godt ud (jysk talemåde for fremragende) – der skulle jages Red Sprites.

Et lysfølsomt DSLR kamera (digitalt spejlrefleks) med lysstærkt optik optog video i ca. tre kvarter, det viste sig, at der var to udladninger på optagelserne, hver med 5-6 individuelle sprites.

Glimtene fra de røde sprites varede få millisekunder, afstanden var 350 km. Den røde kolde plasma højt oppe i Mesosfæren var trigget af en kraftig elektrisk udladning i tordenvejret længere nede i atmosfæren, altså af et kraftigt lyn mellem jord og sky millisekunder før der opstod sprites. Sprites er kæmpestore, de dannes i en højde af 50-95 km. Effekten i sprites kan være så stor som 5-50 GW. Sprites

opstår sjældent alene, ofte ses en gruppe af sprites i den samme udladning, som det ses ved begge udladningerne den 15. august. Man regner med, at kun ganske få lyn er i stand til at producere sprites. Almindelige negativt ladede lyn kan have en strømstyrke på 30 kA. Positivt ladede lyn udspringer som regel fra toppen af en velvoksen tordensky og kan have en strømstyrke på 300 kA. Når disse kæmpelyn slår ned, kan de samtidigt trigge sprites højt oppe i atmosfæren (kilde: elf.gi.alaska.edu).



Figur 1. Her er begge udladningerne, med til sammen en halv snes sprites samlet i ét billede – de danske sprites august 2012. Billedet er taget i Silkeborg i retning sydvest.

Sprites er genstand for forskning verden over. NASA er naturligt nok meget interesseret i om sprites kan være en risiko for rumfarten. Danmark er også med helt fremme. DTU-Space har et projekt under ESA, der fra 2015 skal observere sprites fra Den Internationale Rumstation, ISS. Projektet, der kaldes ASIM – Atmosphere-Space Interactions Monitor, er en slags klimaobservatorium i rummet, der kan være med til at afklare om processer i den øvre atmosfære har en væsentlig indvirkning på klimaet hernede på planetens overflade.

Jesper Grønne er himmelfotograf. Man kan se flere af hans billeder på www.groenne.eu og www.astrophoto.dk.

Hvor kommer stjernestøvet fra?

En fortælling om støv i det tidlige univers og i Mælkevejen

Ann-Sofie B. Nielsen, Rikke L. Saust og Anna-Sofie K. Zahl, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet

Støv i det interstellare medium, ISM, er vigtig for, hvordan stjerner og planeter dannes. Der er derfor en stor interesse for at kende kompositionen, samt at vide, hvordan støvet produceres og videreudvikles i ISM, for at få en bedre forståelse af udviklingen af stjerner og galakser. De to bedste støvproducentkandidater er supernovaer, SN, og asymptotiske kæmpegrænsstjerner, AGB, men der er stadig tvivl om, hvilke af disse, der bidrager med mest støv til ISM. Støvet videreudvikles i ISM, så for at kunne lave modeller for det tidlige univers, er det vigtigt at undersøge udviklingen, da støvet er dynamisk.

Supernovaer

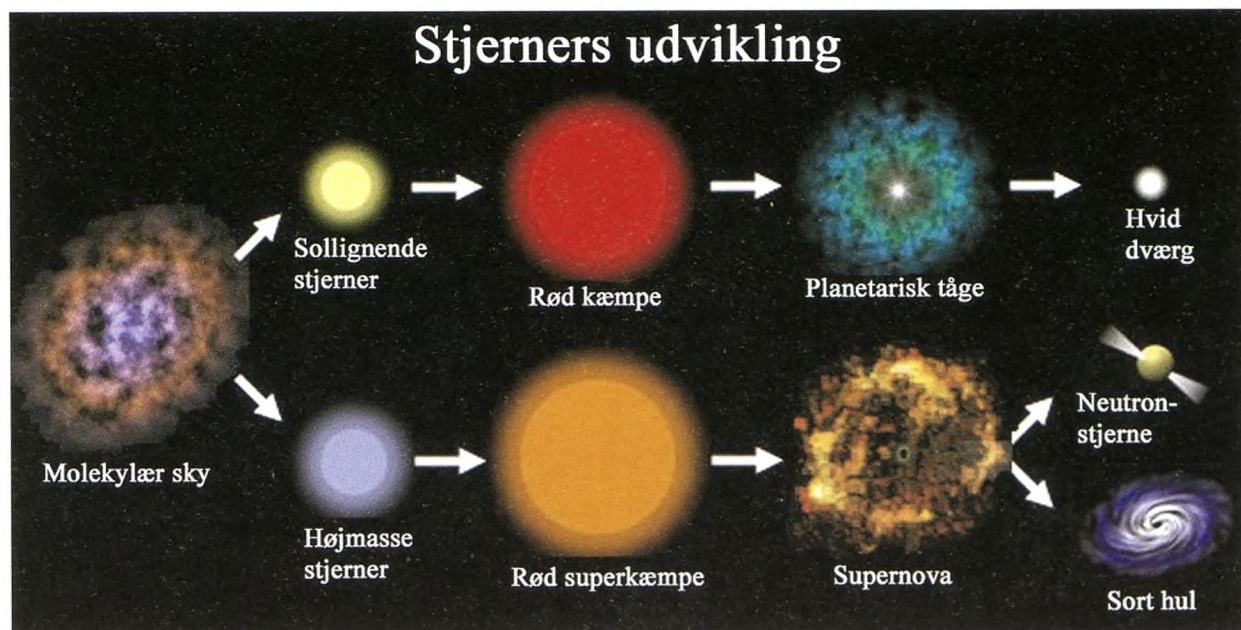
Stjerner med en startmasse på mindst otte gange Solens masse, $M_{\star} > 8 M_{\odot}$, ender med at eksplodere som SN'er. SN'er er i teorien et optimalt sted for støvdannelse. Der er dog stadig tvivl om, hvorvidt SN'er danner eller destruerer støv, så det er derfor vigtigt at undersøge de stjerneprocesser, der fører til, at den oprindelige stjerne eksploderer som en SN og danner støv. Stjerner er objekter i hydrostatisk ligevægt, hvor strålingstrykket, der skabes af kernesyntese inde i kernen af stjernen, samt gastrykket, der skyldes den høje temperatur, modsvarer gravitationstrykket fra resten af stjernens masse.

De tunge stjerner, der ender som SN'er, kan uden problemer fusionere op til jern, ^{56}Fe , på grund af den høje temperatur, som kernen får fra den gravitationelle energi. Den gravitationelle energi går dels til at opvarme kernen, og resten af energien omdannes til stråling,

hvoraf hoveddelen er fotoner. Et udtryk for strålingsenergien af fotonerne, der forlader en kugleoverflade, kan udtrykkes i form af luminositet, L . Ændringen af L afhængig af afstanden til en stjernes centrum, r , ses i ligning 1. K beskriver omdannelsen fra gravitationel potentiale til energi, og energien fra kernesyntesen beskrives af E . Den skabte energi går altså dels til luminositeten og dels til opvarmning af partiklerne, U , som derfor trækkes fra udtrykket for L . ρ i formelen er massedensiteten af stjernen.

$$\frac{dL}{dr} = 4\pi r^2 \rho [E - U + K] \quad (1)$$

Under den første del af en stjernes liv er det E -leddet, der er dominerende for L , da der er hydrostatisk ligevægt. En højmassestjerne bliver ved med at udvides, i takt med at kernen bliver varmere og udvikles til en rød superkæmpe (figur 1).



Figur 1. Her ses de to primære udviklings-stier, stjerner kan følge efter dannelse i en molekylær sky.

Men når stjernen har dannet en kerne af jern, bliver E -leddet ubetydeligt. Dette skyldes, at jern har den højeste bindingsenergi per nukleon, hvilket betyder at fusion af tungere metaller ikke vil skabe energi men i stedet koste energi, så de overordnede fusionsprocesser stopper. Som det kan ses i ligning 1, betyder det, at gravitationsudtrykket, K , dominerer. Kernen og resten af stjernen begynder at falde sammen på grund af det nu manglende fotontryk og det dominerende gravitationelle tryk. Kernen bliver ustabil, og når hurtigt et punkt, hvor den pludselig ikke kan falde mere sammen. Dette skyldes bl.a., at densiteten er så høj at nukleonerne bliver tilstrækkeligt tætte til, at de frastødes pga. den stærke kernekraft. Det pludselige stop af kollapsedet skaber en chokbølge, der bevæger sig ud igennem stjernens lag. I disse lag dannes endnu tungere metaller end jern, ved at atomerne indfanger en masse energirige neutroner, som er dannet ved fusionsprocesserne. Mange af neutronerne er allerede indfanget i de atomer, stjernens kerne består af, og hvad der bliver tilbage af stjernen, er denne kerne med neutronrige atomer, kaldet en neutronstjerne. Hvis densiteten er høj nok, kolliderer kernen dog til et sort hul (figur 1).

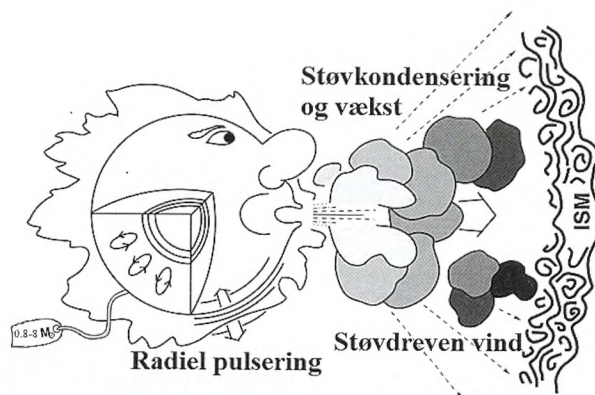
Støvet produceres umiddelbart efter SN eksplosionen, når chokbølgen udbreder de yderste lag nok, til at temperaturen sænkes til kondensationstemperaturen. De ny producerede metaller kondenserer til forskellige typer støv i det udkastede materiale. Støvkornenes størrelse kan forventes at være relativt små, da kornene bliver ødelagt, når chokbølgen kastes tilbage af ISM. Spørgsmålet er dog om kornene kun bliver delvist ødelagt til mindre korn, eller om de bliver helt opløst til metaller – måske er det endda kun de store korn der overlever.

Hvilken type støv, der dannes i SN'er kan i teorien være alle tænkelige typer, da der findes de fleste metaller i det udkastede materiale. Dog kan det forventes at der fx er en større mængde silikater end carbonstøv, da en stor del af carbon vil kunne fusioneres videre til bl.a. silicium. Dog har carbonstøv en højere kondensationstemperatur end silicium, og derfor ville man også kunne argumentere for at der er mere carbonstøv end silikater.

Asymptotiske kæmpegrænsstjerner

Stjerner med en masse på $0,8 M_{\odot} < M_{*} < 8 M_{\odot}$, lever størstedelen af deres tid på hovedserien som stabile stjerner, der brænder hydrogen til helium. Når stjernerne er omkring én milliard år gamle, forlader de hovedserien. Grunden til at stjernen forlader hovedserien og bliver ustabil er, at den har brændt alt sit hydrogen til helium, og fusionsprocesserne stopper i stjernens kerne. Strålingstrykket fra stjernens indre forsvinder, og det gravitationelle tryk bliver dominerende, og stjernen begynder at kollapse. Når dette kollaps sker, er det U - og K -leddene i ligning 1, der dominerer. Stjernens temperatur stiger herefter, og der begynder at brænde hydrogen til helium i skaller rundt om heliumkernen. Denne stigning i temperatur fortsætter, indtil stjernen er varm nok til at brænde helium til carbon. Når stjernen

brænder helium til carbon er den på heliumhovedserien, hvor stjernen er variabel, og ændrer radius og luminositet periodisk, samtidig med at temperaturen af stjernen ændres, først stiger den, og senere falder den, hvorefter stjernen ender på den asymptotiske kæmpegrænsfase (figur 1).



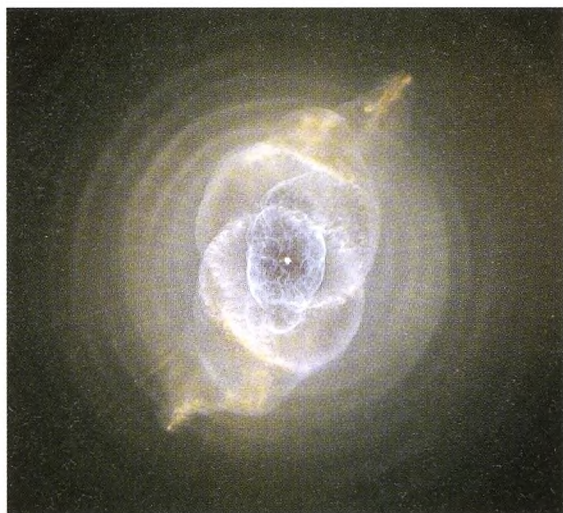
Figur 2. Her ses processerne, der sker ved en stjerne i AGB-fasen, herunder støvproduktion og den støvdrevne vind.

AGB-stjerner har brændt helium til carbon i kernen, og har ikke en høj nok temperatur til at sætte gang i afbrændingen af carbon til tungere grundstoffer. Der er derfor, på den sidste del af AGB-fasen, ikke andet end en udbrændt carbonkerne tilbage. På AGB-fasen gennemgår stjernerne en række komplekse processer. Mens stjernen er i AGB-fasen, nedkøles den, udvider sig, trækker sig sammen, hvorved den pulserer. Når stjernen udvider sig bliver den mere lysstærk, alt imens kerneprocesser brænder dens sidste hydrogen og helium i skaller omkring en udbrændt carbon-askekerne. På samme tidspunkt i stjernens liv dannes der også en dyb konvektionszone, som fører store mængder af varmt materiale til overfladen, og mængder af koldere materiale ind til stjernens indre. Dette fungerer, ligesom når vand koges i en gryde. Her kommer de varme bobler op til overfladen, og koldere vand fra overfladen trækkes ned til bunden af gryden.

Det, der er dominerende på AGB-fasen, er det gravitationelle tryk. Dette er den dominerende faktor når stjernen kolliderer, og det er beskrevet i ligning 1. Her er det igen leddene U og K , der dominerer.

Fordi AGB-stjernen pulserer, løftes de yderste lag fra stjernens overflade, og der dannes et køligt lag af gas, hvor metaller kan kondensere til støvkorn.

AGB-stjernens pulsering og dannelsen af støv, får stjernen, til at smide sine yderste lag af, og drive dem væk fra sig med en støvdreven vind (figur 2). Vinden er støvdreven, da det er strålings- og gastrykket fra stjernen, der skubber til støvet og driver det væk fra stjernen. Denne vind danner ringe af støv rundt om den resterende del af stjernen, og fører støvet ud i ISM. Den del af stjernen der er tilbage er en hvid dværg. En hvid dværg er den afbrændte askekerne, som er det eneste af stjernen, der ikke blæser ud i ISM (figur 3).



Figur 3. På figuren ses katteøjjetågen, som er den planetariske tåge, efter AGB fasen af en stjerne.

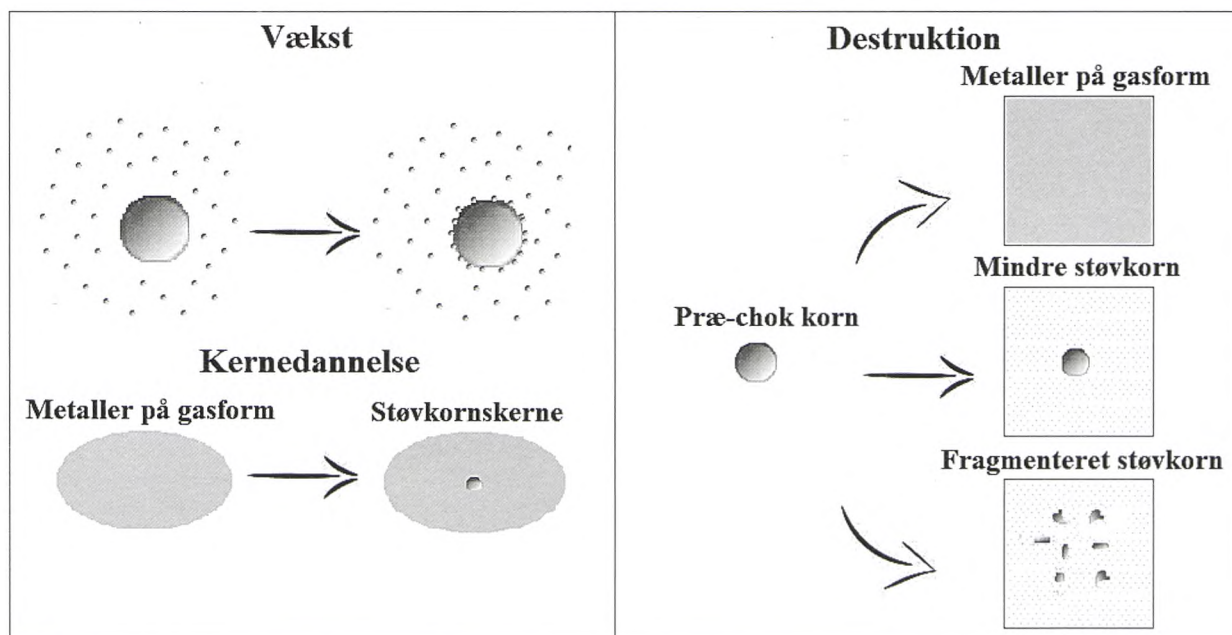
Det støv der dannes i AGB-stjerner er en blanding af forskellige grundstoffer. De primære støvtyper der dannes er silikat og carbon. I AGB-stjerner dannes der mest carbon, da disse stjerner ikke når at fusionere carbon til tungere grundstoffer. Dermed producerer AGB-stjerner ikke selv silicium. Der skal derfor have været silicium til stede i den molekylære sky, som kollapsede til den stjerne, der senere udvikledes til en AGB-stjerne, før der kan dannes silikatstøv. Støvkornene fra en AGB-stjerne varierer meget i størrelse, og er mellem 0,003-10 μm i radius. En del af de korn, der menes at stamme

fra AGB-stjerner, er fundet i meteoriter, som giver en god mulighed for at undersøge støvkorn.

Støvets udvikling i det interstellare medium

Nu, hvor vi ved, hvordan støvet er blevet dannet, skal vi se på støvets videre udvikling i ISM. Støv befinder sig hovedsageligt i molekylære skyer, der er meget tætte og kolde. Her dannes en stor mængde molekyler, hovedsageligt hydrogenmolekyler, H_2 . Metallerne i skyen er vigtige, for at få temperaturen i skyen til at falde, da der findes lavenergi vibrationelle overgange i metallerne. Molekylære skyer kan blive så tætte og kolde, at de kolliderer og danner stjerner. Derfor er molekylære skyer også betegnet som stjernedannende områder, hvor stjernerne, når de begynder at lyse, kan blæse den oprindelige molekylære sky væk, hvis stjernen er lysstærk nok. Støvet i skyen, er med til at danne molekyler, da H_2 lettere dannes på overfladen af støvkornene, end fx ved sammenstød af hydrogenatomer.

Der er fornyligt blevet observeret overraskende store mængder støv i det tidlige univers. Grunden til at det er overraskende er, at man indtil fornyligt regnede med, at AGB-stjerner var den eneste støvproducent. AGB-stjernerne producerede ikke støv før efter en rødforskydning på omkring 6, da denne svarer til en stjernes alder, når den når AGB-fasen. En mulig støvkilde er SN'erne, der menes allerede at kunne have startet deres støvproduktion så tidligt som ved rødforskydning 50. Men selvom SN'ere kan danne støv, er der stadig stor debat om, hvorvidt det producerede støv overlever den tilbagevendende SN chokfront.



Figur 4. Denne figur illustrerer støvvækst, destruktion, samt dannelsen af støvkorn fra en metalrig gas.

Støvet dannet i SN'er og AGB-stjerner har meget forskellige kornstørrelser, hvor støvkorn dannet i SN'er er generelt meget små og støvkorn dannet i AGB-stjerner er relativt store, hvilket påvirker støvets udvikling i ISM. De vigtigste processer, som forandrer støvkornene, er vækst og destruktion. Væksten af støvkornene er stærkt afhængig af, hvor stort et overfladeareal støvkornene har, da et stort overfladeareal øger sandsynligheden for, at en mindre partikel kan sætte sig fast på støvkornets overflade (figur 4). Derfor vil de mindre korn gro bedre end de større støvkorn, under de rigtige forhold af tryk, temperatur og metalindhold. Det er nemlig metallerne, som også dannes i SN'er og AGB-stjerner, der kan sætte sig fast på støvkornenes overflade og derved forårsage vækst (figur 4). Hvor meget et støvkorn kan gro, kan udregnes ved hjælp af en vækst faktor, ϵ .

$$\epsilon \propto \left(\frac{a}{\mu\text{m}} \right)^{-1} \left(\frac{\Sigma_g}{M_\odot/\text{pc}^2} \right) \quad (2)$$

Denne afhænger af støvkornenes gennemsnitslige radius, a , og overfladedensiteten af den gassky støvet befinder sig i, Σ_g , her er Σ_g givet i enheder af $M_\odot/\text{pc}^2$, hvor en parsec er $1 \text{ pc} = 3,1 \cdot 10^{16} \text{ m}$. Ved hjælp af denne ligning kan man bestemme, hvor meget forskellige typer støv gror i ISM, da de forskellige støvtyper har forskellig størrelse og overflade tæthed. Dette er interessant at undersøge, fordi sammensætningen af støv i fx Mælkevejen stadig er ukendt.

Støv kan også blive destrueret, hvilket kan ske ved SN'ernes chokfronter, hvor støvkornet enten ødelægges helt, bliver mindre og evt. opløses til metaller igen i ISM (figur 4). Destruktionsraten har sandsynligvis ikke været konstant gennem hele universets levetid, fordi der i det tidlige univers blev dannet flere og tungere højmasse stjerner, end der gør i dag. Dette kan have ført til en højere destruktionsrate i det tidlige univers i forhold til det nuværende.

Destruktion af støvkorn betyder ikke nødvendigvis, den samlede støvmængde bliver mindre, da destruktio- nen også påvirker væksten af støvkorn. De to nederste eksempler på destruktion i figur 4 øger overfladeare- alet, hvilket øger vækstraten ϵ . En forøgelse af ϵ vil forårsage vækst af støvkornene, som igen kan påvirke, hvilken form for destruktion, der sker. På den måde er korntilvæksten og -destruktionen i høj grad forbundne størrelser. Men SN'er kan også resultere i vækst af støvkornene i ISM. Dette sker fordi SN chokfronterne presser gassen sammen, hvilket øger tryk, temperatur og metaltætheden, derfor kan SN'erne også påvirke den samlede støvmængde til at stige. Disse effekter er dog endnu ikke helt velkendte, men kan være med til at forklare, hvorfor der observeres så store mængder støv ved høj rødforskydning.

Litteratur

- [1] Christensen-Dalsgaard, J.: Lecture notes on stellar structure and evolution, *Institute for Physics and Astro- nomy*, Aarhus Universitet, 6. udgave (2008).
- [2] Draine, B. T.: Physics of the interstellar and intergala- ctic medium, Princeton University, *Princeton Universi- ty Press*, Kapitler: 21, 22, 23 og 39 (2011)
- [3] Gall, C., Hjort, J. og Andersen, A. C.: Production of dust by massive stars at high redshift, *A&A*, Review 19, 43 (2011).
- [4] Mattsson, L., Andersen, A. C., og Munkhammar, J. D.: On the dust abundance gradients in late-type galaxies: I. Effects of destruction and growth of dust in the interstellar medium, <http://arxiv.org/abs/1201.3375v1> (2012).
- [5] Valiante, R., Schneider, R., Bianchi, S. og Andersen, A. C.: Stellar sources of dust in the high-redshift Universe, <http://arxiv.org/abs/0905.1691v1> (2009).



Ann-Sofie Bak Nielsen er bachelor i astronomi ved Københavns Universitet i 2012. Har skrevet bachelorprojekt hos Anja C. Andersen i Støvets udvikling og oprindelse. Har gået i gymnasiet på Odense Katedralskole, og har igennem 4 år været aktiv i Ungdommens Naturvidenskabelige Forening.



Rikke Lund Saust er bachelor i astronomi ved Københavns Universitet i 2012. Har skrevet bachelorprojekt hos Anja C. Andersen i Støvets udvikling og oprindelse. Har gået i gymnasiet på Københavns Abne Gymnasium.



Anna-Sofie Köhn Zahl er bachelor i astronomi ved Københavns Universitet i 2012. Har skrevet bachelorprojekt hos Anja C. Andersen i Støvets udvikling og oprindelse. Har gået i gymnasiet på Zahles gymnasieskole og er bestyrelsesmedlem i Kvinder i Fysik.

Stabilitet i 3-legeme problemet

Asmus Koefoed, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet

“3-legeme problemet”, har videnskaben døbt det problem, der opstår, når man skal forstå dynamikken for tre gravitationelt eller elektrisk bundne objekter, der er i indbyrdes kredsløb om hinanden. Det giver typisk nogle meget kaotiske baner. Fx kan to af objekterne finde på at “rotte sig sammen” og smide det tredje objekt ud på langfart, mens de to tilbageblevne etablerer et stabilt 2-legeme system. Men så vender det tredje objekt tilbage og laver på ny ravage. Startbetingelser, der giver stabile systemer, er svære at finde, for der er 21 parametre, der alle kan variere fra nul til uendeligt, men det ser ud til, at en genetisk algoritme kan hjælpe med til at løse problemet.

3-legeme problemet

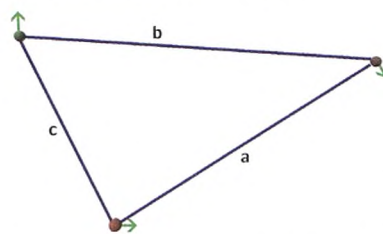
3-legeme problemet har været studeret af blandt andet Euler, Clairaut, d’Alembert, Lagrange, Laplace og Poincaré siden Newton skrev “Inequalities Of The Lunar Motion” i 1740’erne, og går i bund og grund ud på at beskrive banerne for tre punktmasser m_1 , m_2 og m_3 , som tiltrækker hinanden som følge af Newtons tyngdelov $F_1 = F_2 = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$. I modsætning til 2-legeme problemet, som er beskrevet og forstået til fulde af Kepler’s og Newton’s love, er 3-legeme problemet stadig uløst. Der findes en del lette løsninger fx kan man reducere problemet til et 2-legeme problem, hvis en af masserne er meget større end de andre, som fx Solen i forhold til Jorden og Månen, her er der tale om to planeter, der følger Kepler-baner i solens enorme tyngdebrønd. En anden reduktion er at flytte en af masserne så langt væk, at den ikke kan interagere med de to andre objekter, denne temmelig trivielle løsning var den første computeren fandt. Det spændende er dog at prøve at finde stabile baner, hvor masserne er nogenlunde ens, og hvor objekterne ikke ligger i et matematisk ustabilt saddepunkt, hvor den mindste ændring fører til ustabilitet.

Det jeg synes er spændende ved studiet af 3-legeme problemet er, at det kan give svar på, om det vil være muligt for planeter at have stabile baner i flerstjernesystemer og derved åbne for muligheden for biologisk liv flere steder i universet.

Klima

Hvis man kigger på et system bestående af en stjerne og en planet og gerne vil have, at liv, som vi kender det, får en chance for at udvikle sig, skal klimaet være nogenlunde stabilt. Det vil under normale situationer sige, at temperaturen og indstrålingen ikke må have for store udsving, og som følge deraf, må planetbanen ikke have for store udsving væk fra stjernen. For to legemer er banen med absolut mindst udsving en cirkulær bane og Jordens bane har da også en meget lav excentricitet 0.02 [1]. Den altafgørende faktor her er, at variationen af afstanden mellem planet og stjerne skal minimeres for at få øget stabiliteten af klimaet. I

3-legeme problemet må det også være variationen af afstanden, der er afgørende, her er der så bare tre af dem, som linjestykkerne i en trekant. Dvs. for at finde et stabilt klima, skal summen af linjestykkerne (abc) i trekanten variere så lidt som muligt.



Figur 1. Tre legemer med angivelse af indbyrdes afstande og vektorpile, der indikerer bevægelserne. Variationen af trekantens samlede sidelængder skal minimeres.

Der findes allerede en del geometriske løsninger til 3-legeme problemet. Man kan placere de tre objekter i hjørnerne af en ligesidet trekant, som roterer rundt om et fælles punkt, Lagranges løsning, sætte et af legemerne i midten og de andre til at kredse udenom, Eulers løsning, eller sætte dem til at svinge rundt i noget der ligner et ottetal, Montgomerys løsning [2]. Eulers løsning er aldrig stabil, Lagranges løsning er kun stabil, hvis et af objekterne er meget tungere end de andre og ottetals løsningen er KAM¹ stabil. [3]



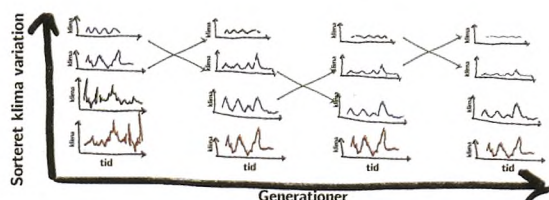
Figur 2. Kendte løsninger (fra venstre mod højre): Lagranges løsning, Eulers løsning og Montgomerys løsning.

Unaturlig udvælgelse

At udvælge individer af dyr med særlige egenskaber og avle på dem gennem generationer er en efterprøvet og meget effektiv måde at forædle og skabe nye racer på. Der findes et utal af eksempler, lige fra sortbroget malkekø, der efterhånden kan producere langt mere

¹Kolmogorov-Arnold-Moser

end en kalv kan drikke (68 l mælk om dagen), til hundecracen Chihuahua, der må siges at være meget forskellig fra det ulvelignende dyr, hunde formentlig stammer fra. Samme metode kan bruges i computerverdenen. Hvis man har en simulering som fx, hvordan banerne i 3-legeme problemet udvikler sig med tiden, kan man udvide den med en funktion, der giver simuleringen point, alt efter hvor godt den har opført sig, lidt som kåringen af præmiekvæg på dyrskuet. Denne præmiering skal give point til de systemer med mindst variation i klimaet og straffe de systemer, der prøver at snyde ved at flytte legemerne langt væk fra hinanden. Hvis man, efter at have kørt en masse simuleringer igennem, kun tillader de systemer med score over gennemsnittet at "have sex", vil populationen i næstkommende generation have lidt bedre egenskaber end den forrige. Allerede efter et par generationer med fokus på et stabilt klima kan man se klare forbedringer i 3-legeme systemernes stabilitet. Opgaven er nu flyttet fra selv at skulle finde på stabile systemer til at finde ud af, hvordan man bedst kan parre to "solsystemer", hvilke udvælgelseskriterier man skal bruge, og hvor stor mutationsraten skal være.



Figur 3. For hver generation sorteres systemernes klimavariation over simuleringsforløbet og der udvælges to tilfældige forældresystemer fra de bedste 10 % til skabelsen af næste generation. Over tid minimeres udsvingene.

Sex for Solsystemer

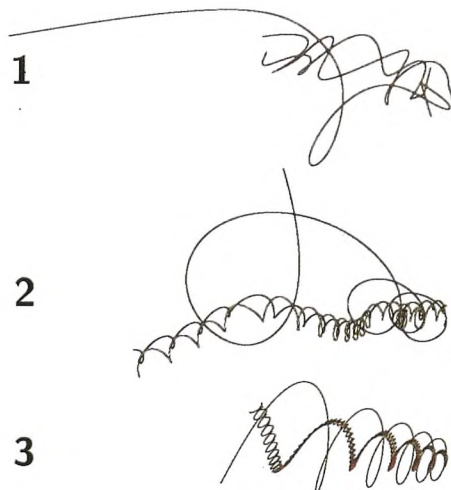
Sex kan beskrives som noget så kedeligt som en tilfældig blanding af egenskaber (eller gener som koder for egenskaber) + fejl (ϵ). 3-legeme problemet har 21 startparametre idet der er tre objekter, hver med startposition $\vec{s}_n = [p_x, p_y, p_z]$, starthastighed $\vec{v}_n = [v_x, v_y, v_z]$ og masse m_n . Når man blander to systemer, kan man enten sætte $\vec{s}_1 + \vec{\epsilon}$ sammen med $\vec{v}_2 + \vec{\epsilon}$ og tage en af masserne, gå ned i de enkelte vektorer og bytte rundt i elementerne derinde, så man ender med at få noget i stil med $\vec{s}_1 \text{ sex } \vec{s}_2 = [p_{x1} + \epsilon, p_{y1} + \epsilon, p_{z2} + \epsilon]$ eller, som jeg har haft stor succes med, kombinere de to tilfældigt. Det vigtige er, at blandingen sker tilfældigt og at der bliver lagt en tilfældig, positiv eller negativ, fejl til. Den tilfældige fejl (ϵ) er vigtig, da ingen af systemerne er specielt stabile og fejlen tillader den efterfølgende generation af systemerne at finde på 'noget nyt' i forhold til forældresystemerne. Man kan med fordel eksperimentere med forskellige distributioner af ϵ som fx den eksponentielle distribution nedenfor.

$$\epsilon(x; \lambda) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x}, & x \geq 0, \\ 0, & x < 0. \end{cases} \quad (1)$$

Hvor $\lambda > 0$ bestemmer mutationsraten. En eksponentiel distribution tillader, at fejlen af og til kan få lov

til at blive overordentlig stor. Det giver populationen mulighed for at springe over lokale klimavariationsminima. Sagt med andre ord, man tillader, at der er en sandsynlighed for, at et af havregrynene kan springe op af skålen og ned på gulvet, så computeren kan finde ud af, at der er mindre potentiale og mere stabilt dér, og flytte resten af morgenmaden derned.

Udvikling gennem generationerne

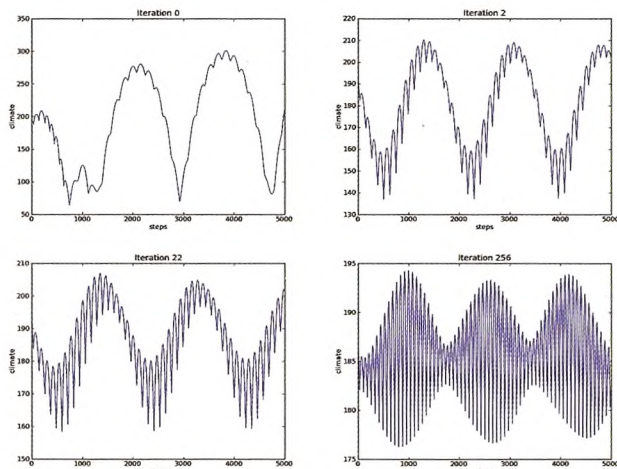


Figur 4. Gennem generationerne udvikler systemerne stabile baner.

Figuren ovenfor viser, hvordan banerne udvikler sig igennem generationerne. Partikelfysikere kan forestille sig et tågekammer, andre kan forestille sig, at de tre legemer bliver skudt ud af en bordbombe, som står et par meter væk ovre til højre og legemerne trækker strimler af farvet konfettipapir efter sig, som afslører banernes tidsudvikling. Der er perspektiv i figuren og det vil sige, at skønt nr. tre ser ud til at blive større, er det faktisk fordi den kommer tættere på.

1. Systemet er kun et par generationer gammelt, de forrige generationer havde en kollision meget tidligt i udviklingen. Systemet opfører sig aldeles kaotisk og det ender da også med, at et af legemerne bliver slynget ud af de to andre.
2. Dette system har en hel del flere generationer bag sig og opfører sig næsten stabilt, men noget der ligner en ustabil resonans, ender med, at også dette system slynget af legemerne ud.
3. Efter ca. 200 generationer har dette system opnået en god stabilitet. To af legemerne kredser tæt op ad hinanden vinkelret på et lidt tungere legeme i modsætning til sol-jord-måne systemet hvor de ligger i ekliptikaplanet. Ydermere er masserne næsten lige store og fordelt i forholdene $1x$, $(1 + 3/2)x$, $(2 + 1/3)x$, hvor x kan være en vilkårlig masse fx en solmasse.

I evolutionsbiologien arbejder man med, at arter pludselig kan splitte op eller ændre sig, i fysikken har vi faseændringerne som man bl.a. også ser i "simuleret udglødning". Det samme gør sig gældende her.



Figur 5. Tidsudviklingen af middel linjelængden af trekanten fra figur 1.

Figur 5 viser klimaudviklingen gennem generationerne, x-akserne viser antallet af tidsstep, y-akserne en enhedsløs middelfasthed. Øverst står iterationnummeret, dvs., hvor mange generationer computeren har afprøvet. Øverst til venstre ses begyndelseskonfigurationen, to legemer kredser tæt op ad hinanden og gør kurven bølget, samtidig varierer trekanten meget, det er rent held, at der ikke er sammenstød i det simulerede tidsrum. Allerede i næste generation har systemet fundet en art, der er nogenlunde stabil, den fortsætter med at raffinere sig fra en variation på 70 til 50, indtil iteration 256, hvor systemet pludselig finder en ny art/fase som kun varierer med ca 20.

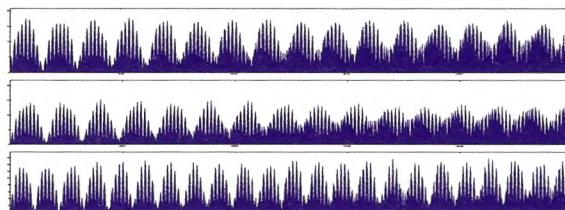
Stabilitet

En egenskab ved kaotiske systemer, som volder problemer med vejrudsigten er, at den mindste forskel i systemerne forøges eksponentielt med tiden og sørger for, at vejrudsigten bliver mere unøjagtig og mildest talt ubrugelig jo længere man prøver at køre simuleringen. Hvis den genetiske algoritme til løsning af 3-legeme problemet, har fundet en konfiguration, som er lige så stabil som en blyant, der står på spidsen, hvor selv den mindste ændring vil føre til et brat kollaps af systemets stabilitet, er konfigurationen ikke så interessant astrobiologisk. Vilkårene for liv i et sådan system vil være, svære da den mindste ændring, som en fremmed stjerne, der bevæger sig forbi systemet eller en større asteroide, vil kunne få den spinkle stabilitet i stjernesystemet til at bryde totalt sammen. Det er derimod langt mere interessant astrobiologisk, hvis der er en 'matemagisk' kvasistabilitet i systemet, som får systemet til at falde tilbage i samme position (som kugler i en skål) eller blot fortsætte i et nyt stabilt forløb på et stabilitetsplateau (som en bordoverflade, hvor man godt kan flytte en hel del rundt på tingene, uden de falder ud over kanten).

Figur 6 viser tidsudviklingen af forskellen mellem klimaet for det optimerede system og det optimerede system + tre forskellige perturberede af samme størrelsesorden som den genetiske fejl.

Simuleringen her er 50 gange længere, end det den genetiske algoritme optimerede. Aksernes størrelse er underordnet, det vigtige er, at det er tydeligt, at ingen af de tre perturberede systemer udvikler sig eksponentielt anderledes end det oprindelige system. Havde de

perturberede systemer lagt sig ind i samme fase som det oprindelige, havde kurven konvergeret mod 0, dette ser heller ikke ud til at være tilfældet. Derimod ser det ud til, at systemerne er blevet faseforskydet og ellers udvikler sig lige så stabilt som det originalt optimerede system.



Figur 6. Forskellen mellem tidsudviklingen i et færdigudviklet stabilt system, og samme system hvor man har flyttet en anelse rundt på legemernes positioner fart og retning.

Til sidst kommer spørgsmålet om stabiliteten alene kommer fra geometrien, eller fra usikkerhed i computerens udregning. Indtil videre har jeg kun brugt "double precision" og faste integrationsskridt, noget jeg vil overveje at forbedre i en evt. fremtidig udgave af programmet.

Fremtiden for genetiske algoritmer

Så vidt jeg kan se, er genetiske algoritmer et vidunderligt værktøj, hvis anvendelsesmuligheder vil stige i takt med computerkraften. Fysikken bag 3-legeme problemet har været kendt i 325 år, men det at finde startbetingelserne til stabile baner volder stadig problemer. Genetiske algoritmer og simuleret udglødning kan helt sikkert hjælpe til i lignende inverse problemer. "Rapid prototyping", som 3d-printeren, kan i den forbindelse hjælpe til i situationer, hvor selv kraftige computere og fysiske modeller har svært ved at følge med. Der er masser af sjove projekter at kaste sig over. For eksempel raketdyser eller Polywell/Farnsworth fusionsreaktoren.

Litteratur

- [1] <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/planetary/factsheet/earthfact.html>
- [2] <http://www.ams.org/samplings/feature-column/fcarc-orbits1>
- [3] A New Solution to the Three-Body Problem Richard Montgomery <http://www.ams.org/notices/200105/feature-montgomery.pdf>
- [4] <http://www.blprnt.com/smartrockets/>



Asmus Koefoed er cand. scient i fysik og for tiden aktiveret i job med løntilskud på Niels Bohr Institutet, mens han prøver at skaffe funding til studier med Mars Science Laboratory. asmus.koefoed@nbi.ku.dk.

Sirius Observatoriet i Vejle

Af Kirsten Kragbak, tilsynsførende på Sirius Observatoriet

Sirius Observatoriet blev grundlagt af N. A. Møller Nicolaisen i 1924 og bliver i dag drevet af Vejle kommune. Der er åbent for offentligheden, fx gymnasieklasser, hver uge i det sene efterår og det tidlige forår.



Figur 1. Sirius Observatoriet set udefra.



Figur 2. Møller Nicolaisen (1874-1954), grundlæggeren af Sirius Observatoriet.

Møller Nicolaisen blev født i 1874 på Brande-egnen i beskedne kår. Han boede på et lille landbrug og kom, som det var almindeligt på den tid, tidligt ud at tjene. På trods af mange interesser og stor videbegærlighed var hans bedste alternativ at blive uddannet som malersvend ligesom sin far. Interessen for den tids nye teknologi var imidlertid så stor, at han senere uddannede sig indenfor elektrikerfaget. På den tid var der endnu ikke nogen formel elektrikeruddannelse, så han var delvis selvlært. I de unge år rejste han rundt i Europa, hvor han arbejdede som håndværker. Han var bla. i Glasgow,

hvor han deltog i opbygningen af verdensudstillingen i 1901. Fra 1902 fik han egen elektrikervirksomhed i Vejle. Virksomheden voksede sig efterhånden stor og i 1911 købte han ejendommen Torvegade 8, hvor Sirius Observatoriet senere kom til at ligge. Interessen for astronomi havde Møller Nicolaisen med sig fra barndommen. Som 15-årig købte han således for den nette sum af 50 øre bogen "Astronomi for alle". Det var dog først senere i livet, da han mødte astronomen Thorvald Køhl, at der kom gang i planerne om selv at opføre et observatorium. I 1924 blev Sirius observatoriet indviet på øverste etage af ejendommen i Torvegade.

Selve kikkerten er en 130 mm refraktor med 2 m brændvidde produceret af Merz i München. Instrumentet blev købt hos Cornelius Knudsen i København for 3000 kr, hvilket var mange penge i 1924. Den mekaniske opstilling er konstrueret af Jens Olsen (ham med verdensuret på Københavns Rådhus). Der er okularer som giver forstørrelser fra 50-400 gange.



Figur 3. Kikkerten.

Møller Nicolaisens store forbillede var den danske astronom Tycho Brahe, som havde observatorium på Hven i Øresund. I begyndelsen af 1930'erne holdt Møller Nicolaisen ferie på Hven, hvor han kom på sporet af Tycho Brahes papirmølle. Det var således velkendt, at Tycho Brahe havde opført en af de første danske papirmøller på Hven i slutningen af 1500-tallet. Han var nemlig ikke tilfreds med leverancen af papir fra Tyskland. Denne papirmølle havde man ledt forgæves efter resterne af, men det var Møller Nicolaisen, der på en sommerferie opdagede mølledæmningen og indså, hvor der skulle graves efter eventuelle rester. Han ansøgte og fik tilladelse af de svenske myndigheder til at udgrave papirmøllen sammen med en svensk arkæolog. De fandt fundamentet og en del af selve møllehjulet, som i dag

er udstillet på museet på Hven. Da det hele var nøje undersøgt og opmålt, blev fundamentet tildækket igen, så det på den måde er bevaret for eftertiden.

Møller Nicolaisen havde mange venner blandt amatør-astronomerne, men også blandt de professionelle astronomer nød han anerkendelse. Elis Strømgren var en af disse. Det var Strømgren der opfordrede og fik overtalt Møller Nicolaisen til at deltage i en videnskabelig opmåling af variable stjerner. Det blev til over 4000 observationer, som blev publiceret i bl.a. Nordisk Astronomisk Tidsskrift.

Sirius Observatoriet blev allerede i Møller Nicolaisens tid åbnet for publikum. Det kostede på et tidspunkt 1 kr for en forevisningsaften. Også dengang var publikum såvel enkeltpersoner som skoleklasser og foreninger.

Inden sin død testamenterede Møller Nicolaisen Sirius Observatoriet til Vejle Kommune, og lige siden har det fungeret som folkeobservatorium. Stedet fungerer imidlertid også som et lille museum. Det rummer bl.a. en samling af bøger, herunder nogle gamle almanakker fra 1600-tallet. Der er også nogle billeder og genstande fra udgravningen på Hven. Klenodiet er et lillebitte stykke af Tycho Brahes ligklæde.



Figur 4. Sirius Observatoriet set indefra.



Figur 5. Samling af klenodier.



Figur 6. Urværket fremstillet af Jens Olsen.



Figur 7. Væggen med planeter.

Møller Nicolaisen døde i 1954 få dage efter sin 80 års fødselsdag. Han blev påkørt af en motorcykel og døde nogle dage senere af sine kvæstelser.

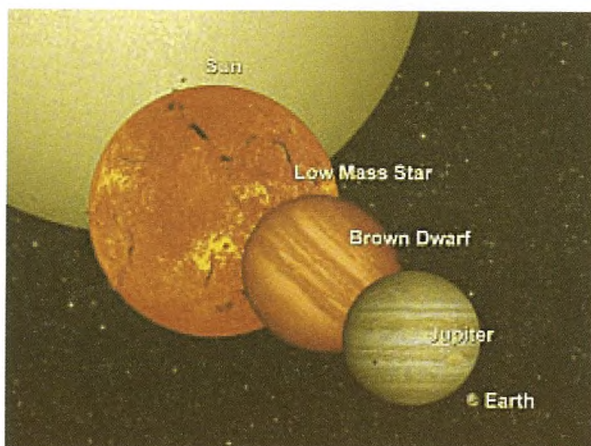
Sirius Observatoriet er beliggende i Vejle midtby på Torvegade 8c.

Åbningstiderne er: Mandag aften kl. 20-22 i månederne oktober, november og februar og marts. Der er kun åbent, hvis der er stjerneklart. Derudover kan grupper bestille tid (kontakt Kirsten, tlf. 60207553 eller Irvin, tlf. 27771356) og komme en af de andre ugedage. Der er gratis adgang.

Af Sven Munk, KVANT

Brune dværge er sjældne

ASTRONOMI. Brune dværge med en typisk masse på 8 % af Solens kan ikke vedvarende opretholde en kernefusion, som giver lige så meget lys som solen. Man har længe haft den opfattelse, at jo mindre masse stjerner har, desto flere må der være af slagsen. Nu har forskere lavet en grundig undersøgelse af stjerner nær vort solsystem (radius på 26 lysår).



Figuren viser en sammenligning af forskellige himmellegemers størrelse. Resultat af optællingen: For hver brun dværg, der blev fundet, var der 6 normale stjerner. Der blev fundet 16 nye brune dværge, hvorved det samlede antal kendte blev 30. Observationerne har været gennemført med rumteleskopet WISE, der 'fotograferer' i den infrarøde del af spektret. Det betyder, at selv relativt kolde stjerner udskiller sig fra baggrunden.

Kilder: J. Davy Kirkpatrick et al., Further Defining Spectral Type 'Y' and exploring the Low-mass End of the Field Brown Dwarf Mass Function, *Astrophysical Journal*, 2012; Rumteleskopet WISE; California Institute of Technology.

Kosmisk stråling fanget

KERNEFYSIK. Et japansk cedertræ har afsløret, at jorden i årene 774-775 fvt. blev udsat for ekstraordinær kraftig beskydning med kosmisk stråling (protoner). Japansk ceder er en træsort, som kan blive meget gammel – op til 7000 år. Træet er således potentielt i stand til at fortælle noget om atmosfærens udvikling i nyere tid. Forskerne har undersøgt to træer og har fundet en kraftig forøgelse af kulstof-14 mængden. Hvor den årlige variation af C-14 i træerne svinger omkring 0,05 %, var der i de nævnte år en stigning på 1,2 %.



Dannelse af kulstof-14 sker, når nitrogen (N) i atmosfæren rammes af protoner (brint) med stor energi. Kulstof-14 er en tungere isotop end det almindelige kulstof-12. Planter optager dog begge typer af kulstof, og noget af dette aflejres i træets årsringe.

Forskerne har gjort sig nogle tanker om årsagen til den forøgede kosmiske stråling. De finder hverken et soludbrud eller en stjerneeksplosion sandsynlig. For sidstnævntes vedkommende fordi man ikke har fundet en øjenvidneberetning om en stjerneeksplosion på dette tidspunkt. At ingen har set og nedskrevet noget, er vel et svagt argument for, at der ikke er sket noget.

Kilder: Fusa Miyake et al., A signature of cosmic-ray increase in AD774-775 from tree rings in Japan, *Nature*, 2012.

Advarsel ved solstorm

RUMFYSIK. Både mennesker og maskiner udsættes for ekstra fare, når der kommer et soludbrud. Et sådant ledsages af en kraftig strøm af ladede partikler med stor kinetisk energi. Jordens magnetfelt kan i nogen grad virke som skærm mod denne stråling. Ved polerne er magnetfeltets retning nærmest vinkelret på jordoverfladen, hvorfor feltet næsten ingen beskyttende virkning har. Genstande i rummet er mest udsatte ved en solstorm.

Forskere har, som beskrevet i tidsskriftet *Space Weather*, installeret nogle neutronmonitorer nær Jordens to poler. Med disse kan der udsendes et varsel om at der kommer solpartikler, op til tre timer i forvejen.



Her ses den ene af de tre neutronmonitorer på Antarktis. På Jordens nordlige halvkugle findes der yderligere seks monitorer.

Monitorsystemet er baseret på den kendsgerning, at der ved starten af et soludbrud udsendes ladede partikler (hovedsageligt protoner), som kun er en smule langsommere end lys. Derfor vil de være fremme ved Jorden efter ca. 10 min. Når protonerne rammer atmosfæren vil der dannes neutroner, som så opfanges af monitorerne.

Kilder: S.Y. Oh et al., South Pole neutron monitor forecasting of solar proton radiation intensity, *Space Weather*, 2012; University of Delaware, Bartol Research Institute Neutron Monitor Programme.

Hvor store kan stjerner være?

ASTROFYSIK. Sammenstød i tætte stjernehober kan føre til dannelse af ekstremt store stjerner med mere end 300 solmasser. Dette er resultat af en simulation af stjernehober R136 (i Den Store Magellanske Sky – en satellit-galakse til Mælkevejen). For et par år siden opdagede man i dette område fire store stjerner, som rejste spørgsmål ved den hidtidige antagne overgrænse 150 solmasser. Den største man fandt, var R136a1 med 320 solmasser. Billedet viser størrelsesforholdet mellem solen (gul) og R136a1 (mørk blå). Desuden er der en rød og en blå dværg.



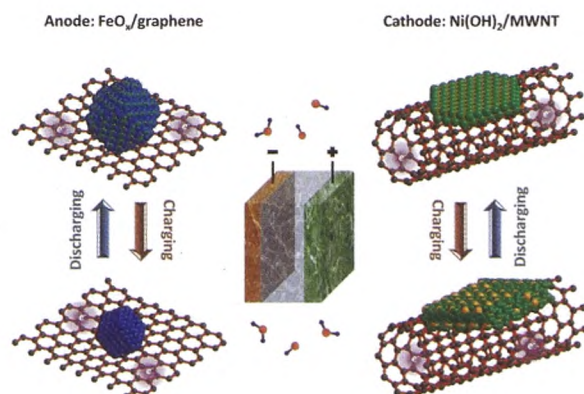
For at kunne gennemføre en realistisk computersimulering måtte programmet holde styr på 170.000 stjerner og for hvert tidskridt løse 510.000 ligninger. Beregningerne viste, at de super-store stjerner ikke dannes individuelt som sådan. Først gennem sammenstød mellem store, tætkoblede dobbeltstjerner kunne den samlede masse nå op på 300 solmasser. Forskerne konkluderer derfor, det, der er konstateret i stjernehober R136, udgør en undtagelse. Så den antagne overgrænse for nydannede stjerner forbliver 150 solmasser.

Kilder: S. Banerjee, P. Kroupa og S. Oh, The emergence of super-canonical stars in R-136-type star-burst clusters, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 2012; Argelander-Institut für Astronomie, Bonn.

Lynhurtig Ni-Fe Akku

FASTSTOFFYSIK. Akkumulatorer baseret på brug af metallerne nikkel og jern er langt fra nogen ny opfindelse. Imidlertid blev de trængt i baggrunden, da Li-ion batterier for alvor slog igennem i 1990'erne. Nu har et par forskere på Stanford University undersøgt, om Ni-Fe akkumulatorer kunne undergå en fornygelseskur. Resultatet ser lovende ud.

Om en prototype skriver forskerne, at opladetiden er 2 min. og den kan afgive den lagrede energi på 1/2 min. I den nye konstruktion spiller kulstofnanorør og graphen (2 dimensionalt kulstofmolekyle) en afgørende rolle.



Tegningen skal vise den principielle opbygning af den nye akkumulator. Til venstre findes Fe-elektroden og på modsatte side Ni-elektroden. På graphen (nettet) repræsenterer de blå klumper nanokrystaller af jernoxid. På de flervæggede nanorør finder man grønne klumper, som er nanokrystaller af nikkelhydroxyd. Mellem de to elektroder findes elektrolytten, som er kalilud (= KOH = kaliumhydroxyd).

Protoypen har en nominel spænding på 1 V. Efter 800 op- og afladninger var akkumulatorens kapacitet faldet til 80 %. En sådan værdi er på linje med det, Li-ion-batterier kan præstere.

Kilder: H. Wang et al., An ultrafast nickel-iron battery from strongly coupled inorganic nanoparticle/nanocarbon hybrid materials, *Nature Communications* 3, article nr. 917, 2012.

Europæiske jordskælv i 1000 år

GEOFYSIK. Senest har Fukushima givet en tankevækkende illustration af de mulige konsekvenser af jordskælv. Selv om der er mange jordskælv rundt omkring i verden i løbet af et år, er der mange mennesker, som aldrig har oplevet et sådant. For det enkelte menneske kan jordskælv således være lidt af en sjældenhed. Imidlertid må bl.a. entreprenører ved store anlægsarbejder ofte forholde sig til spørgsmålet: Er der risiko for jordskælv netop her?



Kort af en art, som vist ovenfor, kan være særdeles værdifulde, når man vil bedømme faren for jordskælv. Kortet er fra et jordskælvs-katalog, som GFZ her udarbejdet. Kataloget omfatter 45000 registrerede skælv i de sidste 1000 år.

Kataloget oplyser også om 'fakes', altså jordskælv som måske/måske ikke har fundet sted. Både tidspunkter og stedsangivelser kan så være mangelfulde.

Kilder: G. Grünthal et al., The European-Mediterranean Earthquake Catalogue (EMEC) for the last millennium, *Journal of Seismology*, 2012; Deutsches GeoForschungsZentrum (GFZ), Potsdam.

Dråbeeffekt under Venuspassagen

ASTRONOMI. Under Venuspassagen den 6. juni 2012, optog Bent Jensen, Haslev Gymnasium, dette smukke foto under de afgørende sekunder ved 3. kontakt, dvs. dér hvor skyggen af Venus netop rammer randen af solskiven. Der opstår en karakteristisk "dråbeeffekt".



Planck-missionens enorme skattekasse

Carol Anne Oxborrow, DTU Space

Satellitmissionen Planck har brugt næsten tre år (2009–2012) på i detaljer at kortlægge den kosmologiske baggrundsstråling (CMB), som er det sidste lys fra Big Bang. De første kosmologiske resultater forventes færdige i januar 2013, men der er allerede blevet udgivet en del andre astronomiske resultater, som dækker himlen bedre end tidligere målinger. Et katalog af punktkilder – herunder flere nye galaksehobe – er et af de vigtigste produkter, men galaktisk støv, stjernedannelsesområder og mange andre slags objekter, studeres ligeledes af Planck.

Planck missionen

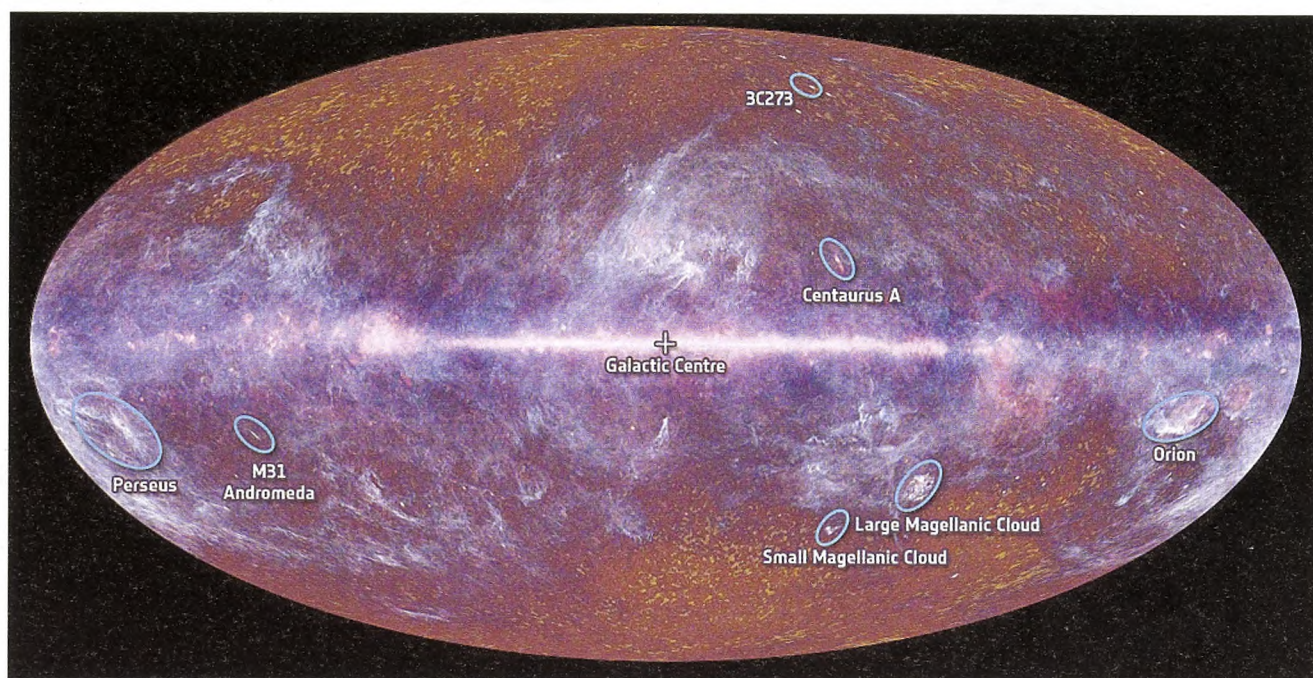
I maj 2009 opsendte det Europæiske Rumagentur (ESA) en Ariane 5 raket med Planck-satellitten som én af dens to passagerer. Den anden var Herschel-satellitten. Plancks mission var på tre år at kortlægge strålingen fra Big Bang med meget større nøjagtighed end tidligere gjort. Denne kosmologiske baggrundsstråling kaldes Cosmic Microwave Background (CMB). De første CMB-resultater fra missionen forventes i januar 2013, men undervejs er der blevet udgivet en sand skattekasse af andre resultater. For der er nemlig et problem med at kigge ud i rummet og tilbage i tiden til den ældste og fjerneste stråling i Universet – for alt der er nærmere og yngre står i vejen for det, man vil studere. I dette tilfælde er det hele det synlige Univers, som står i vejen, men til gengæld får Planck en overvældende strøm af biprodukter med i dataene.

Planck har kortlagt hele himlen fem gange for at

sikre det bedste signal, og for at formindske støj og systematiske effekter fra selve instrumenterne. Den vigtigste del af missionen endte da satellitten løb tør for de kølevæsker, som sikrede de fleste detektorer deres enorme følsomhed. Hans Ulrik Nørgaard-Nielsen har beskrevet missionen og instrumenterne nøjere i en artikel i Kvant fra maj 2009, da Planck blev opsendt [1].

Plancks himmelkort

Et af de mest imponerende og forventede resultater fra Planck var det første himmelkort, som vises i figur 1. Kortet er konstrueret således, at Mælkevejens centrum (et sort hul ved navn Sagittarius A*) ligger i midten og galaksens stjernefyldte plan strækker sig, vandret over midterlinjen på kortet. Man skal forestille sig at man står i midten af en globus foret med kortet sådan, at de to yderste sider af kortet mødes bag om én, mens toppen og bunden ligger henholdsvis over hovedet og under fødderne. Sådan er vi omringet af universet.



Figur 1. Plancks første himmelkort, baseret på det første års data.

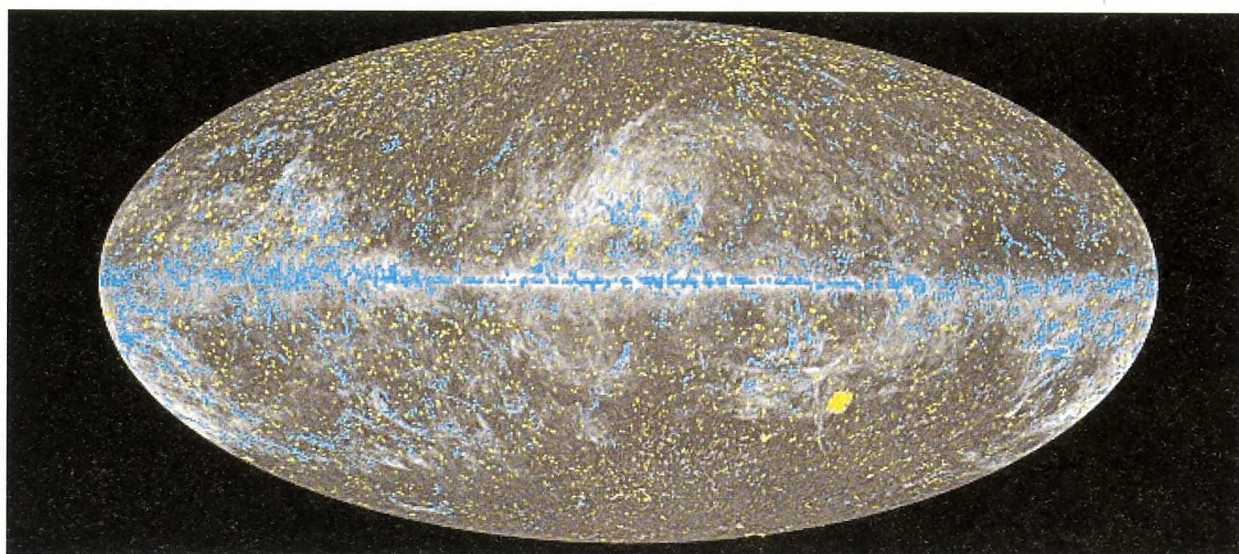
Det vi kan se tydeligst på kortet, er Mælkevejen som fremstår i blå, lilla og hvide nuancer pga. dens forholdsvis høje temperatur. Baggrunden (vist i røde og orange nuancer), er noget koldere. Det er den kosmologiske baggrundsstråling, som er kølet ned til 2,725 K, (omkring -270°C) pga. Universets udvidelse. Det er klart at CMB'en er godt skjult af ikke kun Mælkevejen, men også andre objekter udenfor vores galakse. Nogle af de meste iøjnefaldende objekter vises med navn på kortet.

De store støvfylde områder i Perseus og Orion findes i Mælkevejen, men der kan også ses nogle objekter udenfor galaksen: den Store og Lille Magellanske Sky og Andromeda-galaksen. Det er faktisk på grund af de mange forgrundssignaler, at det først er januar næste år, at Planck projektet vil udgive deres kort over selve CMB'en. At rense himmelkortet for alle de andre

signaler er meget indviklet og foregår på iterativ måde. Det kræver en indgående forståelse af instrumenterne som man først opnår ved grundige analyser.

Kildekataloget

Et af de produkter, som først blev produceret var det såkaldte 'Early Release Compact Source Catalogue', eller ERCSC. Det er simpelthen en liste over de mange punktkilder, som kan findes på himmelkortet. Indenfor Mælkevejen er en punktkilde en stjerne omgivet af støv eller en kold sky, som langsomt forvandler sig, under tyngdekraftens indflydelse, til en stjerne – dvs. objekter på størrelse med et solsystem. Udenfor Mælkevejen ser vi andre galakser som punktkilder, og endnu længere ude er det galaksehobe og supergalaksehobe, som dukker op i kataloget.



Figur 2. Kilder fra Plancks første katalog: de blå er kilder i selve Mælkevejen og de gule er udenfor vores galakse.

Figur 2 viser ERCSCs punktkilder delt op som dem i vores egen galakse (blå) og dem udenfor Mælkevejen (gule). Kataloget beskrives yderligere i [2].

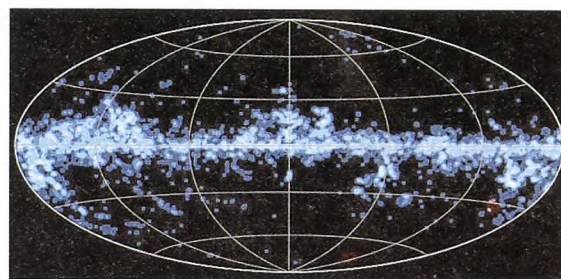
Den store gule plet i midten af den nederste højre kvadrant af himlen er den Store Magellanske Sky, som består af mange enkelte punktkilder. Kataloget indeholder 15.000 enkelte kilder, hvoraf nogle også opdeles i to andre kataloger: Early Cold Cores (ECC) og Early Sunyaev-Zeldovitch (ESZ), som beskrives i de næste afsnit.

Kolde kerner, unge stjerner

Cold Cores er kompakte skyer af gas og støv. De er som navnet siger kolde og tætte, og er langsomt i gang med at falde sammen til stjerner: kolde kerner. At de er kolde er vigtigt på to måder: for det første er Planck udviklet til at måle strålingen fra en meget kold kilde – den kosmologiske baggrundsstråling på 2,725 K. Derfor er satellitten særdeles velegnet til at observere kolde objekter i Universet, som andre missioner, der måler

ved langt kortere bølgelængder, vil overse.

At kernerne er kolde, har desuden stor betydning for deres fremtidige udvikling. Kolde kerner kan nemlig presses sammen af tyngdekraften, mens varme gasskyer hellere vil udvide sig. Plancks katalog over kolde kerner indeholder 915 kandidater. Ligesom med ERCSC har statistiske prøver og simuleringer vist, at katalogerne er mere end 90% pålidelige. Figur 3 viser Plancks himmelkort over kolde kerner.



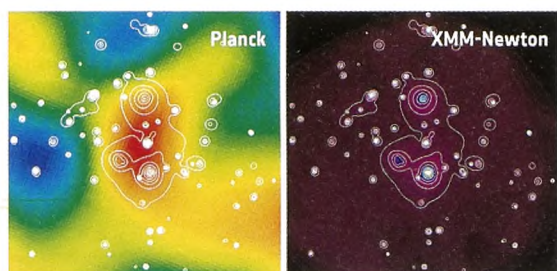
Figur 3. De 915 Planck kandidater for kolde kerner fra Early Cold Cores kataloget.

Beskrivelsen af katalogerne som 'Early' viser, at disse kildelister blev lavet som nogle af de allerførste resultater, således at hele det astronomiske samfund, og ikke bare dem i Planck-projektet, kan bruge katalogerne som guide for deres egne observationer. Der hvor Planck har fundet noget nyt og måske interessant, kan andre rette deres kikkerter mod den fundne position for at lære mere om det nye objekt. Selve Planck-projektet havde aftaler for hurtige opfølgende observationer med andre observatorier og satelliter, og det har allerede givet gode resultater. Formålet var at efterforske nye objekter indenfor få dage efter den oprindelige opdagelse – og dette mål lykkedes for langt de fleste.

Sunyaev-Zeldovich galaksehobe

Det andet under-katalog i ERCSC, ESZ, indeholder galaksehobe opdaget gennem Sunyaev-Zeldovich effekten, som først blev opdaget af to sovjetiske astrofysikere i 1970'erne. Effekten opstår, når fotoner fra CMB'en strømmer igennem den enormt tynde og varme gas, som findes i galaksehobene. De hurtige elektroner i gassen afgiver lidt af deres kinetiske energi til fotonerne, der derved får deres energi øget lidt.

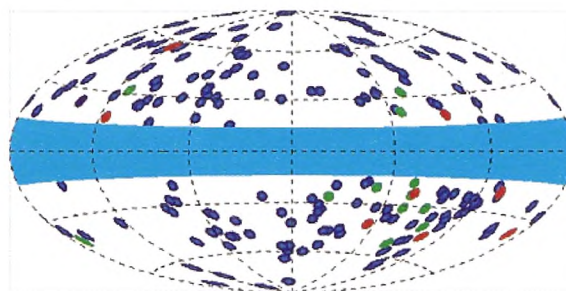
Fotonernes og elektronernes relative energier er sådan, at et kort over CMB'en målt med en detektor, der er følsom for stråling under 217 GHz vil vise kolde pletter, hvor der mangler fotoner, fordi de er blevet flyttet op i energiniveau. Et kort fra en følsom detektor for strålinger over 217 GHz vil omvendt vise de samme områder som lidt varmere, fordi der her er lidt flere fotoner med energi over 217 GHz. Planck-instrumenterne er udstyret med detektorer for ni forskellige frekvenser mellem 40 GHz og 857 GHz. Derfor kan den varme gas i en galaksehob findes ved en systematisk gennemgang af kortene lavet af signalerne under 217 GHz og dem over 217 GHz. Forholdet mellem kortene fra de to forskellige signalfrekvenser viser de steder, hvor baggrunden er henholdsvis for kold eller for varm. Disse steder svarer med stor sikkerhed til den varme gas omkring en galaksehob.



Figur 4. En ny supergalaksehob som blev set af Planck (til venstre) og XMM (til højre).

Figur 4 viser et eksempel på en supergalaksehob fundet med Sunyaev-Zeldovich effekten. Til venstre vises CMB-kortet med en rød plet hvor CMB-fotoner er blevet opvarmet af den høje gastemperatur omkring hoben. Til højre ses billedet af det samme område set af ESAs XMM-Newton-satellit, som detekterer røntgenstråling udsendt af gassen. Med de to datasæt kan vi

konstatere, at der er tale om en supergalaksehob dannet af tre mindre galaksehobe. Supergalaksehoben har fået navnet PLCK G214.6-37.0.

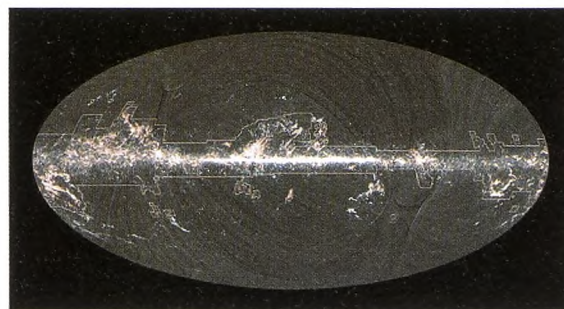


Figur 5. De 189 galaksehobe fundet med Sunyaev-Zeldovich-effekten.

I alt indeholder ESZ kataloget 189 mulige galaksehobe (se figur 5), hvoraf 169 svarer til allerede kendte hobe (blå). Af de mulige 20 nye hobe er 11 blevet bekræftet som ægte hobe af opfølgende observationer med XMM-Newton (grønne), de fleste med usædvanlig form og lavt strålingsniveau, som forklarer deres hidtidige anonymitet [3]. De resterende nye kandidater, vist med rødt, afventer bekræftelse.

Molekylskyer i Mælkevejen

Som det tydeligt ses i figur 1, er der mange signaler fra vores egen galakse i form af diffuse skyer, som ikke er punktkilder. Der er mange komponenter, som bidrager til disse sløragtige strukturer. Mikrobølgestråling i de frekvenser som Planck måler, udsendes af relativistiske elektroner mens de bevæger sig i Mælkevejens magnetfelt. Sammenstød mellem frie elektroner og andre partikler udsender også stråling ved velkendte frekvenser, og de mange skyer af støv udsender sortlegemestråling som dækker mange frekvenser. Adskillige molekyler afgiver stråling med meget veldefinerede frekvenser pga. af de bestemte energiovergange, som opstår når de rammes af lys eller andre partikler.



Figur 6. Plancks himmelkort over CO-molekylskyer (blå) sammen med alle de hidtil bedste kort inden Plancks målinger (rød).

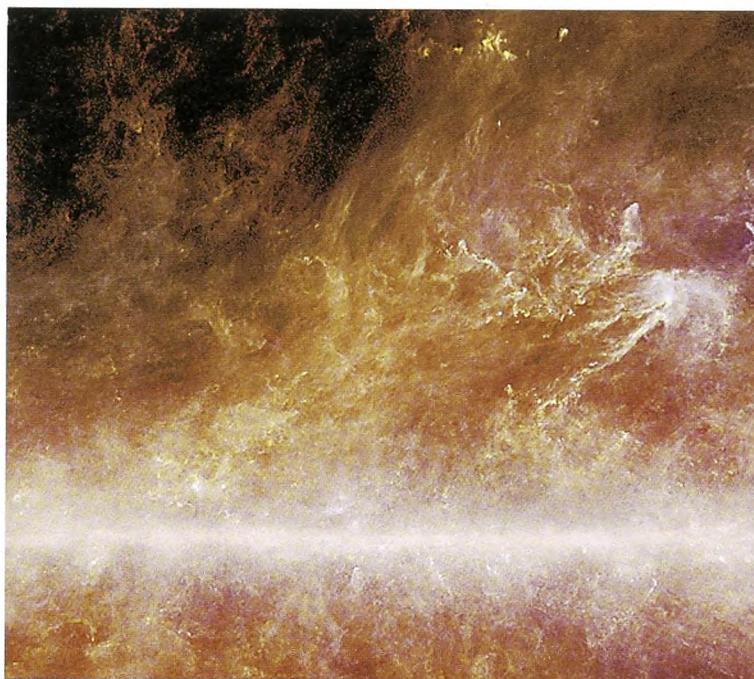
Et af de molekyler som lyser stærkest i Plancks frekvenser er CO, kulilte, som kan detekteres ved flere af Plancks frekvenser takket være flere overgange i molekylerne. Derfor bruges CO som sporsignal for de mange molekylære skyer i Mælkevejen, der faktisk mest består af molekylær brint, som kun stråler svagt.

Figur 6 viser Plancks CO-kort sammen med de hidtil bedste kortlægninger af CO, der kun delvist dækkede himlen. Som figuren viser, har Plancks forbedrede dækning afsløret mange nye skyer i galaksen – skyer som er fødestuer for nye stjerner.

Stjernestøv

En af de stærkeste komponenter i signalet fra Mælkevejen er støv, der består af partikler af aromatiske kulbrinter, som skabes fra de tungere grundstoffer, som dannes i stjernerne. Støvskyer viser, hvor der har været stjerner, men også hvor der er stof til dannelse af nye stjerner – stjerner, som bliver beriget med tungere grundstoffer. Figur 7 viser de flotte støvskyer tæt på

Mælkevejens centrum. Billedet er sammensat af data fra Planck- og IRAS-satellitterne, som begge har målt i infrarøde bølgelængder. Støvet har to komponenter, det kolde støv, der har en temperatur under 10 K (røde nuancer) og den 'varme' komponent omkring 40 K (hvid). Der, hvor der findes flest stjerner som kan opvarme støvet (dvs. i Mælkevejens plan), ses den stærkeste varme komponent, mens det kolde støv holder sig til de ydre kanter af Mælkevejen. Der findes faktisk en tredje komponent af støvet – roterende støv, der udsender mikrobølgestråling, når de aflange støvkorn sættes i gang med at rotere, efter at være blevet ramt af ultraviolette fotoner.



Figur 7. Detalje af støvet omkring Mælkevejens centrum sammensat af data fra Planck og IRAS-satelliten.

Mere at opdage

Desværre kan en lille artikel som denne aldrig dække alt, som findes i Plancks tidlige resultater. Der er meget mere som kun kan nævnes forbigående: Kosmisk Infrarød Stråling (CIB), galaktisk gas mellem stjernerne (ISM), mørk gas i Mælkevejen, gas og støv i de to Magellanske skyer, radiokilder udenfor Mælkevejen, studier af enkelte galaktiske skyer, radiogalakser... osv. Listen er meget lang. Der er udgivet over 20 artikler om Plancks første resultater, hvoraf kun to er nævnt i litteraturlisten nedenfor. For selv at åbne skattekisten, kan du besøge <http://arxiv.org/archive/astro-ph> og søge efter 'Planck Early Results'. Et helt Univers af nye resultater venter.

Litteratur

- [1] Hans Ulrik Nørgaard-Nielsen (2009), ESA's mikrobølgesatellit PLANCK. KVANT nr. 2, maj 2009.
- [2] The Planck Collaboration (2011), Planck Early Results: The Early Release Compact Source Catalogue. <http://arxiv.org/abs/1101.2041v1>.

- [3] The Planck Collaboration (2011), Planck Early Results: The all-sky early Sunyaev-Zeldovich cluster sample. <http://arxiv.org/abs/1101.2024v1>.



Carol Anne Oxborrow Engelsk ph.d. som har været ansat på DTU Space (det tidligere Danmarks Rumforsknings Institut) siden 1998. Hun arbejder på to ESA-rummissioner, som har store danske bidrag. På INTEGRAL-missionen kalibrerer hun dagligt JEM-X-instrumenterne, som leverer røntgenbilleder af Universets mest voldsomme objekter, neutronstjerner og sorte huller. På Planck-missionen arbejder hun og Hans Ulrik Nørgaard-Nielsen på at få en detaljeret forståelse af satellittens optiske system.

ESO og dansk astronomi gennem 50 år

Af Johannes Andersen, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet

European Southern Observatory – ESO – blev officielt grundlagt 5. oktober 1962 og fylder således 50 år i disse dage. ESOs vej fra drøm via blindgyder til succes og positionen som klodens førende observatorium er en lang og dramatisk historie [1], [2]. Dansk astronomis udvikling i samme periode kan med god ret anskues som en parallel hertil: Med medlemskabet af ESO tog dansk astronomi springet ud af et lille lands isolerede formåen og meldte sig fuldt på den internationale forskningsfront, hvor Danmark nu gør sig gældende i en grad, som ikke er set siden Tycho Brahes velmagtsdage. Artiklen er en selvoplevet beretning om denne parallelle udvikling.

Den svære begyndelse

Ved 1950-ernes begyndelse var europæisk astronomi sat årtier tilbage. Til de to verdenskriges ufattelige tab af menneskeliv og materielle ødelæggelser fjøjede sig nye nationale grænser og fjendskaber, som ville tage lang tid at overvinde. De europæiske landes teleskoper var små, forældede og typisk opstillet helt uegnede steder (som Øster Vold!), mens USA rådede over 2.5 og 5m teleskoperne på Mount Wilson og Palomar, takket være formuende og fremsynede mæcener. Intet under, at Universet uden for Mælkevejen i praksis var rent amerikansk territorium.

Inspireret af grundlæggelsen af CERN i 1954 som et slagkraftigt fælleseuropæisk forskningsanlæg foreslog en gruppe visionære europæiske astronomer i januar samme år deres regeringer at skabe et fælles europæisk observatorium i Sydafrika, udrustet med et spejlteleskop med 3m diameter og et Schmidt-teleskop med en åbning på 1.2m. Formålet var dels at studere den relativt udforskede sydlige himmel, dels at give Europa et teleskop, som kunne konkurrere med de amerikanske, hvilket ville overstige selv et stort europæisk lands nationale ressourcer.

Disse få mænds urokkelige personlige venskab og videnskabelige prestige fastholdt regeringernes interesse trods tidens mange udfordringer. Det afgørende gennembrud skete, da Ford Foundation i 1959 bevilgede 1 mio \$ til bygning af observatoriet på betingelse af, at et stort flertal af landene tilsluttede sig forslaget. ESOs konvention – på regerings- og parlamentsniveau – blev omsider underskrevet 5. oktober 1962, som dermed er ESOs officielle fødselsdag; de formelle ratifikationer trak dog ud til januar 1964 – ti år efter det oprindelige forslag. Prof. Otto Heckmann, direktør for Hamburg-observatoriet, blev ESOs første generaldirektør.

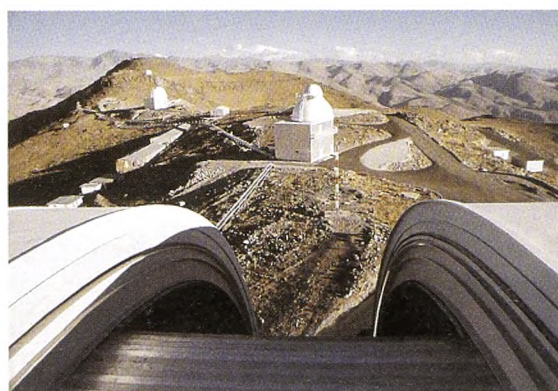
Fra Sydafrika til Chile

Men allerede forinden var astronomerne i gang med at lede efter velegnede steder i Sydafrika til det fremtidige ESO. En række stationer til måling af meteorologiske parametre blev oprettet, og et par mindre teleskoper blev opstillet som forløbere for egentlige observationsprojekter. Programmet blev afsluttet i 1963, men blev overhalet af begivenhederne i form af de nyeste resultater fra den amerikanske eftersøgning af velegnede observationssteder i Chile. Resultaterne af disse mere avancerede metoder til måling af atmosfærens turbulens

viste klart, at bjergene langs Chiles kyst frembød langt bedre observationssteder end Sydafrika.

ESO besluttede derfor nu at placere observatoriet der – og Heckmann fik en traktat med Chile klar – allerede før konventionen var endeligt ratificeret og ESO Council officielt oprettet(!). Et nært samarbejde med de amerikanske kolleger var også planlagt, men strandede i sidste ende på politiske og organisatoriske forskelligheder. I maj 1964 udvalgte ESO – set med nutidens øjne forbløffende hurtigt og uden egne meteorologiske målinger – bjerget La Silla til sit ny observatorium, mens de amerikanske observatorier blev placeret på Cerro Tololo og Las Campanas lidt syd, hhv. nord for La Silla. Alle tre steder har siden vist sig at frembyde ganske lignende forhold.

Og så gik det stærkt: Området om La Silla blev indkøbt, vej til toppen anlagt og elgenerator og vandforsyning etableret, og pladser til de første teleskoper (1m og 1.5m spejlteleskoper og et 1m Schmidt) blev indrettet, mens teleskoperne selv blev bygget. 25. marts 1969 blev observatoriet indviet af en ung svensk minister – Olof Palme – og observationerne gik snart i gang.



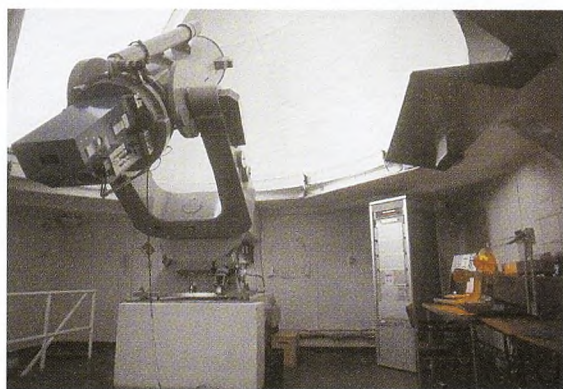
Figur 1. La Silla set fra ESO 1.5m teleskopets kuppel i januar 1973. 3.6m teleskopets plads på bjergets højeste top står stadig tom (forf. foto).

1970-erne: Succes med mange danske fingeraftryk

Danmark blev medlem af ESO 23. august 1967 på initiativ af Prof. Anders Reiz. Forfatteren og andre unge studenter hastede til Folketinget for at overvære afstemningen, men politikerne var denne gang foran forskerne, og begivenheden var overstået, da vi nåede frem! I januar 1973 stod ESOs 1.5m teleskop klar, og for en astronom fra Brorfelde forekom La Silla som et

rent paradis: Pludselig blev observationer noget, man kunne *planlægge*! Undertegnede har siden observeret ca. 600 nætter på La Silla, med en rekord på 34 klare nætter på stribe – uden et minuts dårligt vejr.

Anders Reiz fik snart udvirket, at 50 cm teleskopet fra Brorfelde blev udrustet med et 4-kanal fotometer til fotometri i Strömgren *uvby*-systemet, og i 1969 blev det flyttet til La Silla, hvor Erik Heyn Olsen og andre danske kolleger de næste 30 år udførte en kolossal mængde observationer, som blev grundlag for en meget lang række danske publikationer frem til i dag. Teleskopet blev i 1980-erne vidtgående automatiseret under navnet *Strömgren Automatic Telescope* (se figur 2), så de danske observatører kunne drive det samtidig med 1.5m teleskopet – en stor gevinst i produktivitet.



Figur 2. Strömgren Automatic Telescope i gang under fuld computerkontrol (i baggrunden; forf. foto).

I 1972 begyndte ESOs Schmidt-teleskop den kortlægning af den sydlige himmel, som var dets tiltænkte hovedopgave. Den danske astronom Richard West, som kom på ESOs stab i 1970, blev udpeget til at forestå den omfattende produktion af de glas- (siden film-) og papirkopier af ESO Sky Atlas, som skulle pryde ethvert respektabelt observatorium ved siden af det berømte Palomar-atlas. Denne opgave blev løst så suverænt, at ESO efterfølgende fik overdraget hele produktionen af det parallelle atlas fra det britiske Schmidt-teleskop i Australien og fra 1990 også af den senere gentagelse af Palomar-atlasset over den nordlige himmel.



Figur 3. 3.6m teleskopets kuppelbygning som åben byggeplads i 30m højde (forf. foto, september 1974).

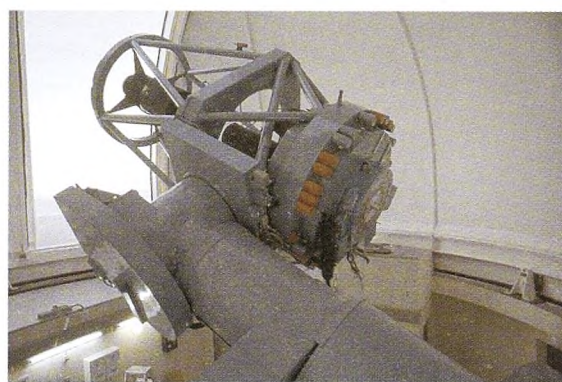
Men ESOs hovedinstrument var jo 3.6m-teleskopet, der skulle trone majestætisk i sin enorme kuppel på toppen

af La Silla (se figur 3). Det skulle konstrueres alene af Heckmanns foretrukne ingeniør, W. Stewinski; men arbejdet gik med sneglefart, og Council mistede tålmodigheden og tilliden til projektet. Samtidig var lande som Tyskland og Frankrig i gang med egne lige så store teleskoper; en betydelig politisk trussel. Den ny generaldirektør, Adriaan Blaauw, indgik derfor i 1970 aftale med CERN om at indrette en "ESO Telescope Project Division" på CERN's område og at kunne trække på CERN's store erfaring med teknisk og organisatorisk krævende projekter. Leder blev lektor Svend Laustsen fra Københavns Universitets observatorium i Brorfelde, som bl.a. havde forestået automatiseringen af observatoriets meridiankreds.

Herefter gik projektet planmæssigt, og teleskopet så stjernelys for første gang i november 1976. Som noget dengang helt nyt skulle det styres af en computer, og systemet hertil blev udviklet af lektor Svend Lorensen og ing. Ralph Florentin i samarbejde med Regnecentralen. For at afprøve systemet under realistiske forhold byggede Brorfeldes mekaniske værksted et 'testværktøj' hertil i form af et 50cm teleskop, som senere fik megen anvendelse også til forskning. Parallelt hermed blev forfatteren gennem et årti engageret i planlægning af et mere moderne sæt instrumenter til teleskopet end det, man havde påtænkt i 1960-erne.

Det danske 1.5m teleskop

Samtidig med alt dette arbejdede vi på at bygge og opstille et dansk 1.5m-teleskop på La Silla. Et større teleskop indgik i planerne for observatoriet i Brorfelde, men i 1966 lykkedes det Anders Reiz at udvirke, at Carlsbergfondet supplerede den oprindelige, utilstrækkelige bevilling op, så et moderne 1.5m teleskop kunne opstilles under La Sillas langt gunstigere forhold. Betingelsen var, at Danmark tilsluttede sig ESO – et af flere tilfælde, hvor Carlsbergfondets fremsynede støtte har påvirket en regerings politik med afgørende følger for dansk astronomis fremtid.



Figur 4. 1.5m teleskopet i arbejdstøjet (forf. foto ca. 1982).

Det mekaniske design kunne baseres på et lignende teleskop på Cerro Tolo, og bygningen blev overdraget til det erfarne firma Grubb Parsons i Newcastle, UK, mens spejlene skulle slibes på det astrofysiske institut i Liège, Belgien. Desværre viste forfatterens første prøver af teleskopet på La Silla i 1976, at spejlene var helt

ubrugelige, så Grubb Parsons fik kontrakt på at omslibe dem fra grunden, og teleskopet kunne omsider tages i brug i november 1978. Det fik snart ry for at give La Sillas skarpeste billeder, og ESOs første CCD-kamera blev placeret på 1.5m teleskopet, da man her kunne nå svagere objekter end på ESOs eget 3.6m teleskop(!).

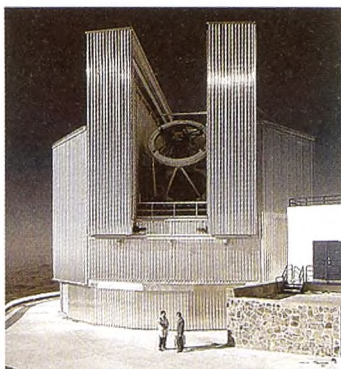
Pladsen tillader ikke at omtale alle de mange danske forskningsprojekter, der er udført med dette teleskop i tidens løb. Men da den seneste Nobelpris i fysik blev givet for opdagelsen af universets accelererende udvidelse (se [3]), må det nævnes, at den første supernova i kosmologisk afstand blev opdaget her i 1989 af H.U. Nørgaard-Nielsen, L. Hansen, H.E. Jørgensen m.fl., hvilket lagde grunden til de senere banebrydende opdagelser.



Figur 5. La Silla fra sydsiden ca. 1980, fra en vandrers perspektiv (forf. foto).

1980-erne: Et afgørende årti

I 1982 sluttede to vigtige europæiske lande sig til de oprindelige seks: Italien og Schweiz. Dette betød en betydelig styrkelse af medlemsgrundlaget, især fordi indgangsbidragene skulle bruges til at bygge et "New Technology Telescope" (NTT), som blev færdigt i 1989 (se figur 6). Heri afprøvede man en række teknologiske nybrud som forløber for næste generations store teleskoper: 100 % computer-kontrol; Alt-Azimut montering med en fast lodret akse, som sparer plads og vægt; et tyndt spejl med variabel, servokontrolleret form, og streng kontrol af alle kilder til lokal turbulens omkring optikken. Resultatet var en international sensation: Billeder så skarpe som 0.3" var aldrig set før.



Figur 6. ESOs New Technology Telescope, 1989 (ESO).

Under ESOs generaldirektør fra 1975, Lodewijk Woltjer, var La Silla efterhånden kommet op på international standard. Dette, og en række vellykkede tests af NTT overbeviste Council om, at ESO nu kunne tage det afgørende skridt mod en ny generation af langt større teleskoper: I december 1987 besluttede ESO at bygge "Very Large Telescope", en kombination af fire 8m teleskoper, som kunne bruges enkeltvis eller kombineres for at samle mere lys eller få bedre rumlig opløsning (se figur 7). ESO havde dermed overskredet grænsen for, hvad selv store europæiske lande kunne klare og trådte frem i første række på den internationale scene.



Figur 7. ESOs Very Large Telescope (VLT) på Paranal (ESO).

Men: Den danske regering stemte imod VLT-beslutningen. Den logiske følge var, at Danmark på sigt måtte forlade ESO. Nyheden ramte os som en bombe, og alt måtte gøres for at reparere skaden. Det daværende Astronomisk Udvalg nedsatte en arbejdsgruppe ledet af Prof. Torkild Andersen, AU, som afgav en detaljeret rapport om dansk astronomis fortid og fremtid i ESO, med eller uden VLT. Den afgørende faktor var igen en bevilling på 10 mio kr fra Carlsbergfondet – 25 % af den danske investering i VLT – og i 1989 kunne vi omsider ånde lettet op. At astronomerne så måtte hugge hæle og klippe tæer andetsteds i nogle år for også selv at bidrage var til at leve med.

Moralen i historien er, at beslutninger af vital betydning må forberedes i meget god tid og med inddragelse af hele miljøet; samt at prioritering betyder, at noget mindre vigtigt evt. må opgives for at opnå noget vigtigere. Den lektie bliver ikke glemt foreløbig!

1990-erne: Det internationale gennembrud

Efter næsten ti års grundige undersøgelser valgte ESO i 1990 at opstille VLT på Cerro Paranal syd for Antofagasta, 800 km nord for La Silla. Argumentet var enkelt: Næsten 40 % flere klare timer pr. år – mange penge værd i et milliardprojekt. Men 3.6m-historien gentog sig; tidsplanen skred og skred, og Council fik nok. Samtidig betød Jerntæppets fald og den tyske genforening et brat farvel til en tid, hvor projekter ustraffet kunne overskride budgettet, blot de var store nok. Forandringens tid var inde.

ESOs generaldirektør fra 1993, Riccardo Giacconi, kom fra Space Telescope Science Institute i Baltimore, med en baggrund som grundlægger af røntgenastronomien og relaterede industrier. Under hans ledelse

gik en stormvind gennem ESO fra top til bund, og ESO gennemgik en total reorganisation – ikke til alles tilfredshed; men medicinen virkede, og den virker stadig. Undervejs opstod der en uventet politisk krise i forholdet til Chile, idet der blev rejst tvivl om ESOs ret til området omkring Paranal, ledsaget af et ublu erstatningskrav. En fælles diplomatisk reaktion og en ”supplerende aftale” med Chile måtte til, før skårene blev klinket og de gode relationer genoprettet.

Men resultaterne talte for sig selv: Det første 8m teleskop i VLT så ”first light” i september 1998, efter tidsplanen fra 1993, og trods store nedskæringer i budgettet undervejs. Og teleskopet virkede perfekt fra første nat – en enestående succes for ESO, som nærmest hensatte konkurrenterne i chok. Blot to år senere var alle fire teleskoper i rutinemæssig drift.

Undertegnede overværede disse begivenheder på klos hold som formand for ESOs videnskabelig-tekniske komité i 1993-1995, hvor ESO og VLT blev reorganiseret, hele instrumentprogrammet blev revideret, og La Sillas fremtid i VLT-æraen blev planlagt og prioriteret for første gang. En unik oplevelse og en erfaring for resten af livet.

ESO i det 21. århundrede

Den nyeste historie er relativt velkendt og behøver derfor kun skitseres i korthed. VLT var ikke blot en teknologisk bedrift, men katalysator for en udvikling, der nu har gjort ESO til verdens førende astronomiske forskningsorganisation. Under ESOs generaldirektør fra 1999, Catherine Cesarsky, sluttede først Portugal (i 2000), Storbritannien (i 2002), Finland (i 2004) og derefter Spanien og Tjekkiet sig til ESO (i 2006). ESOs presse- og undervisningsafdeling – grundlagt af Richard West – spillede også en international nøglerolle i astronomi-året 2009 (se KVANT nr. 2, 2009).

Succesen med at gennemføre et stort, teknisk kompliceret projekt som VLT gjorde endvidere ESO til den selvskrevne europæiske partner til USA i det banebrydende globale radio-observatorium ALMA, der i år har indledt regelmæssig drift på Cerro Chajnantor, øst for Paranal og i 5000m højde (se figur 8). ESOs unikke position i verden er i dag et faktum.



Figur 8. Radioteleskopet ALMA i 5000m højde på Cerro Chajnantor (ESO).

Danske astronomer var fra starten flittige brugere af VLT og var desuden ledende i bygningen af X-shooter (se [4]), en spektrograf til studium med VLT af gammaglimt, supernovaer og andre højt profilerede danske forskningsfelter ved Danmarks Grundforskningsfonds ”Dark Cosmology Centre” – igen muliggjort af en bevilling fra Carlsbergfondet. X-shooter blev straks ESOs mest efterspurgt og produktive instrument – i så

høj grad, at det er næsten umuligt at konkurrere sig til observationstid med den. Samtidig har Danmark tegnet sig for et af de allerførste markante forskningsresultater fra ALMA. Dansk astronomi er således en integreret del af det fælles europæiske frontlinjemiljø, som var kernen i den oprindelige vision for ESO i 1954.

European Extremely Large Telescope – E-ELT

Men historien slutter ikke her: Under den nuværende generaldirektør, Tim de Zeeuw, forbereder ESO i denne tid en beslutning om at bygge europæisk astronomis næste flagskib, det 40m store ”*European Extremely Large Telescope*”, E-ELT (se figur 9 og [5]). Om nok et årti vil E-ELTs gigantiske spejl give os hidtil uset detaljerede billeder, både af Universets allerfjerneste galakser og af jordlignende planeter i bane om nogle af vore nabostjerner. Og så skal astronomibøgerne skrives om – igen...



Figur 9. 3D computermodel af det planlagte 39m *European Extremely Large Telescope* (E-ELT; ESO).

At skaffe den nødvendige finansiering – omkring 1 mia. euro – er selvsagt ikke let i disse tider, heller ikke det danske bidrag. Men halvtreds års erfaring tilsiger, at det ville være en katastrofe for dansk forskning og Danmarks internationale renommé, hvis vi igen skulle stå udenfor et projekt, som resten af Europa er enig om. Alle gode kræfter må samles om at nå i mål med dette.

Litteratur

- [1] Adriaan Blaauw (1991), ESOs Early History. ESO.
- [2] Claus Madsen (2012), The Jewel on the Mountaintop – The European Southern Observatory through Fifty Years. Wiley-VCH sept. 2012.
- [3] Hans Ulrik Nørgaard-Nielsen og Leif Hansen (2011), Årets nobelpris i fysik bygger videre på resultater opnået af danske forskere, Kvant nr. 4, 2011.
- [4] Per Kjærgaard Rasmussen (2009), X-shooter instrumentet på VLT, Kvant nr. 3, oktober 2009.
- [5] Hans Kjeldsen (2009), Astronomernes kæmpe-teleskoper, Kvant nr. 2, maj 2009.



Johannes Andersen forsker i stjerners og Mælkevejens udvikling med bl.a. de teleskoper, der beskrives i artiklen. Han har også arbejdet med instrument- og detektorudvikling.

Aktuelle bøger

Af Jan Faye, Jens Olaf Pepke Pedersen og John Rosendal Nielsen

Partikelfysik temabog til gymnasiet

Af: Michael Cramer Andersen, Henrik Peter Bang, Katrine Facius og Rasmus Møller, "Universets byggesten – moderne partikelfysik", Fysikforlaget 2012, 144 sider, 135 kr (110 kr. ved 10+ stk.). <http://www.lmfk.dk/Forlag-Fysikforlaget>.

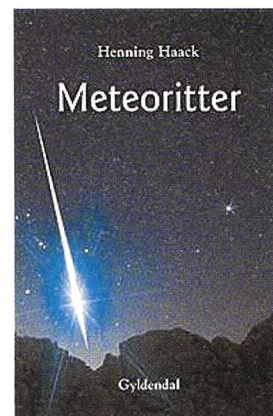
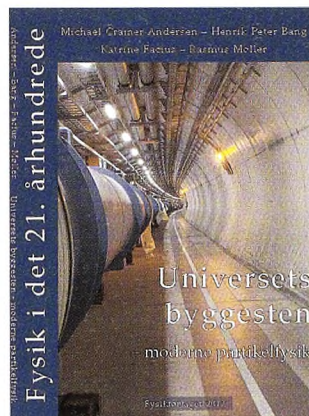
Dette års højdepunkt indenfor fysikkens verden bliver utvivlsomt, at Higgs-partiklen (i hvertfald med stor sandsynlighed) blev fundet på CERN - også selvom selve partiklen i pressen overskygger, at det egentlig er det tilhørende Higgs-felt, som er den fundamentale opdagelse. Det kunne derfor ikke være mere passende, at det særlige emne i kernestofområdet *Fysik i det 21. århundrede* i gymnasiernes læreplan for Fysik A i dette skoleår er "Universets byggesten – moderne partikelfysik".

Undervisningsministeriet afslører i starten af hvert skoleår, hvad det særlige emne bliver, men Fysikforlaget må have haft en god fornemmelse for udfaldet, for de har samtidig udsendt en bog med samme titel. I bogen "*Universets byggesten – moderne partikelfysik*", beskrives således de fundamentale partikler og vekselvirkningerne mellem partiklerne. Forfatterne har valgt at bygge bogen op, så der skiftes mellem en gennemgang af partiklernes egenskaber og vekselvirkninger samt hvordan man foretager de eksperimentelle målinger og fortolkninger. Det fungerer godt, og det giver en god fornemmelse for arbejdsvilkårene indenfor partikelfysikken, at der bliver brugt en del tid på at gennemgå accelerators og detektorer samt begreber som tværsnit og luminositet. Meget af beskrivelsen er naturligt nok centreret omkring LHC på CERN, mens man må til siden med links for at finde de andre anlæg verden over. Det bliver i øvrigt nævnt, at efterfølgeren for LHC med stor sandsynlighed bliver en lineær accelerator, hvilket sikkert er korrekt, men man savner dog en forklaring på forudsigelsen.

Bogen gennemgår også grundlæggende begreber som kraft, energi og bevægelsesmængde, så de kan anvendes i partikelfysikken, og der er en kort gennemgang af både relativitetsteori og kvantefysik. Bogen afsluttes med en række eksempler på områder, hvor partikelfysikken anvendes sammen med astrofysik og kosmologi, og især er det fint, at der også er en kort gennemgang af de verserende problemer i partikelfysikken og kosmologien.

Bogen fremtræder indbydende med mange flotte illustrationer. Niveaue er højt, så der vil også være gode udfordringer for eleverne, og det er lykkedes at dække et stort stofområde på de relativt få tekstsider. Skal man komme med en enkelt kritik må det derfor blive, at teksten ofte er meget kompakt, og selvom forfatterne formodentlig vil mene, at de allerede har udeladt meget, kunne man flere steder godt have uddybet gennemgangen og så til gengæld udeladt emner, som for eksempel omtalen af Gaugeinvariants. Det ændrer dog ikke på, at bogen efter min mening vil være en stor hjælp for underviserne i dette ret uoverskuelige emne, ligesom der også løbende er relevante opgaver, selvom det næppe har været nemt at finde på egnede opgaver indenfor partikelfysik som passer til elevernes forudsætninger.

Jens Olaf Pepke Pedersen



Meteoritter og tidskapsler

Af: Henning Haack, "Meteoritter – Tidskapsler fra Solsystemets oprindelse", Gyldendal 2012, 189 sider, 170 kr.

I 2009 bragte vi her i bladet nyheden om, at der var fundet en meteorit ved Maribo [1] og i den forbindelse også et interview med geofysiker og kurator for meteoritsamlingen på Statens Naturhistoriske Museum, Henning Haack. Det er kun sket to gange tidligere, at der er fundet friskfaldne meteoritter i Danmark, nemlig i 1951 ved Århus og i 1654 ved Ørsted på Fyn. Da den sidstnævnte desværre er gået tabt i mellemtiden er det en meget sjælden begivenhed, at museet kan lægge en nyfalden dansk meteorit i samlingen. Desuden viste det sig endda, at Maribo-meteoritten tilhørte en særlig sjælden gruppe af meteoritter – en kulkondrit af type CM, som er kendt for et højt indhold af organiske forbindelser.

Hele den spændende historie om Maribo-meteoritten har nu fået sit eget kapitel i denne lille bog om meteoritter af Henning Haack med undertitlen "tidskapsler fra Solsystemets oprindelse". Udover Maribo-meteoritten gennemgår bogen en række andre berømte meteoritter fra hele Jorden, hvor vi for hver af dem først får historien om deres fald og/eller fund og dernæst, hvad vi så har lært af hver enkelt, samt noget af det, vi endnu ikke forstår.

Et kort kapitel gennemgår asteroider og meteoritter, og dernæst er der kapitler om meteorkraterer, Solsystemets oprindelse samt et om meteoritjagt. Det sidste kapitel i bogen gennemgår et udvalg af meteoritterne i samlingen på Statens Naturhistoriske Museum. Særligt spændende er Henning Haacks beskrivelse af sine egne oplevelser som meteoritjæger blandt andet på Antarktis. På grund af en række særlige forhold, koncentrerer meteoritterne på overfladen af en række såkaldte blå-isfelter langs de Transantarktiske bjerge, hvor forskningsholdet derfor i gennemsnit kunne finde 50 meteoritter om dagen. Eftersøgningen foregik med snescooter, og det kunne derfor heller ikke helt undgåes, at logbogen indeholdt bemærkninger om uheld som "meteoritten ramt af næsedryp" eller "meteoritten kørt over af snescooter". Når blæsten gjorde det for koldt til at søge efter meteoritter var der til gengæld mulighed for, at hele holdet på seks mand kunne samles i et to-mandstelt og se filmen Armageddon på DVD.

Henning Haack skriver veloplagt og selvom bogen er ret kort og skrevet for et publikum uden forudsætninger (og derfor heller ikke går i dybden med emnet), vil selv inkarnerede Kvant-læsere [2] sikkert sætte pris på hans underholdende fremstilling.

Videre læsning:

1. S. Munk, J.R. Nielsen og M.C. Andersen, "Meteorit fundet ved Maribo", Kvant nr. 2, 2009, side 20.
 2. Se f.eks. D. Ulfbeck og M. Bizzarro, "Solsystemets voldsomme fødsel", Kvant nr. 3, 2007, side 26, og "Solsystemets tidlige udvikling studeret med Mg og Pb isotoper i meteoritter", Kvant nr. 1, 2006.
- Et helt særnummer om meteoritter, med hovedvægten på meteoritter fra Mars, udkom som Kvant 1996, nr. 3.

Jens Olaf Pepke Pedersen

Overhofmarskal og fysiker

Af: *Jørgen From Andersen og Steen Jensen*, "Hauchs Physiske Cabinet", Sorø Lokalhistoriske Selskab, 2011, 120 sider, 80 kr (plus forsendelse). Bogen kan bestilles ved henvendelse til jfa@awhauch.dk.

I længere tid har Kvant anmodet Jørgen From Andersen om at skrive en artikel om udvalgte genstande i Hauchs samling. I sidste ende får vi tilsendt en hel bog, som vi har valgt at anmelde her.

Bogen er inddelt i tre dele: "Rundgang", "Udvalgte instrumenter" og "Baggrund". I den første del om rundgangen gives der – efter en meget kort indledning til A.W. Hauch og hans kabinet – en oversigt over de enkelte lokaler i udstillingen. Derefter kommer det næste kapitel på 54 sider, hvor de forskellige instrumenter bliver beskrevet nøjere. Instrumenterne blev benyttet til undervisning og forskning, og selvom enkelte instrumenter også var beregnet som underholdning, var instrumenterne i Hauchs kabinet ikke indkøbt med udstilling for øje. Det påpeger forfatterne omhyggeligt i bogen.

I "Udvalgte instrumenter" kan man læse om luftpumpen, Hauchs gasometer og elektricermaskiner, der har været benyttet i forskning og undervisning. Jeg var specielt fascineret af beskrivelsen af elektricermaskinerne, hvor forfatterne fortæller, at omkring år 1800 opstod "Selskabet til skindødes genoplivning". Selskabet havde til formål, at begive sig rundt i København med en elektricermaskine, og hvis de fandt en mand, der var faldet omkuld, gav de ham et stød med maskinen.

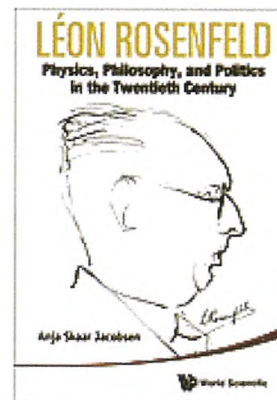
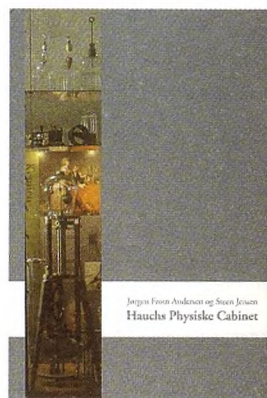
Samlingen indeholder desuden instrumenter med et mere praktisk anvendeligt formål såsom lamper og brintlighteren. Derudover kan man finde flere instrumenter, der er beregnet til underholdning. Datidens forestillinger med naturlig magi kunne fremvise apparater som det magiske springvand, pythagorasbægeret (egentligt græsk antik opfindelse) og optiske forlystelser.

Det sidste kapitel giver et nærmere overblik over Adam W. Hauchs liv og bedrifter. Der er også blevet plads til at beskrive samlingens historie, hvilket taler til forfatternes ære. Kabinettet har haft en omtumlet historie efter, at det kom ud på Sorø Akademi. I vis periode har samlingen været pakket væk på loftet, hvilket ikke har været til instrumenternes fordel.

Bogen er et glimrende supplement til udstillingen, som man kan finde i Sorø. Selvom det ikke har været forfatternes mål at skabe en mere dybdegående videnskabshistorisk bog, synes jeg dog godt at forfatterne kunne give en mere detaljeret analyse af Hauchs arbejde som fysiker. Bogen er rigt illustreret og der er en god litteraturliste, som kan give

et større indblik i Hauch og tidens forskning. Afslutningsvis kan jeg varmt anbefale, at man begiver sig til Sorø Akademi og får nogle spændende oplevelser i kabinettet og anskaffer sig bogen ved samme lejlighed (eller bestiller bogen pr. e-mail).

John Rosendal Nielsen



Bohrs bulldog – en biografi om Léon Rosenfeld

Af: *Anja Skaar Jacobsen*, "Léon Rosenfeld – Physics, Philosophy, and Politics in the Twentieth Century", World Scientific 2012, 368 sider, 56 pund (525 kr), <http://www.worldscientific.com>.

Fysikeren og fysikhistorikeren Anja Skaar Jacobsen har skrevet en biografi om Léon Rosenfeld. Bogen er samtidig en disputats forsvaret ved Københavns Universitet. En del yngre læsere vil sikkert kun have et vagt kendskab til, hvem Rosenfeld var, og en bog om hans liv og levnet kan derfor være på sin plads. Bedst huskes han som Niels Bohrs bulldog, der altid forsvarede Bohrs komplementaritetssynspunkt med højlydt bjæffen og bidske kommentarer. Men Rosenfeld bidrog også selvstændigt til især udviklingen af kvantefeltteorien, og arbejdede med kernefysik, astrofysik og videnskabshistorie.

Rosenfeld stammede oprindeligt fra Belgien, hvor han blev født i 1904, så han var blot ni år, da Niels Bohr i 1913 fremsatte sin model for brintatomet. Han kom derfor heller ikke til at tilhøre den første generation af fysikere, der var med til at revolutionere fysikken, og som bl.a. tæller navne som Bohr, Sommerfeld, Pauli, Heisenberg, Schrödinger, Born, Jordan og Dirac. Sin første universitetsuddannelse i fysik fik han på Sorbonne og derefter kom han som 23-årig til Göttingen, som ved siden af København var det mest fremtrædende sted i verden for den nye kvantemekanik. Fra 1929 og frem til 1940 virkede Rosenfeld i Liège og dels i København. I København blev han for en tid Bohrs videnskabelig assistent. I 1940 blev han udnævnt til professor i teoretisk fysik ved universitet i Utrecht, samtidig med at Holland blev besat af tyskerne. Efter Anden Verdenskrig, hvorunder Rosenfeld en tid måtte skjule sig for tyskerne, blev han først professor i Manchester, og siden 1957 professor ved NORDITA i København. Ganske givet, som Skaar Jacobsen også antyder, fordi Bohr ønskede en person, der kunne stå vagt om sine synspunkter efter sin pensionering.

Rosenfeld havde dog ikke kun veneration og lovord til overs for Bohr. Selv var han, som mange andre intellektuelle før og efter den anden verdenskrig, stærkt tiltrukket af marxismen og socialismen uden dog at være ortodoks eller medlem af noget politisk parti. Han anså Bohr som politisk naiv og uerfaren. Under og efter krigen havde Bohr i samtale

med amerikanske og engelske statsledere troet, at de var lige så ærlige som han selv, og at de var lige så interesserede i at dele atomvåbnens hemmelighed for verdensfredens skyld. I Rosenfelds øjne var det ikke alene naivt, men beroede også på, at Bohr var opvokset blandt Københavns intellektuelle bourgeoisi uden nærmere kendskab til det politiske liv.

Selv var Rosenfeld søn af en russisk jødisk immigrant, der var ansat som elektroingeniør i et mineselskab. Faren døde ved en ulykke, da Rosenfeld var 14 år gammel. Uden tvivl en dybt traumatisk oplevelse. Man kan dog ikke lade være med at tænke på, om Rosenfeld hos Bohr fandt den far, som han havde mistet så tidligt. Skaar Jacobsens biografi rummer bemærkelsesværdigt lidt om den fysik, som Rosenfeld arbejdede med og tog del i. Det nærmeste man kommer dette, er en redegørelse for udviklingen af en konsistent kvanteelektrodynamik og kvantefeltteori på det stadium i slutningen af tyverne og begyndelse af trediverne, hvor to forskellige forslag var på bordet. Det ene var formuleret af Dirac, det andet af Jordan og udvidet af Heisenberg og Pauli. Her bidrog Rosenfeld på afgørende punkter. På det punkt giver Jacobsen en mere detaljeret gennemgang af de forskellige bidrag. Men man skal have et vist kendskab til problemstillingen for at kunne følge med.

En bog skal mest vurderes på egne præmisser og i mindre grad i forhold til, hvad anmelderen savner og kunne have tænkt sig anderledes. I indledningen nævnes det, at motivet for at skrive en biografi om Rosenfeld var at bruge den "as a lens to study the intersection between physics, philosophy, and politics in the twentieth century." Lidt senere nævner Skaar Jacobsen, at hun var drevet af sin nysgerrighed efter at forstå Rosenfelds verdenssyn, og hvorfor han forsvarede Bohrs komplementaritetssynspunkt ud fra et dialektisk materialistisk grundlag.

Sammenstiller man de to bevæggrunde, så peger svarene i hver sin retning. Det er næppe troligt, at man kan give en dækkende fremstilling af krydsfeltet mellem fysik, filosofi og samfund i det tyvende århundrede, hvis man også har biografien for øje. Det sker heller ikke for Skaar Jacobsen. Netop fordi hun skriver om en bestemt person med markante meninger, udelades der nødvendigvis utroligt meget i fremstillingen. Fordi det jo netop er den biograferedes meninger, der sammen med hans eller hendes liv og levnet, kommer til at styre fremstillingen. Havde hun skrevet en biografi om Einstein, ville sagen have set anderledes ud, men ikke mindre begrænset. En lang række filosoffer, som beskæftigede sig med fysik og kvantemekanikken i det tyvende århundrede, er eksempelvis slet ikke nævnt. Jeg tænker på navne som Hans Reichenbach, Henry Margenau, Karl Popper, Paul Feyerabend, osv.

Problemet er også, at valget af biografien begrænser fremstillingen af andres synspunkter. Eksempelvis omtaler Skaar Jacobsen den logiske positivisme og enkelte medlemmer af denne bevægelse, men går ikke i dybden med, hvad positivismen stod for eller dens generelle syn på videnskab. Et andet eksempel er Rosenfelds ganske nedladende, ubehøvlede og uforstandige reaktion på Grete Hermanns artikel om tolkningen af kvantemekanikken. Hvad mente hun, og hvad var det, som Rosenfeld fandt så "obskønt", hører vi aldrig om. Så efter min bedste overbevisning har Skaar Jacobsen ikke realiseret det første af sine motiver, fordi det valgte format forhindrer det. Vender vi os imod det andet motiv, så kommer hun nærmere i mål. Det er interessant at følge hendes redegørelse for, hvordan Rosenfeld var engageret i fredsbevægelser efter krigen, hans kontakter med venstreorienterede videnskabsmænd rundt omkring i verden, og hvordan han forsøgte at imødegå den officielle sovjet-russiske propaganda om, at københavnerfortolkningen var

idealistisk og ikke materialistisk. Interessant er det også at få at vide, hvordan antagonisten David Bohm, der ligeså var marxist, tilsyneladende blev inspireret til sin deterministiske teori om kvantepotentialet med udgangspunkt i marxistisk-leninistiske tænkning. Rosenfeld på sin siden forsvarede indeterminismen og komplementaritetssynspunktet ud fra en marxistisk-engelsk forståelse. Blandt venstreorienterede fysikere var der en gevaldig strid om den rette marxistiske ortodoksi.

Rosenfeld fremstår helt klart som en mand, der gerne ville skabe sammenhæng mellem sin fysik og sine sociale og politiske overbevisninger. Så langt, så godt. Men af en eller anden grund afstår Skaar Jacobsen helt fra at give os en nærmere karakteristik af Rosenfelds personlighed. Den må vi selv finde frem til igennem citater og udtalelser. Hvad var han for en mand, hvad var hans positive såvel som negative sider, og hvad motiverede ham til at blive marxist, ud over at han antog Marx for at være videnskabsmand? Og hvordan blev han opfattet af andre. Nogle må vel i dagbøger eller breve have givet deres indtryk til kende. Det ville have været spændende at vide.

Jan Faye

KVANT samlesæt – start din samling her!

Pakke med 3 årgange: 250 kr. (plus forsendelse).

Indeholder årgang 2009-2011 (bortset fra nr. 1, 2009 og nr. 2, 2010), herunder fire temanumre om:

- *Liv og fysik*
- *Kosmologi og rumtid*
- *Videnskab og kunst*
- *Astronomi* (astronomiår 2009)



Temanummer om Partikelfysik ved Large Hadron Collider, fra sept. 2008, kan købes som klassesæt. Pris pr. blad: 10 kr. plus forsendelse.



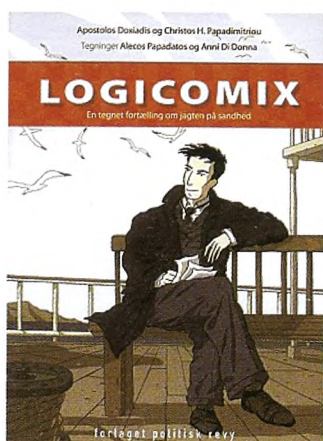
Send din bestilling til: kvant@kvant.dk.

Logicomix – eller jagten på sandhed

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

Anmeldelse af en tegneserie om logikkens historie, med matematiske kommentarer.

Apostolos Doxiadis og Christos H. Papadimitriou har lavet en tegneserie, med tegninger af Alecos Papadatos og Anni Di Donna, om logikkens historie. Tegneserien er oversat til dansk af Poul Einar Hansen (1939–) og udgivet af forlaget politisk revy i 2012.



Apostolos Doxiadis er allerede kendt for romanen “Onkel Petros og Goldbachs formodning,” der udkom på dansk i 2000. Formodningen går ud på, at ethvert lige tal større end 2 kan skrives som summen af to primtal. ($4=2+2$, $6=3+3$, $8=3+5$)

Russells biografi

Tegneseriens historie er fortalt som en biografi af den i sammenhængen centrale figur *Bertrand Russell* (1872–1970), med fiktive møder med andre vigtige bidragydere. Jeg nævner sidetallene for deres forekomst i tegneserien. Fx *Georg Cantor* (1845–1918), der omtales s. 134 ff og s. 323, *Gottlob Frege* (1848–1925), s. 120 ff, 171 og 325, *David Hilbert* (1862–1943), s. 145 ff, 168, 281 ff og 326, *Ludwig Wittgenstein* (1889–1951), s. 224 ff og 342, og *Kurt Gödel* (1906–78), s. 273 og 326. Det var nu ikke mange af disse, Russell mødte i virkeligheden.

Logikkens historie

Logikken starter med *Aristoteles* (384–322), s. 320, der formulerer logikkens eneste regel, senere døbt “modus ponens,” der siger, at hvis vi ved, at udsagnet p er sandt, og kan udlede, at p medfører sandheden af udsagnet q , skrevet $p \Rightarrow q$, så kan vi stole på, at udsagnet q også er sandt. Det lyder jo besnærende.

Men problemet er, at man kan formulere disse to udsagn uden at forudsætte, at de to elementære udsagn, p og q , har noget med hinanden at gøre. Så bliver

sandheden af implikationen, $p \Rightarrow q$, et spørgsmål om sandheden af de to indgående udsagn. Man definerer sandheden af implikationen som påstanden, at enten er p falsk eller også er q sand. Eller at implikationen er falsk, hvis og kun hvis p er sand og q falsk. Med andre ord: Af en falsk forudsætning kan alt slutes!

Boolsk algebra

Denne måde at behandle logikken på skyldes især *George Boole* (1815–64), s. 100 ff og s. 322, og er noget anderledes end vore umiddelbare forventninger. Med negationsbetegnelsen $\neg$ og de logiske symboler for “og,” $\wedge$, og “eller,” $\vee$, kan vi skrive implikationen som $(\neg p) \vee q$. Forudsætningen i modus ponens kan derfor skrives

$$p \wedge ((\neg p) \vee q)$$

I den algebraiserede logik kan vi regne på udtrykket, vi “ganger” ind i parenteser og finder

$$(p \wedge (\neg p)) \vee (p \wedge q)$$

Første parentes er altid falsk, så vi må antage, at anden parentes er sand. Men så er det ikke overraskende, at vi slutter, at q er sand.

Vore uvaner?

Men vi er jo tilbøjelige til at skrive et ræsonnement på formen

$$p \Rightarrow q \Rightarrow r$$

og mener hermed at have sagt

$$(p \Rightarrow q) \wedge (q \Rightarrow r)$$

Men algebraisk plejer det treleddede udtryk at skulle mene, at man kan hæve parenteserne i de ensbetydende udtryk

$$(p \Rightarrow q) \Rightarrow r \text{ og } p \Rightarrow (q \Rightarrow r)$$

Men i begge de tilfælde, hvor både p og r er falske, så er venstre udsagn falsk, mens højre udsagn er sand. Parenteserne kan ikke bare hæves!

Endnu værre går det med dobbeltimplikationen, der skrives $p \Leftrightarrow q$ i betydningen

$$(p \Rightarrow q) \wedge (q \Rightarrow p)$$

Her er det i orden at hæve parenteserne til udtrykket

$$p \Leftrightarrow q \Leftrightarrow r$$

Det kedelige er bare, at udtrykket er sandt, netop når et ulige antal af de tre indgående udsagn er sande.

Da alt skulle bevises

Ikke desto mindre førte begejstringen for logikkens magt over sandheden i det 19. århundrede til den fornemmelse, at alle påstande om fx tal eller rum skulle kunne afgøres ved logiske ræsonnementer ud fra nogle grundliggende antagelser, ofte benævnt med det græske ord for "krav," *axiom*. Frege gav sig i kast med at skrive en aksiomatisk teori for de naturlige tals algebraiske egenskaber, og Hilbert fremsatte på kongressen i Paris 1900 det projekt, at afgøre alle påstande med beviser, enten for sandheden eller det modsatte.

Russells paradox, side 163

Men mængdelæren gav allerede tidligt anledning til problemer. Mængder af mængder har jo mængder som elementer, så man kan nærliggende definere en anstændig mængde som en, der ikke har sig selv som element. Så vi vil begrænse os til mængden af anstændige mængder, *A*. Og nu vil vi så afgøre, bevise eller modbevise, spørgsmålet, om *A* selv er anstændig. Men efter definitionen gælder:

$$((A \in A) \Rightarrow (A \notin A)) \wedge ((A \notin A) \Rightarrow (A \in A))$$

Dette berømte paradox, der skyldes Russell (1901), rystede Frege og førte til, at Russell sammen med *Alfred North Whitehead* (1861–1947), s. 114 ff, 342, gav sig i kast med et enormt projekt, "Principia Mathematica", s. 176, der skulle give matematikken et solidt logisk grundlag. Tricket var, at definere et hierarki af klasser, så selvreferencer var udelukkede. Dette projekt viste sig at løbe ud i sandet.

Jagten på sandhed

Problemet med sandheden er ikke logisk. Fx kan Goldbachs formodning sagtens være sand uden at kunne bevises. Hilberts problems løsning kom i 1931, da Gödel viste, at i et aksiomsystem, der kan definere de naturlige tal, vil der være uafgørlige påstande og sandheder, der ikke kan bevises. Så projektet var for ambitiøst.

Inden da havde Wittgenstein udgivet sin opfattelse i værket "Tractatus Logico-Philosophicus," s. 288, der i det væsentlige slår til lyd for den sandhedsopfattelse, at en sætning er sand, hvis det, den udtrykker er rigtigt. Logikken er ligegyldig, vi må referere til en omverden, som sætningen handler om. Goldbachs formodning handler om, at hver gang vi betragter et lige tal, så findes de to primtal. Wittgensteins værk slutter med sætning 7: *Wofon man nicht sprechen kann, darüber muß man schweigen*. I David Faurholts ubehjælpssomme oversættelse lyder sætningen: *Det man ikke kan tale om, om det må man tie*. Ofte citeret.

Niels Bohrs dybe sandhed

I dette blad kan jeg ikke nære mig for at nævne Niels Bohrs definition af en "dyb sandhed," nemlig den, at det er en sand sætning, hvis modsætning også er sand. Et eksempel er sætningen: "Denne sætning består af seks ord." Tæl selv. Negationen siger jo: "Denne sætning består ikke af seks ord." Tæl igen.

Ringens herre!

Et eksempel på den fysiske verdens forbløffende sammenhæng med logikken er følgende: Lad os tænke os en kommode med to skuffer. På den ene skuffe skriver vi: "Ringene er i den anden skuffe." På den anden skuffe skriver vi: "Netop én af sætningerne på skufferne er sand."

Nu kan de to påstande jo være sande eller falske. Det ved vi ikke. Men hvis nu den første sætning er falsk, så må den anden sætning være sand eller falsk efter eget valg. Altså uafgørlig, men uskyldig. Der er bare det ved det, at hvis vi flytter ringen til den anden skuffe, så den første sætning bliver sand, så bliver den anden sætning selvmodsigende! Så om den er paradox eller ej, afhænger af, hvor vi placerer ringen!

Tegneserien

Tegneserien genfortæller Russells liv, som det var med forældre, koner, børn og engagementet i fredssagen. Han sad endda et halvt år i fængsel for militærnægtelse under første verdenskrig. Historien krydres så af de tænkte møder med de i indledningen nævnte aktører i logikkens udviklingshistorie. Så man må vel klassificere den som et eventyr. Men det er en underholdende måde at få beskrevet en væsentlig erkendelsesudvikling.

Litteratur

Foruden alle de nævnte værker har *Raymond M. Smullyan* skrevet en række fremragende bøger om logik, den sidste hedder *Logical Labyrinths* udgivet af A. K. Peters 2009. På dansk har *Peter Øhrstrøm* (1949–) udgivet bogen *Logisk set* på forlaget systime i 1992.

PFEIFFER  **VACUUM**

Helium læksøger



ASM 310 tilbydes resten af året
til en meget favorabel promotionpris.

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

Fysik er gratis

Af Jacob Bjerre og Rune Mikkelsen, Aarhus Universitet

Fysikshow Aarhus er et tiltag fra Aarhus Universitet, der gør det muligt at få unge studerende ud på landets grundskoler og gymnasier for at undervise i fysik. De studerende fremviser et sammensurium af forbløffende forsøg og interessante forklaring, som mere end 100.000 skoleelever til dato har haft glæde af. Fysikshow Aarhus er gratis, og lignende koncepter findes på DTU, Københavns Universitet og Aalborg Universitet.

Alle har en mening om fysik og naturvidenskab i almindelighed. Det ved de fleste undervisere, som nok også kan genkende følgende bemærkninger fra skoletrætte gymnasieelever, og andre der føler, at de kun med nød og næppe slap ud af grundskolens fysik- og kemi-timer: *"Fysik er kedeligt, det er svært og hvad skal vi bruge det til?"* Heldigvis møder man også andre mere positive holdninger. For eksempel, når man først begynder at snakke om de mere eksotiske emner som sorte huller, galakser, stjerner og atomer, så er de fleste nysgerrige børn slet ikke til at stoppe. Her kan de lidt ældre mennesker også være med, og mange nyder at filosofere med på universets store spørgsmål.

Når fysikerne nu bestræber sig på at beskrive virkeligheden så objektivt som muligt, kan det umiddelbart virke paradoksalt, at der er så mange subjektive meninger om fysik. På den anden side er det bestemt ikke usædvanligt, at vigtige emner skaber holdninger. Subjektive meninger eller ej, så hviler vores samfund i dag på et massivt fundament af teknologi og videnskabelig forståelse, så det er afgørende, at lukke så mange som muligt ind i naturvidenskabens verden.

Hvis det skal lykkes, er det som naturvidenskabelig vigtigt at gøre sig klart, at mange mennesker vitterligt synes, at fysik er både kedeligt, svært og ubrugeligt; hvis man ikke accepterer det, kan man ikke have en konstruktiv kommunikation med dem. Og imens det er forskernes privilegium og opgave, at flytte fysikken som videnskab, så er det undervisernes klare ansvar at påvirke holdningerne til fysik og naturvidenskab generelt.

Igennem de seneste knap 15 år har skiftende studerende fra institut for fysik og astronomi ved Aarhus Universitet udviklet et koncept, som har hjulpet til at sprede det glade budskab om fysik. Ideen har fra starten været, at udnytte ressourcerne på universitetet til at udvikle en lang række eksperimenter, der kan illustrere og visualisere selv komplicerede fysiske fænomener. De flotte eksperimenter er sammen med velafprøvede forklaringer samlet under navnet Fysikshow. Lige siden sin opstart har grundskole- og gymnasielærere flittigt taget Fysikshow i brug som et gratis supplement til den daglige undervisning.

Ideen er meget simpel: En Lærer får lyst til at lave noget specielt for sine elever. Hun vælger hvilket af landets fysikshows der har interesse; det være sig Fysikshow Aarhus (www.fysikshow.dk),

Fysikshow Aalborg (<http://www.fysikshow.aau.dk>), DTU Scienceshow (<http://www.scienceshow.dtu.dk>) eller Københavns Universitets Cirkus Naturligvis (<http://www.science.ku.dk/naturligvis>). Der links til de andre fysikshows på www.fysikshow.dk. En booking-formular udfyldes og inden for et par dage modtager hun en mail om nærmere aftale.



Figur 1. Line Kyhl demonstrer Rubens flammerør, hvor lødbølger sendes ind i et gasfyldt rør med små huller langs toppen. På den måde kan man se stående bølger i røret (som på billedet), eller man kan sende musik ind og se en flamme-equalizer.



Figur 2. Jacob Bjerre har dannet en menneskekæde på Grenå Gymnasium, så eleverne kan agere ledning, og sende musik ud gennem højttaleren.

På dagen tropper Fysikshow op med både bil og trailer fyldt til randen med al verdens opfindsomme forsøg,

specialdesignede eksperimenter, gode forklaringer og et ungt perspektiv på den nyeste forskning fra universitetet. I løbet af halvanden time undervises eleverne via interaktive forsøg, forbløffende demonstrationer og ofte gerne en eksplosion eller to. Indholdet og varigheden af et Fysikshow kan sagtens varieres og bestemmes altid individuelt i samarbejde med læreren.

Hvad angår Fysikshow Aarhus, så vælger læreren typisk, at Fysikshow skal præsentere deres primære eksperimenter, der siden 1999 er blevet vist for mere end 100.000 elever i Danmark. Men med et bagkatalog på hundredevis af demonstrationsforsøg¹ kan Fysikshow også benyttes som en del af et projekt-forløb, hvor læreren har valgt, at undervisningen skal tage udgangspunkt i specifikke emner som f.eks. elektromagnetisme, mekanik, termodynamik, tilstandsformer, lyd & lys, bølger og astronomi.



Figur 3. En gruppe af yngre elever ser på, imens Anders Skov fremviser flydende brint.



Figur 4. Fysikshow har fyldt et auditorium på Aarhus Universitet, hvor de fremmødte ser en brinteksplosion.

Fysikshow er dedikeret til at give eleverne en speciel oplevelse med fysik, hvor interaktion og fremvisning af eksperimenter er i højsædet; det ses f.eks. ved, at Fysikshow helst underviser blot én klasse ad gangen. Det sker ellers ganske tit, at Fysikshow underholder flere hundrede mennesker ad gangen. Men i sådanne tilfælde, som mere har karakter af decideret underholdning end egentlig undervisning, koster det penge at få et Fysikshow.

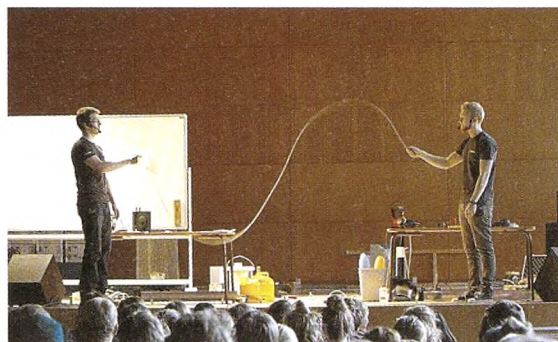
Ellers er det gratis, og mange vælger derfor at få Fysikshow til at undervise tre klasser ad tre omgange på den samme dag. Og meget ofte kommer Fysikshow

til den samme skole flere dage i træk, så alle skolens elever kan opleve et show. Den primære målgruppe er grundskolernes 7., 8., 9., og 10. klassetrin samt gymnasiernes 1., 2., og 3. trin.

Fysikshow Aarhus har været primus motor i opstarten og ledelsen af det europæiske netværk Euro Physics Fun (EPF) for Fysikshows i hele Europa. EPF mødes hvert år og erfaringsudveksler, diskuterer formidling og opfører store offentlige fremvisninger af nye spændende fysikforsøg.

Fysikshow underviser altid efter eksemplets magt. Hele ideen er, at man kan medbringe tilpas mange forsøg til, at alle de fænomener der tales om, kan vises eksperimentelt. I den ånd vil vi afslutningsvis gengive nogle skriftlige citater fra yderst tilfredse lærere, som har haft Fysikshow på besøg:

- Jeg vil bare lige takke for to super dage med fysikshows på Nørrevangsskolen. Det var nogle fantastiske timer både for elever og lærere! Folkeskolelærer (8. klasse).
- Kanon show i lørdags, tak for det. Børnene var helt vilde, og har forklaret fysik til vennerne. Min pigeveninde vil nu være fysiker.
- Jeg ville bare lige fortælle dig, at fysikshowet virkelig tog kegler hernede. Mange af eleverne var og sige, at det kunne de have kigget på hele dagen. Efterskolelærer.



Figur 5. Her bruges en fjeder til at diskutere forskellen mellem transversale og longitudinale bølger.



Figur 6. Her er Fysikshow ude ved en byfest for at underholde.

¹Se www.fysikbasen.dk for en liste af nogle af Fysikshows forsøg.



Jacob Bjerre studerer fysik på Aarhus Universitet (AU) og er leder af Fysikshow Aarhus.



Rune Mikkelsen er ph.d.-studerende i fysik på AU, og har tidligere været med i Fysikshow Aarhus.

Foreningsnyt – foredrag i efteråret

Foredragskalender

Dato	Tid	Foredragstitel	Foredragsholder	Forening
Okt.				
1/10	19.00	Gammaglimt og de tidligste galakser	<i>Johan Fynbo</i>	AS (Årh)
1/10	19.30	Biosustainability	<i>Morten Sommer</i>	SNU
22/10	19.15	Kæmpe sorte huller, kvasarer og baby-galakser	<i>Marianne Vestergaard</i>	AS (Kbh)
22/10	19.30	Algebiomasse	<i>Marianne Thomsen</i>	SNU
23/10	17.00	Om relativitetsteoriens elektromagnetiske oprindelse	<i>Claus Festersen</i>	VHS
29/10	19.00	Kæmpe sorte huller, kvasarer og baby-galakser	<i>Marianne Vestergaard</i>	AS (Årh)
Nov.				
12/11	19.15	Galakser set gennem gravitationelle linser	<i>Lise Christensen</i>	AS (Kbh)
12/11	19.30	Metagenomics og rensningsanlæg	<i>Per Halkjær Nielsen</i>	SNU
19/11	19.00	Galakser set gennem gravitationelle linser	<i>Lise Christensen</i>	AS (Årh)
Dec.				
3/12	19.15	Faint galaxies identified via supernovae discoveries (afholdes på engelsk)	<i>Max Stritzinger</i>	AS (Kbh)
3/12	19.30	Den nyeste udvikling indenfor solceller	<i>Peter Sommer Larsen</i>	SNU
10/12	19.00	Faint galaxies identified via supernovae discoveries (afholdes på engelsk)	<i>Max Stritzinger</i>	AS (Årh)

AS (Kbh): Astron. Selskab (København), Auditorium 4, H.C. Ørsted Institut, Universitetsparken 5, 2100 København Ø (www.astronomisk.dk).

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

SNU: Geologisk Museum, Øster Voldgade 5-7, 1350 København K (www.naturvidenskab.net).

VHS: Videnskabshist. Selskab, H.C. Ørsted Inst., aud. 10, Universitetsparken 5, 2100 Kbh Ø (www.math.ku.dk/videnskabshistorie).

Astronomisk Selskab

Universets første galakser. Undersøgelser af de tidligste og fjerneste objekter i Universet er helt essentielle for at forstå hvordan galakserne er dannet og hvilke forandringer, de har gennemgået i tidens løb. I denne foredragsrække – se kalenderen ovenfor – vil vi se nærmere på, hvordan man kan observere galakserne som de så ud for mere end 12 milliarder år siden. Det, vi kan observere i meget fjerne galakser skyldes ofte helt anderledes fysiske mekanismer end vi ser i nærmere objekter. Disse observationer viser, hvordan galakserne er opbygget og hvordan de efterhånden er blevet til de galakser, vi ser i dag.

Selskabet for Naturlærens Udbredelse

Foredragsrække med temaet "Bæredygtighed", og det spænder fra solceller til algebiomasse.

Videnskabshistorisk Selskab

Foredragene afholdes på H.C. Ørsted Institut i København. Kl. 16.30 byder selskabet på kaffe, te og frugt i Institut for Matematiske Fags frokoststue, rum 04.4.19 på 4. sal. Man er velkommen til at gå med ud at spise med foredragsholderen efter foredraget, på egen regning.

Mikroelektronik – breddeopgave 50 og 51 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 løsninger og kommentar til opgaverne fra forrige nummer samt en ny opgave. Opgaverne i sidste nummer af KVANT var disse breddeopgaver (nr. 50 og 51 i rækken her i KVANT):

Breddeopgave 50 og 51. Mikroelektronik

Ved fremstillingen af integrerede kredsløb i elektronikindustrien nedprojiceres ønskede mønstre fra en stor skabelon på kredsløbsmatrixen (areal ca. 1 mm^2) via brug af lysfølsom lak på denne. Vurder en mindste tykkelse af ledningerne i integrerede kredsløb. Begrund vurderingen.

For at fremstille integrerede mikroelektronikkredsløb benyttes nu ofte elektronstråler, fordi man var nået til en nedre grænse for komponenternes størrelse ved brug af lys ved nedprojiceringen af kredsløbsmønstrene. Hvor stor en bevægelsesenergi har elektronerne mindst? Begrund svaret.

Løsninger

50. En ledning i det integrerede kredsløb modsvarer af en spalte i skabelonen. (Den lysfølsomme lak på kredsløbsmatrixen ætser for pådampning af metal der, hvor lyset fra spalten rammer kredsløbsmatrixen.) Nedprojiceringen sker ved hjælp af en linse. Ved lysets gennemgang af både spalte og linseåbning sker der diffraktion af lyset. Den detaljerede konsekvens heraf for fokuseringen af belysningen af kredsløbsmatrixen afhænger af detaljerne i nedprojiceringsopstillingen. Kaldes lysets bølgelængde λ og linseåbningens diameter d medfører linseåbningens begrænsede udstrækning alene en diffraktionsspredning af lysets retning af størrelsesordenen λ/d . Hvis afstanden mellem linsen og matrixen er L vil der derfor ikke kunne afbildes linjer tyndere end $L\lambda/d$ på kredsløbsmatrixen. Da linser har brændvidder af størrelsesordenen radius af deres indgående kugleoverflader, og det derfor er svært at tænke sig L mindre end d , er den mindste tykkelse af ledningerne således størrelsesordensmæssigt lig med lysets bølgelængde λ .

51. Elektronstråler udviser diffraktion på samme måde som lys ved nedprojiceringen af kredsløbsmønstrene. Hvis brugen af dem skal være en forbedring i forhold til at bruge lys, skal elektronernes de Broglie bølgelængde $\lambda_e = h/p$ (h er Plancks konstant, p elektronernes impuls) derfor være mindre end lysets

bølgelængde λ_{lys} . Det betyder, at elektronernes bevægelsesenergi mindst skal være:

$$E_{\min} = \frac{h^2}{2m_e\lambda_{\text{lys}}^2}, \quad (1)$$

hvor m_e er elektronens masse. Indsættes værdierne for h og m_e sammen med $\lambda_{\text{lys}} = 500 \text{ nm}$ fås $E_{\min} = 6 \cdot 10^{-6} \text{ eV}$. Det er mange størrelsesordener under fx elektronernes termiske energier ved stuetemperatur. Det er således ikke kravet til elektronernes bevægelsesenergi, der sætter grænser for denne teknologi.

Kommentar

Breddeopgave 50 om fremstilling af integrerede kredsløb ved nedprojicering af en skabelon ved hjælp af lys er fra vintereksamen 1978. Det var dengang mikroelektronik var i sin vorden og hvor f.eks. DTU havde det særskilte "Laboratoriet for elektroniske Halvleder-komponenter", hvor man arbejdede med den teknik. Breddeopgave 51 er fra sygeeksamen september 1987, hvor den optiske teknik allerede de små ti år efter er blevet erstattet af at benytte elektronstråler. Både 1978 og 1987 er før mikroelektronikudviklingen samfundsmæssigt rigtig tog fart med personlige computere, e-mails og internet.

Der er således langt fra de teknologiske kontekster, som de to breddeopgaver blev formuleret i, til dagens mikroelektroniske virkelighed. Men det, at opgaverne derfor er en slags historiske levn, gør dem ikke dårlige at bruge på breddekurset. De afgørende fysikforståelser – i dette tilfælde angående diffraktion og elektroners bølgeegenskaber – er jo anderledes stabile end de teknologiske anvendelser af forståelserne. Tværtimod at være en ulempe anser jeg opgavernes manglende teknologiske aktualitet for at være en fordel af to grunde.

For det første har teknologihistorisk viden på linje med historisk viden i det hele taget værdi ved belysning af mange slags sammenhænge. Herunder sammenhænge imellem fysikudviklinger og teknologiudviklinger. Mikroelektronikseksemplet her viser, hvor forskellige udviklingstempiene for fysik og teknologi kan være.

For det andet bidrager opgavernes karakter af historiske levn til deres autencitet.

Hele samlingen af breddeopgaver (kan findes på nettet som IMFUFA tekst nr. 482) består, bortset fra en mindre samling af 68 træningsopgaver fra starten

af det såkaldte "Breddekursus" på RUC i 1976, af de 597 opgaver, der har været stillet til eksamen siden. Undervisningen tidligere i Breddekurset og nu i dets afløser Fysisk problemløsning I og Fysisk problemløsning II byggede og bygger først og fremmest på denne opgavesamling. Det gør det pædagogiske plot enkelt. Som i svømmeundervisning, hvor formålet med undervisningen er klart for alle involverede parter, nemlig at eleverne skal lære at svømme. På tilsvarende måde skal de studerende ved at løse breddeopgaverne lære at "tænke som fysikere". Og at tænke som fysikere identificeres så med at være i stand til at løse den slags uformaliserede opgaver, som de har været stillet til deres forgængeres eksaminer. Ved udformningen af opgaverne er det tilstræbt, at bestårkriterierne bliver sammenfaldende med formålet med undervisningen. Det er heri enkeltheden i det pædagogiske plot ligger. Vanskeligheden er så naturligvis at udforme eksamensopgaver, der kan leve op til denne dagsorden.

I betragtning af, at de tidligere eksamensopgaver

således er undervisningens centrale orienteringspunkt fra start til slut, er det vigtigt, at de vedrører virkelige, ikke tænkte, problemstillinger, og derved opleves autentiske og motiverende. Autenticiteten af breddeopgaverne 50 og 51 ligger dels i, at de faktisk har været brugt som eksamensopgaver, dels i, at de vedrører en mikroelektronikudvikling, der faktisk har fundet sted. Breddeopgavesamlingen er i det hele taget et historisk dokument både vedrørende fysikeksaminerne og tiden de har fundet sted i.

Breddeopgave 52. Kræftvækst

Inden næste nummer af KVANT udkommer, kan læserne eventuelt overveje løsningen til denne opgave fra breddekurset på RUC (fra vintereksamen 2008, nr. 52 i rækken her i KVANT):

52. *Tilvæksten af kræftceller per tid er for en kræftsvulst proportional med kræftsvulstens overflade. Hvordan vokser kræftsvulsten med tiden? Begrund svaret.*

Løsning og kommentar bringes i næste nummer.

Workshop:

Creating interest in the new large research facilities in the Øresund region

Monday, October 29th 2012 at Vattenhallen Science Center, Lund

Two major research facilities, ESS and MAX-IV, are being built in the Øresund region.

We invite anyone interested in science dissemination to a brainstorming workshop on initiatives to raise public awareness of the possibilities presented by becoming a materials science region.



We will present some recent initiatives, and discuss what more can be done, e.g.:

- High school teaching material
- Exhibitions
- Possibility of visiting the facilities
- Web-based dissemination packages
- **<insert your idea here>**

Program and speakers will be announced, but mark your calendar now!

For more information, contact Stine Stenfatt West, stine.west@nano.ku.dk

ØRESUND MATERIALS
INNOVATION COMMUNITY



THE EUROPEAN
UNION
The European
Regional
Development Fund



Interreg IVA
ØRESUND - KATTEGAT - SKAGERRAK

Medaljer til inspirerende gymnasielærere

– et nyt initiativ fra SNU

At have en inspirerende gymnasielærer i matematik, fysik eller kemi kan nemt være afgørende for, om man bliver interesseret i faget og får en god indgang til at forstå sin naturvidenskabelige og tekniske omverden. For mange er det også en vigtig faktor i forbindelse med studievalg – om man har mod på en videre uddannelse på det naturvidenskabelige eller tekniske felt.

Selskabet for Naturlærens Udbredelse har i knap 200 år arbejdet for at fremme den naturvidenskabelige og tekniske formidling, og har i en årrække uddelt medaljer til dygtige videnskabsjournalister og andre fremtrædende formidlere af naturvidenskab til den brede offentlighed – fx redaktør Niels Blædel, professor Ove Nathan og lektor Jens Martin Knudsen samt Experimentariums direktør Asger Høeg.

Nu sætter Selskabet fokus på den vigtige formidling i gymnasiet og vil i de kommende år uddele H.C. Ørsted Medaljer til inspirerende gymnasielærere indenfor SNUs fagkreds. Selskabets direktion vil basere sig på indstillinger fra rektorer landet over, og vil begynde med at nedsætte et lille ekspertpanel, der nærmere formulerer kriterierne for tildeling. Et af kriterierne kunne være antallet af elever hos den pågældende lærer, som bagefter starter

på en naturvidenskabelig eller teknisk uddannelse. Også elevdeltagelse i konkurrencer som fx Unge Forskere eller fagolympiader kunne tælle med sammen med andre objektive kriterier – og så naturligvis en mere fri beskrivelse af den høje undervisningskvalitet fra rektor, gerne suppleret med udtalelser fra elever.

Som optakt til denne serie “gymnasielærer-medaljer” vil der allerede i år blive uddelt en H.C. Ørsted Medalje til en kendt gymnasielærer, der dog får medaljen på en lidt bredere baggrund – ikke alene for sin undervisning og evne til at inspirere sine elever til at gå videre ad den teknisk-naturvidenskabelige vej, men også for andre formidlings-initiativer. Rektor Jannik Johansen, Frederiksberg Gymnasium, vil få tildelt medaljen for sin mangeårige idérige indsats for naturvidenskabelig formidling både i og uden for skolen – som idemanden bag Experimentarium og dets mangeårige bestyrelsesformand, som igangsætter af Forskerspire-ordningen og drivkraft også i mange andre sammenhænge, fx bag nogle af de tidlige digitale undervisningsmidler i naturvidenskab. Der vil på www.naturvidenskab.net blive offentliggjort nærmere detaljer om, hvor, hvordan og hvornår uddelingen vil finde sted.

Dorte Olesen, Præsident for SNU



Til venstre: Ørsted Medaljen – forside og bagside. Til højre: Jannik Johansen, som modtager medaljen i 2012.