

KVANT Juni 2000 2

Tidsskrift for Fysik og Astronomi 11. årgang



- SOLENS DYNAMISKE ROTATION • NORDLYS OVER DANMARK •
- PRAKSISLÆRING PÅ FYSIKSTUDIET • DANNELSE AF DOBBELTSTJERNER •
- RØMER SATELLITTEN • NYHEDER FRA KVANT, AS, DFS OG SNU • LÆSEROPGAVE •

LØSSALGSPRIS: 35 KR

KVANT

Tidsskrift for Fysik og Astronomi

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

E-mail : kvant@nbi.dk
Giro : 5 84 31 46

Udgives af

Astronomisk Selskab
Dansk Fysisk Selskab
Selskabet for Naturlærens Udbredelse

Redaktion

Jens Olaf Pepke Pedersen (ansv. red.)
DCESS, NBIfAFG, KU
Michael Cramer Andersen (nyhedsred.)
Astronomisk Observatorium, KU
Camilla Bacher
Kemisk Institut, KU
Jørgen Friis Bak
Aarhus Universitet
Jørn Johs. Christiansen
Roskilde Kathedralskole
Torsten Freltoft
Freltec
Mogens Esrom Larsen
Matematisk Institut, KU
Finn Berg Rasmussen
Ørsted Laboratoriet, KU
Ove Østergaard
Silkeborg Amtsgymnasium

Kvant udkommer 4 gange årligt og er medlemsblad for de udgivende selskaber.
Abonnementspris: 135 kr/år.

Annoncepriser

1/1 side	3000 kr
1/2 side	1600 kr
1/4 side	1000 kr
Farvetillæg	1800 kr

Priserne er excl. moms og for reproklart materiale. Henv. om annoncer til redaktøren, tlf. 35 32 05 73 / fax 35 32 05 76.

Oplag: 2.500

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

Produktionsplan

Nr. 3-00 udkommer ca. 15. september
Nr. 4-00 udkommer ca. 15. november
Nr. 1-01 udkommer ca. 15. marts

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

Indhold:

Solens dynamiske rotation <i>Jørgen Christensen-Dalsgaard</i>	3
Spørg Kvant – om nye stjernebilleder	11
Praksislæring på fysikstudiet <i>Henrik Busch, Kim Rongsted Kristiansen og Kristian Pedersen</i>	12
Kupon til bestilling af Kvant	14
Gammaglimt og stjerneskelv med RØMER-satellitten <i>Michael Cramer Andersen</i>	16
Kvant-nyheder <i>Michael Cramer Andersen</i>	17
Breddeopgave nr. 2 <i>Jens Højgaard Jensen</i>	18
Nyt fra Astronomisk Selskab	19
Nyt fra Selskabet for Naturlærens Udbredelse	20
Nyt fra Dansk Fysisk Selskab	22
Dannelse af dobbeltstjerner <i>Jes K. Jørgensen</i>	24
Solpletmaksimum <i>Sven Ove Thimm</i>	Bagsiden

Redaktionen af KVANT modtager meget gerne læserbreve, spørgsmål, forslag til artikler osv. fra læserne. En vejledning til nye forfattere findes på <http://www.nbi.dk/dfs/KVANT.html>. For tiden modtager redaktionen glædeligvis et stort antal bidrag. Desværre kan der med bladets begrænsede sideantal og udgivelsesfrekvens ofte være lang ventetid på at få et bidrag trykt, ligesom vi ikke får plads til alle bidrag. Vi prøver så vidt muligt at holde forfatterne underrettede om deres indlæg, men hvis man ønsker at kende status for et bidrag, må man gerne kontakte redaktionen på e-mail: kvant@nbi.dk.

Forsiden:

NORDLYS OVER DANMARK.

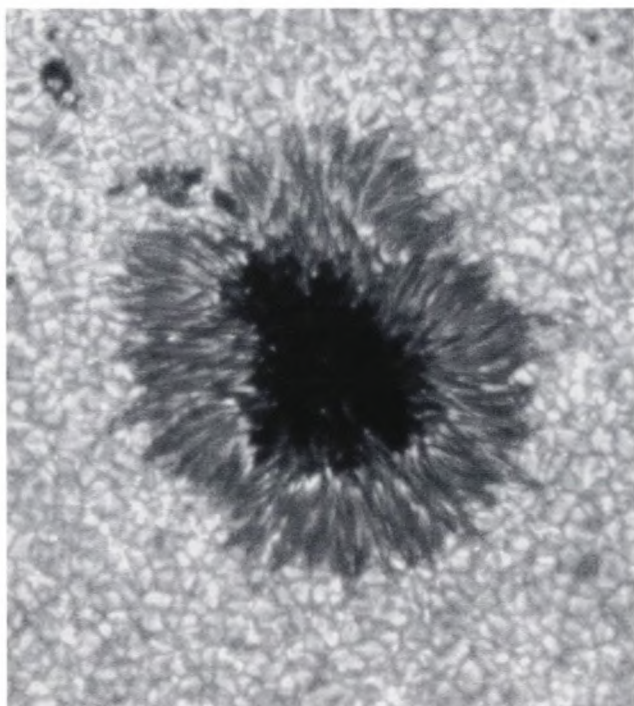
Billedet på forsiden viser nordlyset torsdag den 6. april 2000 om aftenen, fotograferet af Bjørk Jensen ved Jels i Sønderjylland. Billedet er eksponeret i 25 sekunder. Bjørk Jensen sagde om oplevelsen: "Et nordlys af denne størrelse overgår de vildeste fantasier om nordlys. Mere end halvdelen af himlen var dækket af dette festfyrværkeri i over fire timer. Selv stjernebilledet Løven lå i lange perioder badet i et gulligt og lysegrønt skær og på et tidspunkt kunne Karlsvognen næsten ikke ses på grund af det stærke nordlys."

Læs mere om nordlyset i Sven Ove Thimms artikel på bagsiden!

Solens dynamiske rotation

Jørgen Christensen-Dalsgaard, Teoretisk Astrofysik Center, Danmarks Grundforskningsfond, og Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet.

At Solen roterer om sin akse har været kendt siden starten af det syttende århundrede, ud fra observation af solpletters bevægelse hen over solskiven. Sådanne observationer viser også at Solens rotation ikke er uniform: ved ækvator er rotationsperioden ca. 25 døgn, mens den ved polerne er mere end 30 døgn. Et soldøgns længde afhænger altså af, hvor på Solen man befinder sig! At dette er muligt skyldes naturligvis at Solen er en kugle af gas, der ikke nødvendigvis roterer med samme vinkelhastighed overalt; ikke desto mindre er det interessant at prøve at finde årsagen til denne *differentielle rotation*.



Figur 1. Solplet, observeret fra det svenske solteleskop på La Palma. Uden for solpletten kan man bemærke granulationen: lyse områder af opstigende konvektive elementer omgivet af koldere og mørkere nedsynkende gas.

Interessen skærpes af, at rotationen formodentlig har forbindelse med andre fænomener på Solen. De mest iøjnefaldende fænomener på Solens overflade er *solpletterne*, områder med en diameter på op til 50 000 km der er lidt koldere end resten af soloverfladen og derfor ser mørkere ud (se figur 1). Solpletterne skyldes kraftige magnetfelter, der bryder gennem soloverfladen og reducerer effektiviteten af energitransporten. Antallet af solpletter, og andre magnetiske fænomener på Solen, varierer med en periode på ca. 11 år; det samme gælder forekomsten af magnetiske storme, nordlys og andre fænomener, der skyldes magnetiske effekter på

Solen (se Sven Ove Thimms artikel på bagsiden af dette nummer). De fleste teoretiske modeller antager at disse variationer skyldes en form for "dynamovirksomhed" i Solens ydre dele, i et samspil mellem den differentielle rotation og gasbevægelserne i Solens konvektionszone. For at forstå disse processer er vi derfor nødt til at kende Solens indre rotation.

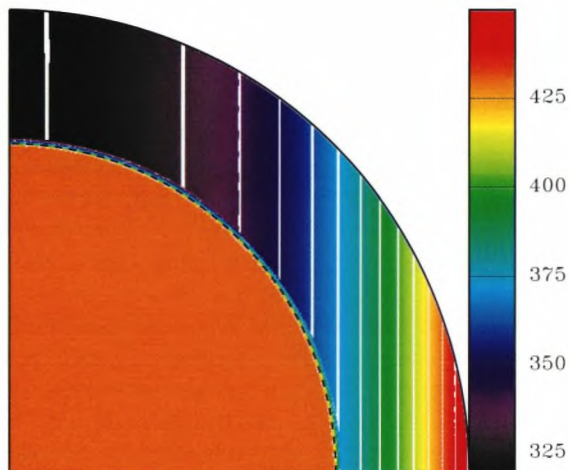
Solens konvektionszone strækker sig over de ydre ca. 27 % af Solens radius. Her sker energitransporten ved at varmere gasmasser stiger til vejrs og koldere gasmasser synker ned. På Solens overflade ses bevægelserne i form af granulationen, varme opstigende områder omgivet af koldere nedsynkende gas, med en udstrækning på ca. 1000 km; større konvektive elementer, den såkaldte supergranulation, kan også ses i bevægelserne på soloverfladen. Detaljerede hydrodynamiske modeller af konvektionen tyder på, at bevægelserne i det indre af konvektionszonen foregår på meget store skalaer, der dog endnu ikke er set afspejlet på Solens overflade. Modellerne bestemmer også en variation i rotationshastigheden, der kan bringes til at stemme overens med den observerede differentielle rotation på Solens overflade. Indtil for nylig har disse modeller forudsagt at rotationen i det indre af konvektionszonen er en funktion af afstanden til rotationsaksen; dette omtales ofte som "rotation på cylinder". Det ville specielt betyde at rotationshastigheden aftog med dybden ved Solens ækvator. En skematisk version af disse modeller er illustreret på figur 2. Her og i det følgende er rotationshastigheden angivet som vinkelhastigheden, eller mere præcist $1/(\text{rotationsperiode})$, målt i nanohertz (nHz); en værdi på 450 nHz svarer til en rotationsperiode på 25,7 døgn.

Denne type numeriske modeller er dog højst usikre: de er helt ude af stand til at opløse bevægelserne på alle de relevante skalaer. Det er derfor af stor betydning at vi inden for de sidste godt 10 år er blevet i stand til at *måle* rotationen i Solens indre. Målingerne viser at der er problemer med modellerne; desuden har vi inden for det sidste år fundet variationer i rotationen i Solens konvektionszone der formodentlig har en, endnu ikke forstået, sammenhæng med variationerne i Solens magnetiske aktivitet.

Helioseismiske undersøgelser af Solens indre

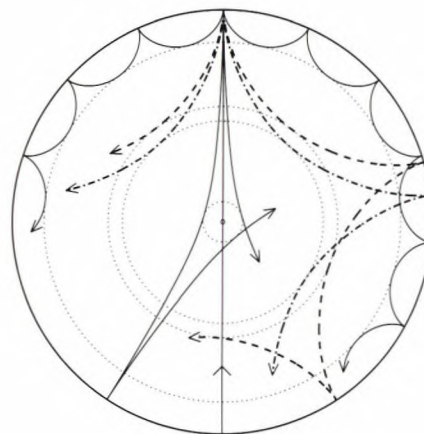
Grundlaget for disse resultater er observationer af svingninger af Solens overflade. Allerede i starten af 60-erne fandt amerikanske forskere de første vidnesbyrd om svingninger i Solens atmosfære, med perioder på omkring fem minutter. Disse blev længe betragtet

som lokale atmosfæriske fænomener; men i 1975 viste den tyske solfysiker Franz Deubner at der var tale om svingninger, der involverer en betragtelig del af Solen. Senere observationer har bekræftet dette, og vi ved nu at solsvingningerne skyldes en overlejring af millionvis af separate svingninger af Solen, på skalaer der rækker fra hele Solens omkreds til nogle få tusinde kilometer. Svingningernes frekvenser har givet os overordentlig detaljeret viden om forholdene i Solens indre. Dette forskningsfelt kendes som *helioseismologi* (af græsk *helios* for Solen; og *seismos* for skælven); for oversigter over helioseismologi, se [1–2].



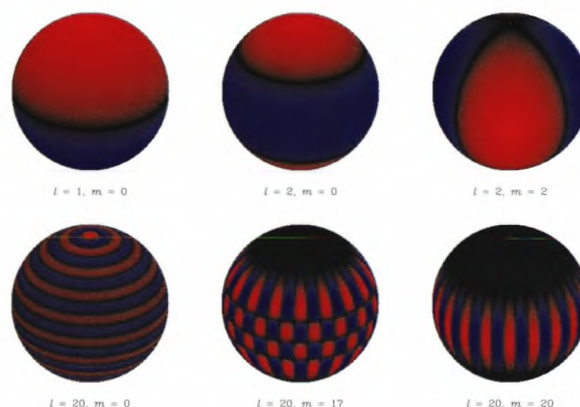
Figur 2. Rotationen i tværsnit af skematisk model af Solen, hvor rotationen er konstant på cylindre i konvektionszonen. Farveskalaen angiver rotationshastigheden i nanohertz (nHz); de hvide kontur-linier er adskilt med 10 nHz. Sammenlign med den faktisk målte rotationshastighed på figur 5.

Svingningerne kan observeres med adskillige forskellige teknikker, men de mest detaljerede resultater er opnået ved målinger af hastighederne af soloverfladen ved hjælp af Doppler-effekten. Der er tale om særdeles små effekter: de højeste amplituder af enkeltsvingninger er på under 0,2 m/sek., svarende til et samlet udsving af soloverfladen på ca. 20 m. Ikke desto mindre har det været muligt at måle dem med meget stor nøjagtighed; de mest følsomme målinger har bestemt svingninger med amplituder helt ned til 1 mm/sek. I de senere år er overordentlig omfattende målinger blevet foretaget i to store internationale projekter: GONG projektet (for Global Oscillations Network Group), der har opstillet 6 observatorier til måling af solsvingninger passende fordelt rundt om på Jorden; og eksperimenter på SoHO satellitten (Solar and Heliospheric Observatory), der laver kontinuerte observationer af Solen fra et punkt mellem Solen og Jorden.



Figur 3. Stråler af lydbølger, der udbreder sig i et tværsnit af Solens indre.

De observerede svingninger er stående lydbølger. Bølgernes udbredelse i Solens indre kan illustreres i en stråle-approksimation som på figur 3. Den er bestemt af variationen i lydhastigheden i Solens indre: lydhastigheden vokser med temperaturen og dermed med dybden under soloverfladen; derfor bliver bølgerne afbøjet og undergår til sidst indre refleksion, inden de bliver sendt tilbage mod soloverfladen. Herved etableres en stående bølge, svarende til svingningen af overfladen. Det er klart fra figuren at der er en sammenhæng mellem svingningens bølgelængde på overfladen, og den dybde, svingningen trænger ind til: svingninger med korte bølgelængder er afgrænset til de ydre dele af Solen, mens svingninger med lange bølgelængder omfatter en stor del af Solen. Da svingninger er observeret med alle bølgelængder, fra de længste til de korteste, får vi derfor information om forholdene overalt i Solen.



Figur 4. Udvalgte kuglefunktioner, der illustrerer svingningernes opførsel på Solens overflade. Graden l og den azimuthale orden m er angivet.

Svingningernes opførsel hen over soloverfladen er bestemt af kuglefunktioner $Y_l^m(\theta, \phi)$, hvor θ er vinkel-

afstanden til rotationsaksen (dvs. 90° -breddegraden), mens ϕ er længdegraden. Nogle eksempler er vist på figur 4. Her er l graden af svingningen, der, groft sagt, bestemmer bølgelængden på soloverfladen som

$$\lambda \sim \frac{2\pi R}{l},$$

hvor R er Solens radius; $l = 0$ svarer til kuglesymmetriske svingninger. Den azimutale orden m bestemmer antallet af nulpunkter, eller *knuder*, for svingningen omkring Solens ækvator; m ligger mellem $-l$ og l . For hvert svingningsmønster karakteriseret ved (l, m) findes et antal svingninger med varierende antal af knuder i den radiale retning, karakteriseret ved den radiale orden n . På Solen observeres svingninger med grader mellem 0 og flere tusinde; det samlede antal observerbare svingninger er derfor mange millioner.

Solsvingninger og Solens rotation

Solens svingningsfrekvenser afhænger oplagt af lydhastigheden i Solens indre. Ved at analysere dem kan man bestemme variationen af lydhastigheden, og dermed få en meget detaljeret test af beregnede solmodeller. Her koncentrerer vi os dog om studier af Solens rotation.

Hvis Solen ikke havde roteret ville svingningsfrekvenserne have været uafhængige af den azimutale orden m . For en ikke-roterende, og dermed kuglesymmetrisk, stjerne har ækvator ingen fysisk betydning, og m , der er knyttet til beliggenheden af ækvator, kan derfor ikke påvirke frekvenserne. Denne situation svarer helt til m -degenerationen af energiniveauerne i et brintatom. Som i brintatomet fører et brud på kuglesymmetrien til at degenerationen hæves. I brintatomet kan det f.eks. ske ved at atomet anbringes i et magnetfelt. For stjernesvingninger er rotationen det vigtigste brud på symmetrien. Herved opstår en opsplitning af frekvenserne efter m , den såkaldte *rotationsopsplitning*.

Den dominerende effekt af rotationen på svingningerne er rent geometrisk. De enkelte svingninger med $m \neq 0$ svarer til løbende bølger på soloverfladen, af formen

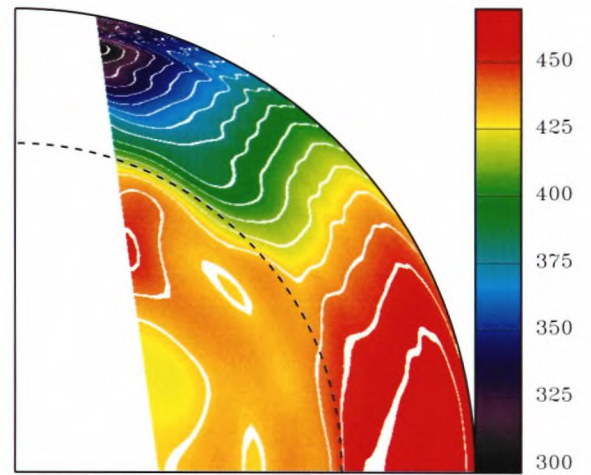
$$P_l^m(\cos \theta) \cos(m\phi - \omega t),$$

hvor P_l^m er en Legendre-funktion, ω er vinkel-frekvensen og t er tiden. Effekten er at de svingningsmønstre, der er illustreret på figur 4, ville se ud som om de roterede i en animeret udgave af figuren. En svingning, der udbreder sig i sammen retning som Solens rotation får dermed en højere frekvens end hvis Solen ikke havde roteret, og en svingning, der udbreder sig modsat rotationen, en lavere frekvens. Mere præcist kan dette udtrykkes ved at skrive frekvensen af en svingning med radial orden n , grad l og azimutal orden m som

$$\omega_{nlm} = \omega_{nl0} + m \langle \Omega \rangle,$$

hvor $\langle \Omega \rangle$ er en passende middelværdi af Solens vinkelhastighed $\Omega = \Omega(r, \theta)$; denne varierer, som allerede nævnt, med positionen i Solen, her angivet ved vinklen θ til polaksen og afstanden r til Solens centrum.

Den relevante middelværdi strækker sig over de dele af Solen, der er involveret i den betragtede svingning. Som vist på figur 3 kan det være en større eller mindre del af Solens udstrækning i den radiale retning: svingninger med høje grader, og dermed korte bølgelængder, er kun følsomme over for rotationen i de ydre dele af Solen, mens svingninger med lave grader omfatter det meste af Solen. Figur 4 viser en tilsvarende variation af svingningernes udstrækning i bredde: svingninger med lave m dækker det meste af soloverfladen, mens svingninger med $|m| \simeq l$ er koncentreret tæt ved ækvator. Ved observation af rotationsopsplitningen for et stort antal svingninger med forskellig udstrækning i Solen får vi derfor meget varierede middelværdier af Ω ; ud fra disse er det muligt at bestemme rotationens variation med r og θ .



Figur 5. Rotationen i tværsnit af Solen. Farveskalaen angiver rotationshastigheden i nanohertz (nHz); de hvide konturlinier er adskilt med 10 nHz. I området nær rotationsaksen kan de eksisterende data ikke give en pålidelig bestemmelse af rotationen.

For at finde den præcise relation mellem vinkel-frekvensen og rotationsopsplitningen er en mere detaljeret analyse nødvendig. Den må også tage hensyn til Coriolis-kraften på svingningerne, der dog har en relativt beskedne effekt for de svingninger, der observeres på Solen. Centrifugalkraften kan negligeres, på grund af Solens langsomme rotation: ved ækvator er forholdet mellem centrifugalkraft og tyngdekraft ca. 2×10^{-5} . Resultatet af analysen kan skrives som $\omega_{nlm} = \omega_{nl0} + m\delta\omega_{nlm}$ hvor

$$\delta\omega_{nlm} = \int_0^\pi \int_0^R K_{nlm}(r, \theta) \Omega(r, \theta) r dr d\theta. \quad (1)$$

Her kan *kerne*ne $K_{nlm}(r, \theta)$ bestemmes ud fra strukturen af egensvingningerne, som igen kan beregnes ud

fra modeller af Solens struktur. Denne er kendt med stor nøjagtighed ud fra analysen af svingningsfrekvenserne, og vi kan derfor antage at kernerne er kendte. Denne ligning danner udgangspunktet for bestemmelsen af Solens indre rotation ud fra de observerede frekvensop-splitninger.

Invers analyse

Ligning (1) er et typisk eksempel på et inverst problem: vi kender $\delta\omega_{nlm}$ for et stort antal observerede svingninger (n, l, m) og ønsker at bestemme $\Omega(r, \theta)$. Denne type problemer er blevet studeret indgående i geofysikken; men i en bredere forstand er de fleste fysiske målinger af en lignende art: det der måles er et instruments respons på en underliggende fysisk størrelse, og bestemmelsen af denne størrelse kræver korrektion for instrumentets responsfunktion, der i denne sammenhæng svarer til kernerne i ligning (1).

Det er indlysende at bestemmelse af et endeligt (omend stort) antal rotations-opsplitninger ikke kan give en fuldstændig bestemmelse af Ω som funktion af (r, θ) . I praksis må man nøjes med lokaliserede middelværdier af Ω , svarende til at bestemmelsen sker med en endelig opløsning. Samtidig må man også tage hensyn til, at de observerede $\delta\omega_{nlm}$ er behæftet med en måleusikkerhed, der påvirker bestemmelsen af Ω . Formålet med analysen er derfor at opnå den højest mulige opløsning, uden at den propagerede målefejl bliver for stor. Det kræver en omhyggelig afvejning af de parametre, der karakteriserer analysen.

Inden for geofysikken er der udviklet teknikker til behandling af denne type problemer, og de er blevet yderligere forfinet i de helioseismiske anvendelser [3]. Resultatet er en bestemmelse af middelværdier $\bar{\Omega}(r_0, \theta_0)$, der kan udtrykkes som

$$\bar{\Omega}(r_0, \theta_0) = \int_0^\pi \int_0^R \mathcal{K}(r_0, \theta_0, r, \theta) \Omega(r, \theta) r dr d\theta.$$

Her giver *midlingskernerne* $\mathcal{K}(r_0, \theta_0, r, \theta)$ et mål for, hvor godt $\bar{\Omega}(r_0, \theta_0)$ approksimerer værdien af vinkelhastigheden i punktet (r_0, θ_0) . I praksis kan bestemmelsen i Solens konvektionszone lokaliseres inden for nogle få procent af Solens radius eller bedre; i dybere lag bidrager færre svingninger til bestemmelsen, og opløsningen bliver derfor dårligere. Samtidig får man også en bestemmelse af fejlen $\sigma[\bar{\Omega}(r_0, \theta_0)]$ i resultatet.

Analysen er i princippet relativt simpel. I praksis kompliceres den af det meget store antal datapunkter, der skal inkluderes. Blandt andet takket være et frugtbart samarbejde med Datalogisk Institut ved Aarhus Universitet er der blevet udviklet teknikker, der meget effektivt udnytter det inverse problems detaljerede struktur, samt arkitekturen på parallelle computere. Vi er derfor nu i stand til at håndtere selv store datasæt med en begrænset regnetid.

Solens indre rotation

Vi har analyseret data fra både GONG netværket og MDI (Michelson Doppler Imager) instrumentet på SoHO. Resultater fra en længere serie MDI data er vist på figur 5, opnået af Schou *et al.* [3]. Her er rotations-hastigheden $\Omega/(2\pi)$ vist i nHz. Fejlen i bestemmelsen er gennemgående under 1 nHz; de fundne variationer er altså højst signifikante.

Det kan for det første bemærkes at overfladerotationen viser den kendte variation fra ækvator til polerne; men på figur 5 er rotationshastigheden bestemt udelukkende ud fra de observerede svingningsfrekvenser, uden anvendelse af de direkte målinger af overfladerotationen. Den gode overensstemmelse giver dermed en test af inversionsmetodernes pålidelighed. Det er bemærkelsesværdigt at denne variation i rotationen med bredden stort set holder sig uændret i hele området uden for den stiplede cirkel, der markerer bunden af konvektionszonen. Det er specielt klart at opførslen er helt forskellig fra rotation på cylindre, som forudsagt af simple modeller (se figur 2). Ved bunden af konvektionszonen sker der en hurtig ændring til rotationen i de dybere lag; denne er stort set konstant, så langt ind som den foreliggende analyse giver nogenlunde sikre resultater. Rotationen af Solens kerne er stadig ret usikker; analyse af andre observationer tyder dog på, at rotationshastigheden her er konsistent med værdien i resten af området under konvektionszonen.

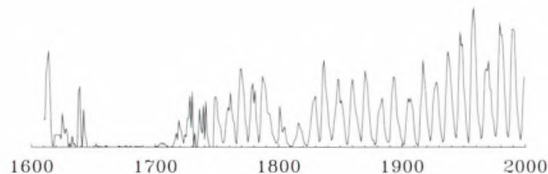
Det er ret indlysende at overgangen ved bunden af konvektionszonen må spille en væsentlig dynamisk rolle. Denne zone kaldes *tachoklinen* (af græsk *tachos* fart; og *klinein* hælde). Udstrækningen af det område, hvor overgangen finder sted, er tæt på opløsningen i inversionen i denne del af Solen, men kan bestemmes til ca. 5 % af Solens radius. I dette område er der derfor en meget kraftig gradient i rotationshastigheden, som ydermere skifter fortegn ved en bredde på omkring 30°.

En nøjere analyse viser andre systematiske variationer i rotationen i konvektionszonen. Konturerne i figur 5 antyder at der er et område tæt ved overfladen hvor vinkelhastigheden vokser med dybden, i hvert fald ved lave breddegrader. Dette er også det område hvor solpletterne er forankret; det har faktisk været kendt et stykke tid at solpletterne roterer lidt hurtigere end Solens overflade. Ved høje breddegrader varierer rotationen tilsyneladende mere med positionen, med indikation af begrænsede områder med hurtigere og langsommere rotation.

Effekter af Solens magnetiske cyklus

Som allerede nævnt varierer antallet af solpletter med en periode på ca. 11 år, dog med betydelige variationer i periodelængde og maksimalt antal fra periode til periode. Denne variation hænger nøje sammen med Solens magnetfelt. Ved solpletminimum har Solen et relativt svagt dipolfelt, nogenlunde svarende til Jordens. Ved solpletmaksimum er feltet helt domineret af de kraftige

felter i solpletterne, og ved det efterfølgende minimum har feltet igen dipolkarakter, men sådan at polerne er vendt om: hvor der før var nordpol er der nu sydpol og omvendt. Tilsvarende variationer i den detaljerede fordeling af magnetfeltet findes i solpletterne ved solpletmaksimum. Det er altså mere korrekt at tale om en 22-årig magnetisk cyklus for Solen.



Figur 6. Mål for antallet af solpletter gennem de sidste 400 år, midlet år for år. Den 11-årige variation er meget tydelig. Bemærk også fraværet af solpletter i perioden 1645–1715.

Variationen i solpletallet er blevet fulgt siden systematiske observationer begyndte tidligt i det syttende århundrede. Resultatet er resumeret i figur 6. I de sidste knapt 300 år er den 11-årige variation i antallet, men med nogen variation i højden af maksimumene, tydelig. Det er slående, at der er meget få solpletter i perioden 1645–1715. Denne periode, det såkaldte *Maunder-minimum*, er blevet studeret meget grundigt og det er påvist at den tilsyneladende mangel på solpletter ikke skyldes mangelfulde observationer. Der er et påfaldende sammenfald mellem denne periode og den *lille istid* hvor klimaet var usædvanligt koldt; det var f.eks. i denne periode at den svenske hær krydsede de tilfrosne danske bælter. Dette sammenfald må naturligvis give anledning til overvejelser om en mulig sammenhæng mellem solaktivitet og Jordens klima; en detaljeret diskussion, med visse politiske overtoner, af dette spændende emne blev givet af Nigel Calder [4].

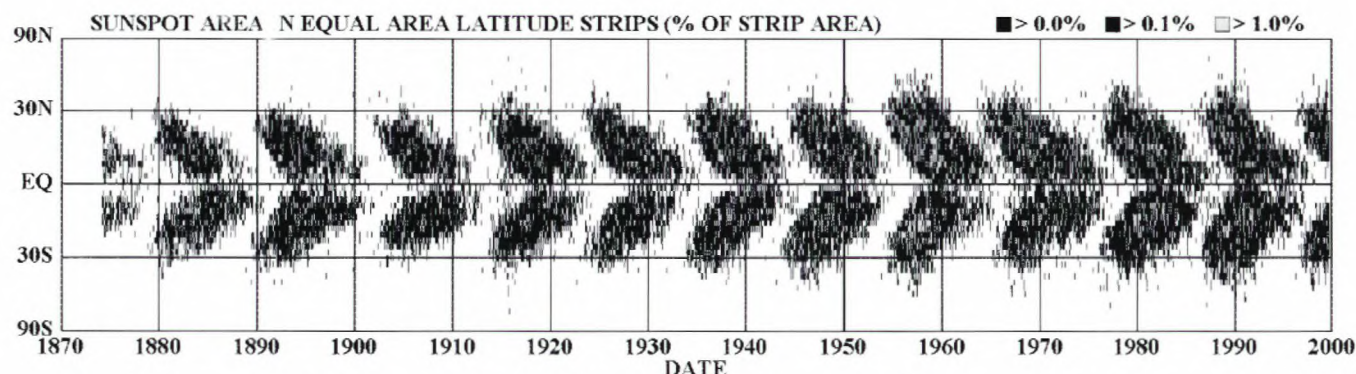
Der er en slående regularitet i forekomsten af pletter på Solen, som illustreret på figur 7: tidligt i den voksende fase af et solpletmaksimum dukker solpletterne

frem ved relativt høje breddegrader, men efterhånden som aktiviteten stiger dannes pletterne tættere og tættere på ækvator. Hermed danner pletterne det såkaldte *sommerfuglediagram*.

Mens variationen på Solens overflade som følge af sol-cyklen er meget velstuderet har det indtil for ganske nylig været et åbent spørgsmål, i hvor høj grad forholdene i det indre ændrer sig. Observation af sådanne ændringer ville naturligvis være meget vigtige for en forståelse af mekanismerne bag variationen i Solens aktivitet. Allerede midt i firserne fandt man at svingningsfrekvenserne ændrer sig i løbet af sol-cyklen: ved solpletmaksimum er frekvenserne op til ca. 0,01 % højere end ved solpletminimum (at så små effekter kan måles illustrerer ganske godt den præcision, som Solens frekvenser kan bestemmes med). Nærmere undersøgelser har dog vist, at disse ændringer er meget kraftigt korreleret med ændringen i magnetfeltet på Solens overflade; der er altså tale om en direkte effekt af de allerede kendte variationer, og frekvensændringerne giver derfor ingen ny information om hvad der foregår i dybere lag under Solens overflade.

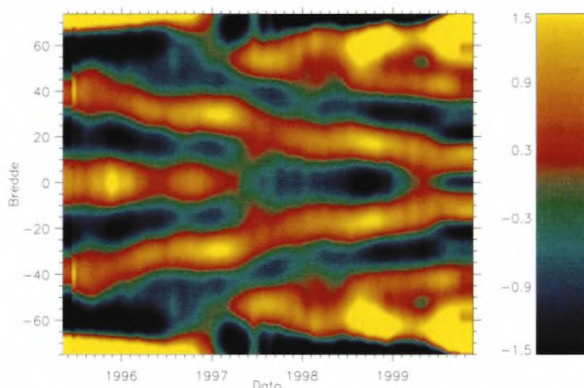
Selv med de meget præcise målinger fra GONG netværket og SoHO satellitten har det ikke været muligt med sikkerhed at finde ændringer i Solens indre *struktur* i forbindelse med sol-cyklen. Derimod har vi inden for det seneste år fundet særdeles interessante variationer i rotationen. Metoden er simpel: dataene analyseres i stykker på 2–3 måneder ad gangen; for hvert segment bestemmes svingningsfrekvenserne, og rotationshastigheden findes ved inversion; den gennemsnitlige rotationshastighed, over alle segmenter og som funktion af (r, θ) , bestemmes; og endelig ser vi på afvigelsen, i de enkelte segmenter, fra denne middelværdi. Disse afvigelser viser meget signifikante variationer med tiden, og med positionen i Solen.

Vi ser først på forholdene relativt tæt ved Solens overflade. Her finder man bælter af lidt hurtigere og langsommere rotation der, som vist på figur 8, gradvist bevæger sig mod Solens ækvator som tiden går [5–6]. Ligheden med solpletternes flytning mod ækva-



Figur 7. Forekomsten af solpletter, som funktion af tiden og breddegraden. Bemærk at pletterne tidligt i den voksende fase af aktiviteten (f.eks. omkring 1885) fortrinsvis findes ved relativt høje breddegrader; området med solpletter flytter mod ækvator efterhånden som cyklen skrider frem.

tor som sol-cyklen skrider frem er ganske påfaldende. Strømninger af denne art på Solens overflade har været kendt siden ca. 1980, fra direkte målinger af rotationshastigheden på Solens overflade; disse overflademålinger har også tilsyneladende vist en sammenhæng mellem områder med hurtig rotation og de bælter, hvor den magnetiske aktivitet er koncentreret. Det nye i de helioseismiske målinger er, at de kan følge strømningerne ned under Solens overflade. Dette viser at bælterne strækker sig over de ydre ca. 8 % af Solens radius, svarende til 1/3 af konvektionszonens dybde eller ca. 60 000 km. Der er altså langt fra tale om "overfladiske" fænomener, og det er sandsynligt at de spiller en væsentlig rolle for solpletternes dynamik og udvikling.

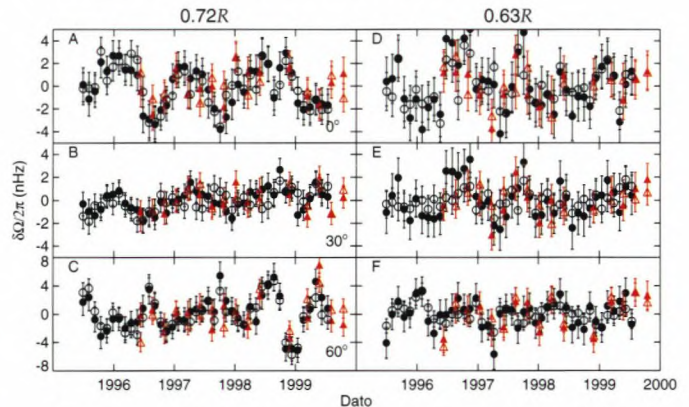


Figur 8. Ændringen i rotationen under Solens overflade, i en dybde på 7 000 km, som funktion af breddegraden og tiden. Røde og gule områder roterer lidt hurtigere end gennemsnitligt, blå og grønne områder lidt langsommere. Bemærk at områderne med hurtig og langsom rotation bevæger sig mod Solens ækvator, i midten af billedet, som tiden går. Farveskalaen til højre angiver afvigelsen i vinkelhastigheden, i nHz; ved Solens ækvator svarer 1,5 nHz til en fart på 7 m/sek.

Mens disse strømninger har været kendt fra overflademålinger kom den anden type variationer som en komplet overraskelse: som vist på figur 9 er der svingninger i rotationshastigheden tæt ved bunden af konvektionszonen og nær Solens ækvator, med en periode på omkring 1,3 år [6–7]. Ved højere breddegrader er der også variationer, omend mindre regelmæssige og med en dominerende periode på ca. 1 år. Det er også påfaldende at den ækvatorielle svingning ses både ved bunden af konvektionszonen, i en afstand på $0,73R$ fra Solens centrum, og i et noget dybere lag. Perioden i disse to lag er den samme, men svingningerne er i modfase. Denne periode var helt uventet; desuden er der ikke før set dynamiske variationer i området under konvektionszonen, hvor forholdene normalt antages at være meget stabile.

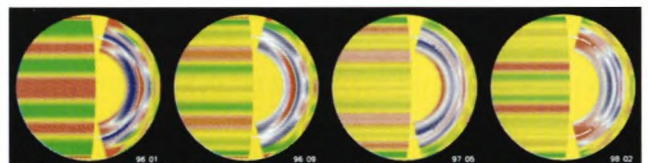
Det er klart at et så uventet resultat bør efterprøves omhyggeligt. Specielt kan forekomsten af en periode på 1 år ved højere breddegrader virke noget mistænkelig, givet at der er periodiciteter på et år i både de

jord- og satellit-baserede observationer. Der er derfor lavet mange forsøg med simulerede data for at undersøge om denne form for variation kan opstå som resultat af systematiske fejl i målingerne. Det har dog ikke været muligt at reproducere resultaterne ad denne vej; desuden ville det være meget svært at forklare at der er glimrende overensstemmelse mellem de helt uafhængige målinger foretaget af GONG netværket og fra SoHO satellitten. Vi har derfor konkluderet at der virkelig er tale om reelle variationer i Solen.



Figur 9. Ændringer i tiden i rotationen, relativt til den gennemsnitlige rotation. Resultater er vist for to afstande fra Solens centrum: til højre ved $0,72R$, svarende til tachoklinen hvor rotationen ændrer sig hurtigt med dybden, til venstre ved $0,63R$, et noget dybere lag i Solen; den øverste række er for Solens ækvator, de følgende for bredder på 30° og 60° . Sorte symboler er for data fra GONG netværket, røde symboler for data fra MDI instrumentet på SoHO satellitten; åbne og lukkede symboler er for to forskellige inversionsmetoder (fra [7]).

En samlet fremstilling af de observerede variationer, på udvalgte tidspunkter, er givet på figur 10. Her er illustreret både bælterne af hurtig og langsom rotation på Solens overflade, og variationerne i Solens indre. Specielt kan det bemærkes, at bælterne kan følges til en betragtelig dybde under overfladen.



Figur 10. Variationer i Solens rotation, relativt til den gennemsnitlige rotation, i fire faser af svingningen. Variationen er vist både på Solens overflade og i et snit gennem Solen. I det indre angiver lysebrune områder hurtig rotation, blå områder langsom rotation, og hvide områder den gennemsnitlige rotation. I den ydre del af Solen er hurtig, gennemsnitlig og langsom rotation vist som henholdsvis røde, gule og grønne områder. (En animeret version af disse billeder kan findes på [6].)

Modeller for Solens rotation

Mens observationerne af Solens indre rotation har gjort store fremskridt i de senere år, kniber det mere med den teoretiske forståelse. Helt overordnet er der næppe tvivl om at både den gennemsnitlige differentielle rotation

og variationerne i rotationen er bestemt af et samspil mellem rotation, konvektion og magnetfelter; disse faktorer må også være ansvarlige for variationerne i Solens magnetiske aktivitet i sol-cyklen. Man kan derfor håbe at bedre observationer af variationerne i rotationen, og en bedre teoretisk forståelse af dem, også kan hjælpe på forståelsen af solcyklen.

Et andet vigtigt aspekt er relationen til rotationen i Solens indre, koblet til konvektionszonen gennem den hurtige variation i rotationen i tachoklinen, og mere overordnet udviklingen i stjerners indre rotation. Observationer har helt klart påvist at for stjerner med masse tæt ved Solens roterer unge stjerner hurtigere end ældre. Der sker altså tilsyneladende et tab af impulsmoment efterhånden som stjernerne ældes. Dette tab kan forklares ved *solvinden*, udstrømningen af gas fra Solens ydre atmosfære, *koronaen*. Gassen er koblet til Solens overflade gennem magnetfelter og er derfor tvunget til at rotere med samme hastighed som Solen, selv i ganske store afstande fra Solen; selv om massen af den udstrømmende gas er meget beskeden medfører den derfor et ganske betragteligt impulsmoment. En model af denne art kan i store træk forklare reduktionen i stjernernes rotationshastighed med alderen. Den viser også at bremsningen af rotationen sker i konvektionszonen, hvor magnetfeltet er forankret. Dermed er det i princippet muligt at området under konvektionszonen fortsat kunne rotere meget hurtigere end overfladen. De helioseismiske undersøgelser viser helt klart at det ikke er tilfældet. Der må altså være mekanismer, der kobler det indre effektivt til konvektionszonen.

Arten af disse mekanismer er endnu meget usikker. Det viser sig dog, stort set ved udelukkelsesmetoden, at de må involvere magnetiske effekter. Selv et ret svagt magnetfelt, der kunne stamme fra Solens dannelse, kan faktisk koble forskellige dele af Solens indre ganske effektivt. Feltet er stærkt bundet til stoffet i Solen, der er overvejende ioniseret og dermed elektrisk ledende. Man kan derfor tænke på magnetfeltlinierne som elastikker der er fastgjort til stoffet og derfor gør modstand hvis forskellige dele af Solens indre roterer med forskellig hastighed. Dermed giver magnetfeltet en effektiv transport af impulsmoment i Solens indre. Detaljerne i denne proces er dog langt fra forstået. Specielt i tachoklinen giver variationen i rotationshastigheden anledning til cirkulation (den såkaldte *Ekman cirkulation*), der kan føre til blanding af stoffet [8].

Rotationen i konvektionszonen varierer, som nævnt, med bredden. Den gennemsnitlige rotation svarer ret nøje til rotationen i det indre; dette kunne tyde på at der er en form for ligevægt hen over grænsen for konvektionszonen. Fordelingen af rotationshastigheden i konvektionszonen er formodentlig bestemt af transporten af impulsmoment på grund af de konvek-tive gasbevægelser, der selv er påvirket af rotation. Dette må have ført til transport af impulsmoment fra polområderne mod ækvator, der dermed er kommet til at rotere hurtigere. Hydrodynamiske modeller af kon-

vektion i roterende systemer antyder at denne type processer kan finde sted. Et problem har været at de sker på relativt små skalaer; dette var tilsyneladende årsagen til at tidlige modeller af Solens roterende konvektionszone, der havde en grov numerisk opløsning, gav resultater der ikke stemte med den observerede fordeling. Beregninger inden for det seneste år, med kraftigt forbedret opløsning, har fundet en rotationsprofil der minder ganske meget om den observerede.

Som allerede nævnt spiller fordelingen af rotation formodentlig en væsentlig rolle for Solens magnetiske cyklus. De eksisterende, såkaldte *dynamomodeller*, for dannelsen og variationen af magnetfeltet antager ofte at den dominerende effekt finder sted i grænselaget under konvektionszonen. Her kan variationen af rotations-hastigheden føre til at magnetfeltet bliver strakt og "viklet rundt" omkring Solens ækvator, hvorved feltet forstærkes. Den såkaldte magnetiske opdrift fører til at feltet bliver ustabil og flyder op igennem konvektionszonen i form af rør af magnetisk fluks. Hvor et sådant rør gennembryder Solens overflade i en bue dannes et solpletpar. På grund af disse effekter svækkes feltet igen, og andre processer fører til gendannelsen af et dipolfelt, som observeret ved solpletminimum. Hermed kan man få i hvert fald en kvalitativ forståelse af Solens aktivitets-cyklus. Modellen har dog visse problemer: blandt andet er det svært at forklare at nogle meget lette stjerner, der ifølge modeller skulle være fuldstændig konvek-tive, stadig udviser magnetisk aktivitet; dette strider naturligvis mod antagelsen om, at grænselaget under konvektionszonen er ansvarligt for forstærkningen af feltet.

Hvad betyder variationerne?

Med usikkerheden i modellerne for Solens generelle rotation er det ikke overraskende at vi har meget begrænset forståelse af de observerede variationer, eller deres sammenhæng med de øvrige fænomener i Solen. Det er påfaldende som strømmene af hurtig og langsom rotation nær overfladen minder om solpletternes flytning mod ækvator. Det er derfor et spørgsmål om strømningerne er styret af solpletterne eller omvendt. Givet at strømningerne ses selv under solpletminimum, samt at de omfatter en ret stor del af konvektionszonen, er det måske mest naturligt at antage at strømningerne styrer pletterne. Hvordan dette sker er ukendt, ligesom den mekanisme der fremkalder strømningerne endnu ikke er forstået. Der er dog en interessant mulig analogi i de store planeter Jupiter og Saturn, hvis ydre dele også er domineret af konvektion: her ses en tydelig bæltstruktur i atmosfæren, der kunne være af samme art som bæltene i rotation set på Solen.

Svingningerne i rotationen ved og under bunden af konvektionszonen viser klart at der foregår dynamiske fænomener i dette område. Det er muligt at svingningerne er overvejende magnetiske; grove skøn indikerer at svingninger med den observerede periode på

1,3 år kan opstå med plausible værdier for den relevante komponent af magnetfeltet i dette område. Det er også påfaldende at vi ser oscillerende bevægelser så dybt som $r = 0,63 R$. Det er ikke usandsynligt at svingninger i rotationen til denne dybde kunne forårsage andre former for strømninger, der ville føre til blanding af stoffet under konvektionszonen; det kunne have målelige effekter på Solens struktur.

Faktisk har det længe været kendt at en vis blanding i dette område er nødvendig for at forstå et andet problem inden for Solens fysik. Lithium-indholdet i Solens atmosfære, bestemt ud fra spektroskopi, er væsentlig lavere end det oprindelige indhold i solsystemet der ses, f.eks., i meteoriter; på grund af de effektive gasbevægelser må indholdet i hele konvektionszonen være det samme som i atmosfæren. Reduktionen af lithium-indholdet i konvektionszonen skyldes formodentlig kernereaktioner med protoner. Denne reaktion finder kun sted med den fornødne fart ved højere temperaturer end den, der findes i bunden af konvektionszonen. For at forstå reduktionen i indholdet må der derfor være sket en blanding af stoffet under konvektionszonen; modelberegninger har vist at dette kræver en blanding netop til $r \simeq 0,63 R$. Selv om den mulige sammenhæng mellem svingningerne i rotationen og en eventuel blanding langt fra er klarlagt er dette et ganske påfaldende sammenfald.

Med disse resultater har vi kun lige taget hul på observationer af Solens dynamiske indre. Det er naturligvis af meget stor interesse at følge variationerne hen over det kommende solplet-maksimum og under den aftagende fase af solaktiviteten. SoHO satellittens aktiviteter er foreløbig finansieret indtil 2004, og rent teknisk fungerer både satellit og instrumenter stadig glimrende. På længere sigt kan man håbe at GONG netværket kan holdes igang gennem en hel solplet-cyklus, eller længere, ligesom der er planer om nye satellitter til erstatning for SoHO. Studier af aktivitetsfænomener og rotation i andre stjerner er også af meget stor interesse, selv om de oplagt aldrig bliver så detaljerede som for Solen. Et stort skridt mod seismiske studier af andre stjerner, inklusive deres rotation, vil blive taget med den kommende danske satellit Rømer omtalt på side 16 i dette nummer. Kombination af sådanne observationer med fortsatte teoretiske undersøgelser vil forhåbentlig give os en bedre forståelse af de komplicerede mekanismer der kontrollerer stjernernes rotation og magnetiske aktivitet.

Referencer:

- [1] J. Harvey (1995), "Helioseismology", *Physics Today*, bind **48**, nr. 10 (okt.), side 32.
- [2] En populær oversigt over helioseismologi, og tilsvarende studier af andre stjerner, er givet på www.obs.aau.dk/helio_outreach/.
- [3] J. Schou *et al.* (1998) "Helioseismic studies of differential rotation in the solar envelope by the Solar Oscillations Investigation using the Michelson Doppler Imager", *Astrophys. J.*, bind **505**, side 390.
- [4] N. Calder (1997) *Den maniske Sol: en revolution i klimaforskningen*, Gyldendal.
- [5] R. Howe, J. Christensen-Dalsgaard, F. Hill, R. W. Komm, R. M. Larsen, J. Schou, M. J. Thompson og J. Toomre (2000) "Deeply penetrating banded zonal flows in the solar convection zone", *Astrophys. J.*, bind **533**, side L163.
- [6] Pressemeddelelser og anden omtale af disse resultater kan findes på www.rummet.dk, samt på soi.Stanford.EDU/press/GONG_MDL03-00/.
- [7] R. Howe, J. Christensen-Dalsgaard, F. Hill, R. W. Komm, R. M. Larsen, J. Schou, M. J. Thompson og J. Toomre (2000) "Dynamic variations at the base of the solar convection zone", *Science*, bind **287**, side 2456. Se også O. D. Gough, *ibid.*, side 2434.
- [8] O. D. Gough og M. E. McIntyre (1998) "Inevitability of a magnetic field in the Sun's radiative interior", *Nature*, bind **394**, side 755.



Jørgen Christensen-Dalsgaard, er forskningsprofessor i helio- og asteroseismologi ved Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet, samt vicedirektør for Teoretisk Astrofysik Center under Danmarks Grundforskningsfond.

Spørg KVANT – om nye stjernebilleder

Da vi nu har fået astronomerne med i KVANT (al ære til redaktionen) med deres særlige kompetence, og oven i købet har den højt estimerede generalsekretær for International Astronomisk Union, Johannes Andersen, lige ved hånden, udnytter jeg situationen til at stille sidstnævnte følgende spørgsmål: "Kan man oprette et nyt stjernebillede?"

De gamle er gode nok, og vi elsker dem, men fornyelse er heller ikke at foragte, og ser vi f.eks. på husdyrbrugets fugle, hvor vi har påfuglen, duen og svanen, hvad så med hønsene (gallinae)? Rent bortset fra, at det føles som et savn, at "pulle" ikke er med, så synes jeg faktisk, at vi her ved starten af det andet årtusind skylder hønen en rehabilitering, efter at vi nu så længe har plaget den. Astronomerne må nok kunne finde et passende sæt af "ubrugte" stjerner – og vel i det mindste et par, som kunne gøre det ud for øjnene (se nedenfor).

Kan jeg få det godkendt i IAU's komite for navngivning?

Venlig hilsen

Kay Akselbo



Kære Kay Akselbo,

Tak for brevet; det varmer da, at man er "højt estimeret"!

Spørgsmålet giver anledning til en faktuel kommentar, som jeg ikke tog med i artiklen: Redaktøren havde bedt om et kort, underholdende bidrag, og det forsøgte jeg at levere.

IAU er imidlertid ikke en del af underholdningsindustrien, men har til formål at fremme international forskning i astronomi. Hertil er der brug for eentydige betegnelser for objekter i universet, og IAU har bevist sin kompetence til at definere sådanne som er hensigtsmæssige og bliver internationalt anvendt.

Med det enorme antal objekter der kendes, er et katalognummer eller præcise koordinater mere anvendelige som identifikation end et navn, ligesom en præcis adresse for en person. Af historiske årsager fortsætter man med at give navne til f.eks. småplaneter, kometer, kratere og lignende i solsystemet; der er dog efterhånden så mange, at systemet er ved at have overlevet sig selv. Hertil (og kun hertil) har IAU to komiteer, som koordinerer navngivningen.

Andre typer objekter har reelt intet brug for officielle navne og får dem heller ikke. Ikke desto mindre raserer der for tiden en slags mode med at navngive alt muligt. Det har udviklet sig til en blomstrende astronomisk "kvaksalver-industri" som sælger pompøse ejer-certifikater for stjerner til godtroende kunder (og sågar "skøder" på "fast ejendom" på Månen, Pluto osv. – tro det, hvem der vil...).

Stjernebillederne opstod i oldtiden som betegnelser for bestemte dele af himlen. Efterhånden som man kunne stedbestemme stjernerne mere præcist, blev der brug for at definere en fast liste og grænserne mellem dem nøjagtigt, så enhver stjerne kunne henføres til netop eet stjernebillede. Dette tog IAU sig af (i 1930). At begynde at ændre systemet nu bare for sjov ville skabe forvirring uden noget nyttigt formål. Og det er det modsatte af IAU's opgave.

Med venlig hilsen

Johannes Andersen

Kvant retter

En venlig læser har gjort os opmærksom på, at telefonnummeret til Woolsthorpe Manor i slutningen af artiklen "I skyggen af Newtons æbletræ" i Kvants martensnummer er forkert. Det korrekte telefonnummer er +44 1476 860 338.

Praksislæring på fysikstudiet

Henrik Busch, Danmarks Lærerhøjskole, Kim Rongsted Kristiansen, Danmarks Lærerhøjskole, og Kristian Pedersen, Dansk Rumforskningsinstitut.

Et vigtigt led i debatten om undervisningen på de naturvidenskabelige uddannelser må være en grundig refleksion over, hvad studerende kan opnå at lære i kraft af de forskellige undervisningsformer, der indgår på studierne. I denne artikel vil vi diskutere tre situationer, der knytter sig til grunduddannelsen på fysikstudiet ved Niels Bohr Institutet, og bruge dette til at pege på vigtige aspekter af den læring¹ der foregår.

De tre situationer er beskrevet på baggrund af materiale, der er indsamlet i forbindelse med et udviklingsprojekt, som i øjeblikket gennemføres i samarbejde mellem Niels Bohr Institutet og Danmarks Lærerhøjskole.² Projektet knytter sig især til de laboratorieøvelser, der er indført for at støtte den teoretiske undervisning i elektromagnetisme og kvantefysik på 2. år. Artiklen her beskæftiger sig ikke med de centrale problemstillinger vedrørende øvelserne, men er baseret på iagttagelser, der er gjort under interview med grupper af studerende og ved observationer af undervisningsforløb.

Diskussionen er inspireret af den del af den pædagogiske forskning, der i disse år sætter stor fokus på de tanker om læring og undervisning, der undertiden omtales med begreber som "praksislæring" eller "læring som social praksis". Forholdsvis lettilgængelige introduktioner til disse overvejelser findes i [1] og [2].

Formålet med denne artikel er, med udgangspunkt i situationer, som vil være velkendte for de fleste fysikere, at illustrere nogle vigtige aspekter ved den praksislæring, der foregår på fysikstudiet.

Tre situationer fra 2.-års undervisningen

Nedenfor er først beskrevet to scener, hvor studerende er beskæftiget med at lære fysik. Den første er baseret på observationer gjort på et regneøvelseshold og på interview med nogle af de tilstedeværende studerende [5]. Den anden er baseret på studerendes egen omtale af deres projektarbejde. Navne, enkelte emner og mindre detaljer er ændret af anonymitetshensyn. Situation 3 er direkte transskriptioner af bandede interview med studerende, hvis navne er ændret.

Situation 1: Regneøvelser på "Elektromagnetisme" på 2. år, 5. uge i semestret

Det er onsdag. De tyve studerende og regneøvelseslæreren, Torben, er igen samlet. Torben, der er adjunkt og til daglig arbejder med sit forskningspro-

jekt inden for atomfysikken, har lige opsummeret noget af det teoretiske stof, der knytter sig til dagens opgaver. Torben: "Er der nogen, der vil gå til tavlen for at gennemgå opgaven om dipolen i det inhomogene E-felt?" Ingen svarer i første omgang, men efter at Torben har spurgt endnu to gange går Maja til tavlen. Hun gennemgår den del af opgaven, hun kunne finde ud af hjemme – skriver på tavlen, forklarer sig overfor klassen og får nu og da hjælp af Torben, når hun går i stå. Kristoffer sidder midt i lokalet, følger med ved at kopiere fra tavlen og forsøger at følge argumentationen. Halvvejs mister han overblikket og fortsætter blot med at skrive ned. På et tidspunkt spørger en af de andre studerende Torben om et udledt mellemresultat ikke skal divideres med 2π . Ingen andre spørger om noget i løbet af de 25 minutter gennemgangen varer.

Situation 2: Frie øvelser, 1. år – et laboratorium i kælderen på NBI, Blegdamsvej

Det er fredag. Tine, Kristoffer og Mads kommer ved 9-tiden og når inden kaffen lige at skrive den graf ud, de arbejdede med aftenen før. De kaster også et blik på deres eksperiment – en risdyng, hvortil man kan lægge korn for korn og se, hvornår risskred optræder. Grafen viser forudsigelsen fra den model for risdyngen, de har arbejdet med de seneste uger – den passer ikke for godt med eksperimenterne. Ved kaffen diskuteres fodbold, en ny artikel om selvorganiserede systemer og forskningsbevillinger – forskergruppens seneste SNF-ansøgning behandles for tiden. Silvia, en italiensk post.doc. i forskergruppen, kigger på grafen, kommenterer tidsafhængigheden og spørger kritisk til detaljer i eksperimentet med risdyngen.

Situation 3: Interview med Fysik2-studerende

Spørgsmål: *Hvorfra kommer opfattelsen af, hvad en fysiker er?*

Svar: ... *Så man har ikke mødt så mange fysikere. Den eneste vi har mødt, det var ham der, da vi skrev vores førsteårsprojekt, hvor vi havde en over på NBI.....tog os meget alvorligt. Det vi lavede og det vi kom med, var noget han virkelig overvejede dybt. Man hører meget på, hvad de andre siger og virkelig overvejer det. Hvis man kom med en idé til, at man kunne gøre noget på en bestemt måde, så tænkte han længe over det. (Søren)*

Det kunne være meget interessant at snakke med dem (nogle fysikere, red.) – en gang i mellem. Få lidt mere

¹ En vigtig del af overvejelserne om, hvordan man skal undervise i en bestemt sammenhæng, er spørgsmålene om hvad det vil sige at lære noget og hvilke processer, der er vigtige i den sammenhæng (psykologiske, sociale, ...). En række referencer til diskussion af begrebet "læring" findes i [4].

² Projektet er finansieret af Niels Bohr Institutet og Dansk Center for Naturvidenskabsdidaktik.

føling med, hvad det var for nogle typer, der render rundt. (Tobias)

Spørgsmål: Hvornår forestiller I jer, at I vil opfatte jer selv som fysikere?

Svar: Det kommer vel den dag, hvor man føler, at man bidrager med noget og ligesom er en del af det samlede projekt. Så føler man sig som fysiker... (Jakob)

Måske vil jeg føle mig som fysiker, når nogen begynder at interessere sig for, hvad jeg mente? Om en eller anden ting. ... (Jan).

Det er oplagt, at de studerende fungerer i forskellige roller i "Situation 1" og "Situation 2" – og vel også at vi i denne artikel vil prøve at fremhæve nogle værdifulde elementer i den anden situation fremfor den første... Men hvad er det mere præcist, der karakteriserer læringssituationen "2", og hvorfor kan den aktivitet, der foregår her i bedste fald være så betydningsfuld?

Den deltagende eller modtagende studerende?

Det måske mest iøjnefaldende ved læsningen af ovenstående er de studerendes udtalelser i stil med "vi har ikke mødt så mange fysikere" og "det kunne være interessant at snakke med dem..."³ Disse er især tankevækkende, fordi spørgsmålene i interviewet er stillet som led i en diskussion om undervisningen på regne- og laboratorieøvelser; hvor de undervises af fysikere! I situation "1" er der ikke meget der vidner om, at Torben optræder som fysiker. De studerende ved udmærket godt, at han "til daglig" arbejder som fysiker, men det er øjensynligt ikke hans rolle i denne sammenhæng. Han er specifikt til stede med det formål "at lære dem noget". Det, de tilbydes at lære, kan godt nok ikke bruges til noget særligt i den givne situation, men antages at give dem nogle generelle færdigheder, som enten kan bruges til at lære noget ved en senere lejlighed eller som kan anvendes i en praktisk sammenhæng, hvor de kommer til at udøve fysik. En del af de studerende opfatter formentlig ikke det, der foregår i situation "1", som at de praktiserer fysik, men snarere at de forsøger at lære noget, der kan blive nødvendigt eller gavnligt for senere at kunne beskæftige sig med fysik.

Hvad angår fysikerens rolle, er situation "2" radikalt anderledes. Her deltager de studerende sammen med gruppens medlemmer i det samme projekt, der går ud på at opstille et eksperiment, forstå nogle sammenhænge, deltage perifert i gruppens arbejde med at bidrage inden for et forskningsområde⁴ – på at lave fysik! Når underviseren (Silvia) i denne situation interesserer sig for de studerende, hænger det ikke sammen med "at hun skal lære dem noget". Derimod skyldes det, at de alle deltager i en fælles forskningsaktivitet, hvor de nok

bidrager på forskellige niveauer, men hvor den studerendes bidrag rent faktisk betyder noget og er en del af "det samlede projekt" (jfr. Jakobs udtalelse om "det samlede projekt")

Forståelse for fagets og forskningens metoder

En anden interessant forskel på de to undervisningssituationer knytter sig til den fagopfattelse og -forståelse, undervisningen kan bidrage til at udvikle. De studerendes arbejde sammen med forskningsgruppen i situation "2" afspejler på mange måder meget præcist de mange facetter, der karakteriserer naturvidenskabelig forskning. Et eksempel på dette gælder eksperimentet, der designes, modelleres og testes for at undersøge et endnu ikke forstået fænomen. Det er en kompliceret proces, der (eventuelt) fører til at den undersøgte hypotese for fænomenet udvikler sig til en accepteret kendsgerning. Ikke blot kræver dette et sæt eksperimentelle data af høj kvalitet, men den etablerede sammenhæng skal også kunne forstås i relation til den eksisterende litteratur og kunne modstå en kritisk diskussion med kolleger (Silvia). Også en forståelse af, hvordan fysikere arbejder, erhverves ved denne type undervisning – i kraft af de studerendes deltagelse i hele arbejdsprocessen: vekselvirkningen med den udenlandske forsker, kaffe-brygningen, diskussionen om forskningsbevillinger, arbejdet med modellen aftenen før, ... Denne viden kan betegnes som "tavs" – det er ikke eksplicit formuleret, at de studerende skal tilegne sig en forståelse for det ene eller det andet specifikke kendetegn ved livet i laboratoriet. Ved interview med de studerende har disse ofte umiddelbart svært ved at pege på noget konkret, som de selv synes at have lært ved dette projektarbejde. Går man derefter i gang med at diskutere detaljerne deres arbejde, er mange imidlertid temmelig nøje i stand til at beskrive grundige overvejelser, de har haft om eksperimentelle metoder, hvilke processer, der karakteriserer tilvejebringelsen af ny viden og i det hele taget mange kendetegn ved "fysikerens dagligdagsbeskæftigelse". Denne læring er altså foregået i kraft af selve deltagelsen i gruppens arbejde, snarere end som resultat af en målrettet "tilegnelsesaktivitet".

Situation "1" er helt anderledes på disse punkter. Nok er Majas opgave vanskelig at løse og kræver et solidt kendskab til de teknikker og strategier, der kendetegner denne type tænkte og generaliserede fysiske problemstillinger. Problemet er imidlertid veldefineret i kraft af opgaveteksten og er karakteriseret ved en nogenlunde velkendt vej at nå til resultatet – som underviseren i øvrigt kender fra begyndelsen. Løsningen på opgaven bliver nok til en vis grad diskuteret, men selve løsningsprocessen skal slet ikke på samme niveau som ovenfor kunne modstå "kollegernes" skepsis. Maja bør

³I de gennemførte interview kom ca. halvdelen af de 15–18 studerende med lignende udtalelser.

⁴På Niels Bohr Institutet er det forholdsvis almindeligt, at studerende på det 1. års frie øvelser og især på 3. års bachelorprojekt på denne måde bliver integreret i en forskergruppes arbejde og arbejder med udvikling eller afprøvning af et stykke apparatur, en målemetode eller en numerisk model – altså med en aktivitet, som yder et lille, men reelt bidrag til gruppens forskning.

overfor underviseren og de øvrige studerende kunne argumentere for sin fremgangsmåde, men kan hun ikke det, er Torben klar med et vink, der kan føre hende den ene eller anden rigtige vej til løsningen. For de øvrige "kolleger" (de andre studerende på holdet) kan det af forståelsesmæssige årsager være relevant at spørge uddybende, men formålet med at debattere løsningsmetoden "som fysikere gør det, når de laver fysik" er nærmest ikke-eksisterende.

Udviklingen af fagidentitet

Hvis man spørger en fysiker, hvornår i hans eller hendes uddannelsesforløb, vedkommende begyndte at opfatte sig selv som fysiker, vil svaret næsten altid blive "under

specialearbejdet" eller "i løbet af ph.d.-uddannelsen". På baggrund af ovenstående analyse, er det ikke vanskeligt at få en idé om, hvorfor dette er tilfældet. Det er netop under for eksempel specialearbejdet, at man for alvor i en gruppe og på et institut deltager i en fælles praksis, der går ud på at bedrive forskning. I begyndelsen deltager man typisk som "lærling" med lidt perifer opgaver og er nødt til at gøre en masse "krum-spring" ved siden af det, som er ens egentlige eksperimentelle eller teoretiske projekt – lære at småsnakke med teknikerne, lytte til de ældre ansattes skrøner om gamle dage, læse korrektur på sin vejleders artikler,... Hvad der i virkeligheden sker, er at man langsomt får en forståelse for og bliver en del af forskningskulturen – ikke bare gruppens eller instituttets, men hele fagets.

Få dit eget abonnement på Kvant eller bliv medlem af AS, DFS eller SNU

Indmeldelse i foreningerne AS, DFS eller SNU kan ske ved at udfylde og indsende kuponen nedenfor. Det koster 250 kr. om året at være medlem af AS, 325 kr. om året at være medlem af DFS (dog 75 kr. for pensionister) og 150 kr. om året at være medlem af SNU. Unge under uddannelse slipper dog med 100 kr. hos AS og 75 kr. hos DFS og SNU. Det er også muligt alene at tegne abonnement på Kvant for 135 kr. om året. Hvis du ikke vil klippe i bladet, må du gerne fotokopiere kuponen.

Hvis du mener, at du allerede har abonnement, men ikke får bladet (og derfor læser dette hos en kollega), har du måske glemt at melde flytning (det skal meddeles postvæsenet eksplicit!) eller glemt

at betale for abonnementet/kontingentet. Du opfordres derfor til at kontakte Lene Körner, Matematisk Institut, Universitetsparken 5, 2100 København Ø (kørner@math.ku.dk), tlf. 35 32 07 62, for at få opklaret sagen.

Kvant udsendes gratis til alle landets gymnasier, HF-kurser, tekniske skoler, seminarier m.fl. Hvis du er lærer et af disse steder og din arbejdsplads ikke modtager Kvant opfordres du også til at rette henvendelse til Lene Körner.

Køb af klassesæt eller tidligere numre af bladet kan ske ved henvendelse til kvant@nbi.dk.

Navn: _____
Stilling: _____
Adresse: _____
Postnr. og by: _____
Telefon: _____
E-mail: _____

Jeg er ☐ under uddannelse ☐ pensionist

Jeg ønsker

- ☐ abonnement på Kvant
☐ medlemsskab af AS
☐ medlemsskab af DFS
☐ medlemsskab af SNU

Ved DFS-medlemsskab: Angiv evt. ønske om tilknytning til sektionerne for:

- ☐ atomfysik
☐ faststoffysik
☐ uddannelse og undervisning
☐ netværk for kvinder i fysik (KIF)



Sendes ufrankeret
Modtageren
betaler portoen

KVANT
Ørsted Laboratoriet
Universitetsparken 5
+++ 1385 +++
2100 København Ø

Derfor udvikles identiteten som fysiker primært under dette læringsforløb. Det er efter vores opfattelse vigtigt at betragte "det at udvikle en fagidentitet" som noget "man lærer"; snarere end at det er noget, der kommer af sig selv. Spørgsmålet om, hvilke undervisningsformer, der bidrager til at udvikle fagidentiteten, bliver dermed også vigtigt.

Evaluerings gennem praksis

Endelig er det værd at kaste et blik på evalueringen af den studerende – altså forsøget på at måle eller værdisætte hans eller hendes udbytte af læreprocessen. I klasserumsundervisningen foregår evalueringen primært ved en sammenligning med lærerens resultat og løsningsmetode – og til sidst i semestret ved eksamen. Denne eksamen har til formål at teste, om den studerende har tilegnet sig en rutine i at løse den type af problemer, der karakteriserer "Situation 1" og eksamen foregår i øvrigt som en begivenhed, der er afkoblet fra resten af undervisningsforløbet. Helt anderledes er det i situation "2", hvor den virkelige evaluering foregår "gennem praksis" – i kraft arbejdet med modellen, nødvendigheden af at kunne detektere risikered og ved diskussionen af arbejdet over kaffen med de øvrige medlemmer. Endvidere afsluttes forløbet med en rapport, hvis formål er at dokumentere det udførte arbejde. Evalueringen i denne undervisningssituation afspejler altså i vid udstrækning de mekanismer, forskeren og dennes kollegaer selv bruger til at vurdere arbejdets kvalitet og videreformidle resultaterne af det.

Tilbage til mesterlæren?

Vi har i denne artikel peget på nogle karakteristiske aspekter ved den læring, der foregår i kraft af forskellige undervisningsaktiviteter på fysikstudiet ved Niels Bohr Institutet. I den sammenhæng har vi fokuseret på vigtige elementer af den type undervisning, hvor den studerende kan betragtes som en slags legitim deltager i et forskningsfællesskab. Tilbage står spørgsmålet, om hvordan undervisningskulturen kunne ændres, hvis man i endnu højere grad end nu ønskede at vægte de studerendes "deltagerrolle". Ingen af os mener, at løsningen blot er at genindføre mesterlæreuddannelsen, men at en væsentlig kvalitetsforøgelse – og måske et lavere frafald – kunne opnås ved at overveje elementer som de her skitserede grundigt i forbindelse med udviklingen af undervisningen.

Referencer:

- [1] K. Nielsen og S. Kvale: *Mesterlære – læring som social praksis*. Hans Reitzels forlag (1999), kap. 1: Mesterlære som aktuel læringsform
- [2] K. Nielsen og S. Kvale: *Mesterlære – læring som*

social praksis. Hans Reitzels forlag (1999), kap. 10: Forskere i lære

- [3] H. Busch: "Naturvidenskabsdidaktik – en underlig fisk?", Gamma nr. 117.
- [4] www.dlh.dk/mat/fysik/studiekreds/index.html (hjemmeside for studiekredsen "læring og erkendelse i naturvidenskaberne")
- [5] www.dlh.dk/mat/fysik/Fysik2/index.html (hjemmeside for DCN-projektet "Udvikling af en ny type eksperimentelt undervisningsforløb")

Yderligere oplysninger om projektet kan fås ved henvendelse til Henrik Busch (busch@dlh.dk).



Henrik Busch er Ph.D. i fysik og post.doc. ved Danmarks Lærerhøjskole. Han beskæftiger sig bl.a. med anvendelse af IT i naturfagsundervisningen og med undervisningsformer og -kultur i universitetsuddannelserne. Han gennemfører i studieåret 2000/2001 et DCN-støttet projekt med titlen "Praksislæring på fysikstudiet" ved Niels Bohr Institutet.



Kim Rongsted Kristiansen er cand.scient i kemi (med bifag i engelsk) fra Københavns Universitet. Har været adjunkt i gymnasiet indtil 1997. Siden da har han været Ph.D.-stipendiat i fagdidaktik ved Danmarks Lærerhøjskole.



Kristian Pedersen er Ph.D. i astrofysik. Han er ansat på et DCN-udviklingsprojekt omhandlende laboratorieøvelserne på 2. års undervisningen i Fysik på KU og desuden ansat på www.rummet.dk, Dansk Rumforskningsinstitut. Formidler af astronomi og fysik gennem de sidste 10 år i Fysiklegestuen, Folkeuniversitetet m.m., og træner i fodboldklubben F.C. Dirac gennem en årrække.

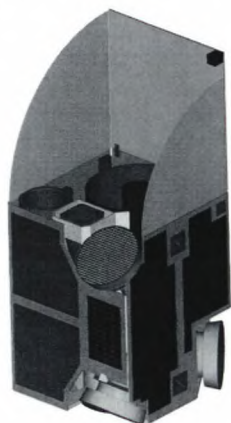
Gammaglimt og stjerneskælv med RØMER-satellitten

Michael Cramer Andersen.

Den næste danske satellit skal opsendes omkring 2003, med en russisk raket, og måle på stjerneskælv og gammaglimt. Det blev offentliggjort den 14. april 2000 på rummet.dk og på en konference om rumforskning arrangeret af Dansk Rumforskningsinstitut (DRI).

Den nye satellit skal hedde **RØMER**, opkaldt efter Ole Rømer (1644-1710) som dels opdagede lysets endelige hastighed og dels var en dygtig instrumentbygger. Han opfandt bl.a. et nøjagtigt *glastermometer*, som Fahrenheit senere udviklede, og *meridiankredsen* til måling af nøjagtige stjernepositioner.

Efter opsendelsen af *Ørstedssatellitten* for godt og vel et år siden har danske rumfirmaer og DRI indgået et tættere samarbejde. Der var flere gode forslag til en efterfølger til Ørsted og to var så gode, at man valgte et kombineret projekt af "*MONS*" og "*Ballerina*". Der er blevet tænkt kreativt for at få plads til begge eksperimenter i den lille satellit, som kun skal måle $60 \times 60 \times 80$ cm og veje under 120 kg.



Rømer satellitten.

MONS: Måling af stjernesvingninger

MONS står for *Measuring Oscillations in Nearby Stars* og projektleder er Jørgen Christensen-Dalsgaard, Aarhus Universitet. MONS-projektet vil bidrage til at besvare spørgsmålene: Hvordan roterer stjernerne ved overfladen og i deres indre? Hvor gamle er stjernerne (og Universet)? Hvordan udvikler stjernerne sig, har de den kemiske sammensætning i deres indre som vi antager, eller skal de teoretiske modeller ændres? MONS vil også kunne se eventuelle planeter der passerer ind foran de udvalgte stjerner.

Med et optisk teleskop på 34 cm i diameter skal lyset fra svingende stjerner måles for at lære mere om stjernernes indre struktur og rotation. Lysstyrken af ca. 25 nære stjerner skal måles med en nøjagtighed på $1:10^6$. Farven vil blive målt så stjernernes temperatur kan bestemmes med en nøjagtighed på $1/1000$

grad. To mindre teleskoper skal måle på flere tusinde stjerner i mindre detaljer. Teknikken kendes fra SOHO-satellittens målinger af oscillationer af Solen, og Århus gruppen har stor erfaring med behandlingen af disse resultater, hvilket har givet spændende ny viden om Solens indre. Solens indre kerneområde roterer f.eks. som et næsten stift legeme, mens de ydre områder roterer med en periode på 24-28 døgn. Gnidningen mellem lagene påvirker derved magnetfelterne. De danske forskere vil være blandt de første som anvender teknikken på andre stjerner.

Ballerina: Måling af gammaglimt

Ballerina-eksperimentet skal detektere de meget kortvarige og energirige gammaglimt (Gamma Ray Bursts), som hører til blandt Universets fjerneste lyskilder. Projektleder på Ballerina-eksperimentet er Niels Lund fra DRI, som også har udarbejdet det kombinerede design mellem de to satellitter.

Med fire WATCH røntgen vidvinkelkameraer (udviklet af DRI) skal de mystiske gamma-kilder lokaliseres så jordiske teleskoper (VLT) hurtigt kan optage et spektrum af den optiske efterglød og afstanden kan bestemmes gennem måling af rødforskydningen. Dette felt er danske forskere i København blandt de førende i. Det er et meget tidskrævende arbejde idet der skal arbejdes uafbrudt i de få timer efter glimtet hvor lyset endnu kan opfanges af teleskoper rundt om på kloden. Dertil kommer at gammaglimtene altid kommer uanmeldt, så der er ikke råd til at sove i timen. Når lyset er fadet ud kan man kun vente til det næste glimt kommer.

Der er mange teorier om årsagen til de kraftige gammaglimt. To realistiske forslag er enten *sammensmeltning af to neutronstjerner* eller en *hypernova* (en stjerneeksplosion der er kraftigere end en supernova). Begge dele vil give anledning til dannelsen af et meget kompakt objekt – et sort hul – mens gammastråling udsendes i to jets. RØMER satellitten kan måske give svaret.

I det meste af tiden skal MONS-teleskopet måle på sine stjerner og når et gammaglimt bliver registreret, drejer satellitten automatisk over og bestemmer positionen af dette, så koordinaterne kan sendes til Jorden. Derefter drejer teleskopet tilbage og fortsætter målingerne af stjernesvingninger. Det vil måske være muligt at indrette MONS-teleskopet så det kan måle den optiske efterglød af gammaglimtet. Det præcise design af satellitten skal først til at udarbejdes det kommende år og derefter står udfordringen med at bygge satellitten.

KVANT-nyheder

Redigeret af Michael Cramer Andersen.

Atomfysikerne har bevæget sig et lille skridt nærmere kvantecomputeren. Partikelfysikerne gør klar til at studere kvark-gluon plasma for alvor. Faststoffysikerne kan i fremtiden betjene sig af bedre elektronmikroskoper. Rumforskningen præges af nyt om Mars-sonder, Jordens magnetfelt, resultater fra de to store röntgen-satellitter, solpletaktivitet og nordlys. Danske rumforskere har fået penge til en ny småsatellit: RØMER. Læs mere om Rømer på side 16, og læs aktuelle nyheder på nettet: www.nbi.dk/dfs/ny

Forbedret Transmissionselektronmikroskop

Nu kan forandringer af faste overflader studeres real-time med 60 billeder i sekundet. Elektronmikroskopet kan også lægge rækker af atomer med en afstand på kun en halv Ångström. Japanske forskere, anført af Takeshi Kawasaki, har taget billeder af fine guldparketter der ændrer form. Billederne danner en lille film.

Det forbedrede elektronmikroskop benytter elektroner der er accelereret i et elektrisk felt på 1 mio. volt med en nøjagtighed på kun en halv volt. Den avancerede konstruktion må holde elektronkilden på plads med en nøjagtighed på 0,5 nm.

Kilde: newton.ex.ac.uk/aip/physnews.478.html

Entanglement af 4 partikler

Sidste år viste danske atomfysikere at det var teoretisk muligt at holde flere end to partikler "forbundet" i længere tid ved kvantemekanisk superposition. Denne såkaldte Mølmer-Sørensen teknik er nu blevet eksperimentelt bekræftet af forskere på NIST. Entanglement opretholder en meget speciel forbindelse mellem fysisk adskilte kvantepartikler (fotoner, ioner). For to partikler kan det realiseres ved at bringe partiklerne i en superposition mellem to tilstande. Når den ene partikel kolliderer til en specifik tilstand vil den forårsage, at den forbundne partner kolliderer til den komplementære tilstand. For at konstruere en virkelig kvantecomputer, der udmærker sig ved hurtigt at kunne faktorisere store tal og slå op i meget store databaser, må man kunne kontrollere mange partikler i "entanglement". I forsøgssopstillingen er en række ioner fanget i elektromagnetiske felter og en enkelt laserpuls sørger for, at ionernes spin skifter frem og tilbage. Når den elektroniske støj bliver bedre kontrolleret vil det i princippet være muligt at tilføje flere partikler.

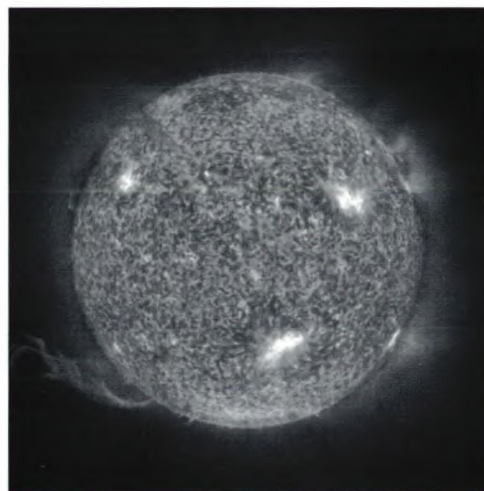
Kilde: newton.ex.ac.uk/aip/physnews.475.html, *Nature* 16. marts 2000.

Solpletter og nordlys

Partiklerne i solvinden udslynges ofte fra solpletter og kan give anledning til det meget farverige nordlys (se

bagsiden) og de mere alvorlige strømsvigt forårsaget af magnetiske storme. Fra et soludbrud den 4. april bevægede en chokbølge af partikler sig mod Jorden som blev passeret to dage efter med en hastighed af 600 km/s. Solen roterer én gang på ca. 26 døgn og solpletgruppen der var ansvarlig for udbruddet skulle derfor vise sig igen i maj men det næste udbrud kan komme fra andre solpletter. Solen vil denne sommer passere maximum i den 11-årige cyklus som den magnetiske aktivitet følger og som solpletterne er et udslag af.

Følg med på: www.tycho.dk/solaktuel.html



Solen med protuberanser og pletter set med SoHO-satellitten (fra sohowww.estec.esa.nl/gallery/bestofsoho/).

Solpletobservationer gennem solen

Nu er det muligt at "se" tværs igennem solen og detektere solpletter på solens bagside, før de drejer om på den side der vender mod Jorden. SoHO satellitten har siden starten af 1996 "set ind i Solen" ved hjælp af lydbølger og forskerne har været klar over muligheden for, at se hele vejen igennem Solen til overfladen på bagsiden. Det er nu lykkedes med et af SoHOs nøjagtige instrumenter, *Michelson Doppler Imager* (MDI). Teknikken anvendes også til at studere strukturer under solpletterne. SoHO måler på Solen 24 timer i døgnet og de pågældende MDI-data som afslørede en solpletgruppe på bagsiden udgjorde 24 timer. Solpletterne kom først til syne på den nære side efter 10 dage. Det kan altså få betydning for varslingen af magnetiske storme (og nordlys) som kan forstyrre satellitter og give forhøjet stråling til astronauter.

Kilder: newton.ex.ac.uk/aip/physnews.478.html og *ESA News Archive*, sci.esa.int/index.cfm, 9. marts og 31. marts 2000.

Oscillerer solneutrinoerne tilfældigt?

Siden de store neutrino-detektorer som Super-Kamiokande begyndte at måle antallet af neutrinoer fra

Solen har man undret sig over, at der kun kom 1/3 af det forventede antal. I 1998 kom der stærke indicier på, at neutrinoerne er i stand til, at oscillere imellem de forskellige typer: elektron-, muon- og tau-neutrino. Dette kan kun ske hvis de har en masse og der er også målt en masseforskel forskellig fra nul. En del af elektron-neutrinoerne produceret i Solens centrum omdannes til andre neutrinotyper og detekteres derfor ikke i vandtankene.

Men hvordan foregår denne oscillation? Er den symmetrisk, så en muon-neutrino skifter ligeså ofte til en tau som omvendt? Forskere ved University of California at Berkeley har beregnet, at målingerne ligeså godt kan forklares hvis man antager at neutrinoerne oscillerer helt tilfældigt. Måske hersker der anarki blandt oscillationerne?

Kilde: *Nature*: "Anarchy in the heart of the Sun", helix.nature.com/nsu/000323/000323-5.html

Fjerneste galakse?

De fleste galakser har rødforskydninger mellem 1 og 4. For nylig blev rekorden slået med $z = 6,68$. Med opfølgende observationer på Keck teleskopet, Hawaii, af udvalgte galakser i Hubble Deep Field mener astronomen Mark Dickinson at have fundet en galakse med $z = 12$, hvilket gør den til den ældste og fjerneste galakse hidtil fundet i Universet. Andre fortolkninger af objektet kan bl.a. være en meget rød Kulstofrig stjerne et godt stykke udenfor Mælkevejen.

Kilde: PhysicsWeb.org/article/news/4/4/5 og astro-ph/0004028.

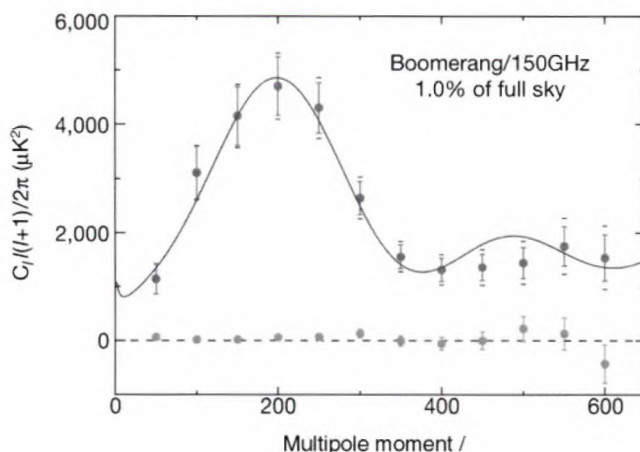
BOOMERANG ballon-målinger af mikrobølgebaggrundsstrålingen tyder på et fladt Univers

Den kosmiske mikrobølgebaggrundsstråling (CMB) kan give oplysninger om de kosmologiske parametre der styrer Universets udvikling. Nye målinger, udført med en ballon der foretog en 10-dages flyvning 38 km over Antarktis, har resulteret i nye kort over temperaturvariationerne. De 36 amerikanske, italienske, canadiske og franske forskere der står bag eksperimentet har analyseret temperaturkortene og finder en overensstemmelse med modeller for et univers med koldt mørkt stof og en tæthedsparameter $\Omega_0 = 1$ indenfor 10% og dermed en krumning meget tæt på nul.

Temperaturkortene dækker et område af himlen på ca. 25×25 grader omkring stjernebilledet Caelum (i nærheden af Store Hund). Dette område af himlen er usædvanlig frit for støv, som ellers ville bevirke en uønsket varmestråling i forgrunden. Temperaturkortene har en opløsning helt ned til $0,3^\circ$ hvor COBE-satellitten kun gik til 7° i 1992. Det svarer til at få et landkort med 20-25 gange større opløsning.

Før en sammenligning med de millioner af teoretiske modeller der er blevet beregnet med forskellige valg af parametre er mulig, skal CMB-temperaturfeltet

ekspanderes i sfæriske harmoniske funktioner. Dette resulterer i et såkaldt *power spektrum*, som viser et peak omkring multipolen $l \cong 200$. Omregner man til en vinkel (idet vinklen θ i radianer er givet ved $\theta = \pi/l$) finder man, at temperatursignalet er forstærket ved vinkelforskelle på $\theta = 0, 9^\circ$ med en amplitude på $\Delta T_{200} \cong 70 \mu\text{K}$. Små variationer på toppen af 2,73 K-strålingen. Forskerne udtaler, at *eksistensen af dette peak støtter inflationsmodellerne for det tidlige univers kraftigt og er konsistent med et fladt euklidisk univers.*



Det er blevet forudsagt, at de kommende års CMB-eksperimenter vil repræsentere en "Kosmologiens guldalder" idet alle kosmologiske parametre har sat sit fingeraftryk i mikrobølgebaggrundsstrålingen. Noget kunne tyde på, at vi ikke behøver at vente helt til år 2007, hvor den europæiske Planck-satellit skal opsendes, før vi lærer afgørende nyt. Planck skal kortlægge CMB-strålingen i alle detaljer og vil forhåbentlig også vise helt uventede ting.

Kilde: "A flat Universe from high-resolution maps of the cosmic microwave background radiation", *Nature* 27. april 2000. Se også projektets hjemmeside: <http://www.physics.ucsb.edu/boomerang>

Breddeopgave nr. 2

Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, Roskilde Universitetscenter.

KVANT bringer nu "Breddeopgave nr. 2 i serien af læseropgaver, som vi introducerede i forrige nummer af bladet. Denne gang er opgaven fra eksamen i juni 1999 i det såkaldte breddekursus i fysikuddannelsen på RUC.

Hvad er temperaturen i en gnistudladning eller et lyn? Begrund svaret.

"Løsning" og kommentar bringes i næste nummer.

Nyt fra Astronomisk Selskab

Astronomisk Selskab

Hjemmeside: www.dsri.dk/AS

Michael Quaade (formand)
Hvidingvej 48
2610 Rødovre

E-mail: mq@dsri.dk
Tlf. 36 72 36 34 (priv.) / 43 58 69 47 (arb.)

Knud Strandbæk (næstformand)
E-mail: canute@mail.dk

Hans Sørensen (kasserer)
Stavnsholtvej 22
3520 Farum

E-mail: hans-soh@post1.tele.dk
Tlf. 44 95 11 79

Morten Bech Kristensen
E-mail: krisbech@post11.tele.dk

Torben Tastrup
E-mail: TTau@inet.uni2.dk

Bjarne Thomsen
E-mail: bt@obs.aau.dk



Foredrag i efteråret 2000: Astronomi med Rumteleskopet Hubble

Højt hævet over Jordens atmosfære svæver Rumteleskopet Hubble, der i år kan fejre sit 10 års jubilæum. Rumteleskopet har leveret fantastiske billeder af Universets mangeartede objekter og det har leveret en stor mængde data som har givet anledning til en lang række gennembrud indenfor den astronomiske forskning.

Rumteleskopet Hubble er et fællesprojekt mellem NASA og ESA, der er hhv. den amerikanske og europæiske rumfartsorganisation. Danske astronomer har via Danmarks medlemskab af ESA, adgang til at benytte Hubble. I efterårets foredragsserie vil fem danske astronomer, der alle har benyttet observationer fra Hubble som led i deres forskning, fortælle om deres forskning.

Der bliver også lejlighed til et kig frem i tiden til "Next Generation Space Telescope", der er på tegnebordet og forventes at afløse Rumteleskopet Hubble til sin tid.

De fem foredrag i serien er:

Mandag, den 11. september

Hans Bruntt, Institut for Astronomi og Fysik, Aarhus Universitet: "På jagt efter variable stjerner og planeter".

Mandag, den 2. oktober

Klaus Pontoppidan, Astronomisk Observatorium, Københavns Universitet: "Gravitationelle linser".

Mandag, den 23. oktober

Frank Grunddahl, Institut for Astronomi og Fysik, Aarhus Universitet: "Kugleformede stjernehober".

Mandag, den 13. november

Holger Pedersen, Astronomisk Observatorium, Københavns Universitet: "De mystiske gammaglimt".

Mandag, den 4. december

Bjarne Thomsen, Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet: "Studier af Universets oprindelse med et nyt rumteleskop".

Tid og sted: Kl. 19.15 i Store Auditorium i Rockefeller Komplekset, Juliane Maries Vej 30, 2100 København Ø.

Foredragsserien gentages i Århus:

Mandag, den 18. september

Hans Bruntt, Institut for Astronomi og Fysik, Aarhus Universitet: "På jagt efter variable stjerner og planeter".

Mandag, den 9. oktober

Klaus Pontoppidan, Astronomisk Observatorium, Københavns Universitet: "Gravitationelle linser".

Mandag, den 30. oktober

Frank Grunddahl, Institut for Astronomi og Fysik, Aarhus Universitet: "Kugleformede stjernehober".

Mandag, den 20. november

Holger Pedersen, Astronomisk Observatorium, Københavns Universitet: "De mystiske gammaglimt".

Mandag, den 11. december

Bjarne Thomsen, Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet: "Studier af Universets oprindelse med et nyt rumteleskop".

Tid og sted: Kl. 19.15 på Matematisk Institut, Aarhus Universitet, Ny Munkegade, Bygning 530, 8000 Aarhus C.

Der er gratis adgang for medlemmer af Astronomisk Selskab og Tycho Brahe Planetarium, tilmelding er ikke nødvendig. Man kan også melde sig gennem Folkeuniversitetet. Eventuelle ændringer i foredragsprogrammet kan ses på vores hjemmeside: <http://as.dsri.dk>

Dr. N. P. Wieth-Knudsen Observatoriet

Astronomisk Selskab fik sidste år overdraget Dr. N. P. Wieth-Knudsen Observatoriet i Tisvilde af Inger Wieth-Knudsen, enke efter dr. Wieth-Knudsen. Han byggede observatoriet i 1959 og brugte det til sin død i 1993. Bygningen er på 36 m² og ligger på en 1600 m² naturgrund. Selv om bygningen ikke er stor, er den indrettet på en usædvanlig gennemtænkt måde og rummer et kuppelrum med en diameter på knap 3 m, køkken-alm, bad, toilet og soveværelse til to personer.

Observatoriet ligger i et område med – efter danske forhold – gode forhold for astronomiske observationer med rolig luft og ringe lysforurening. Samtidig ligger det et kvarters gang fra Godhavn Station og det tager under to timer at komme dertil med offentlige transportmidler fra København. Ikke kun på stjernehimlen,

men også nede på Jorden er der mulighed for et væld af naturoplevelser. Observatoriet ligger i et naturskønt område lige ved Tisvilde hegn og der er ca. 3 km til Kattegat.

Vores plan er at det skal kunne tjene følgende formål:

- Offentligt tilgængelige observationsaftener
- Ekskursioner for skoleklasser.
- Elevprojekter på alle niveauer lige fra folkeskole til universitet.

- Amatørastronomers observationsprojekter.

Wieth-Knudsens 30 cm newton teleskop er taget ned for at blive renoveret med bl.a. ny aluminiumsbelægning på spejlene og herudover kræver observatoriet udbygning med en del teknisk udrustning for at kunne bruges til alle disse formål. I Astronomisk Selskab er vi i gang med at skaffe midler til dette, men vi har sat observatoriet i drift med et midlertidigt opstillet 20 cm Meade LX3 Schmidt-Cassegrain teleskop.



Dr. N. P. Wieth-Knudsen Observatoriet i Tisvilde.

Det er åbent i observatoriet hver onsdag kl. 21–23, men kun efter aftale med en af nedennævnte kontaktpersoner. Prisen for et besøg er 20 kr. for en voksen, 10 kr. for børn på 5–14 år og gratis for børn under 5 år. Hertil skal man efter nærmere aftale betale kontaktpersonens transport eller evt. hente og bringe ham/hende. Grupper på op til 15 personer betaler 200 kr. Det vil ofte være muligt at aftale besøg andre dage til de samme priser, men om onsdagen vil der altid være en af kontaktpersonerne, der er klar til at tage af sted.

Hver måned i foråret holder vi åbent hus den sidste lørdag i måneden kl. 21–23 uanset vejret. Disse arrangementer er gratis og man behøver ikke at melde sig til i forvejen.

Medlemmer af Astronomisk Selskab kan – efter instruktion i brug af udstyret – bo i observatoriet i kortere eller længere perioder. Prisen er 150 kr. pr nat plus elforbrug. Ud over de to senge i soveværelset er der yderligere to løse madrasser til at lægge på gulvet. Sengetøj skal man selv have med.

Kontaktpersoner er Michael Quaade og Hans Sørensen (se kolofon side 19). Observatoriet har tlf. 48

70 80 88 og webside as.dsri.dk/wko.

Sommerudflugt til Stevns Klint

Den traditionsrige sommerudflugt finder i år sted søndag den 30. juli og turen går i år til Stevns Klint.

Udgangspunkt for turen er Stevns Natur Center, hvor vi mødes kl. 10.00. Først fortæller naturvejleder Peer Nørgaard om stedets spændende geologi og i særdeleshed selvfølgelig om “fiskeleret” der danner grænselaget mellem kridt- og tertiærtiden, og som et af de få steder i verden er synligt ved Stevns Klint. Peer Nørgaard vil fortælle om de teorier der er omkring dinosaurernes uddøen for 65 millioner år siden. Dernæst går vi ned på klinten og oplever stedets unikke geologi, flora og fauna under Peer Nørgaards kyndige vejledning. Husk at medbringe madpakke og drikke (man kan ikke købe noget på naturcenteret): Når vi kommer tilbage ca kl. 13 spiser vi vores medbragte mad.

Praktiske oplysninger: Turen foregår søndag den 30. juli 2000. Vi mødes kl. 10 på Stevns Natur Center, Mandehoved 10. Kør mod Store Heddinge – fra landsbyen Sigerslev køres stik øst og naturcenteret ligger som sidste hus inden klinten.

Alle er hjerteligt velkomne. Medlemmer af Astronomisk Selskab og Astronomisk Forening for Køge Bugt + familie deltager gratis. Øvrige betaler 50 kr. til girokonto 3 96 23 50 (Astronomisk Forening for Køge Bugt, Vitus Berings Alle 7, 2930 Klampenborg). Alle skal tilmelde sig til Steen Lærke inden 15/7 enten ved at ringe og indtaste sit telefonnummer på personsøgeren OPS: 50 14 56 35 eller per E-mail: steen.laerke@vip.cybercity.dk. Man bedes oplyse navn, telefonnummer samt antallet af personer der deltager. Da det ikke er muligt at komme til naturcenteret uden bil, bedes man ved tilmelding oplyse om man evt. har ekstra pladser i bilen som kan tilbydes andre (eller om man ønsker kørelejlighed) og hvilken S-togsstation man evt. kan smutte forbi. Deltagerantallet er begrænset til 30, så hurtig tilmelding tilrådes.

Generalforsamling den 8. april

Den årlige generalforsamling blev afholdt lørdag den 8. april i København. Traditionen tro bød dagen på to gode foredrag, og Erik Persson fra firmaet “Astro” i Aalborg var mødt op med en udstilling af teleskoper og tilbehør, der nok fik pengene op af lommerne på folk i pauserne mellem foredragene!

Det blev en lang dag da der bl.a. skulle vedtages et nyt sæt vedtægter for foreningen. Referatet er udsendt i medlemsbladet Knudepunktet. Til alle medlemmer er der endvidere udsendt en indkaldelsen til en ekstraordinære generalforsamling den 3. juni kl. 13.00 på Ole Rømer Observatoriet i Århus. Det er nødvendigt af hensyn til vedtægtsændringerne, da der ikke var mødt 2/3 af medlemmerne op til den ordinære generalforsamling som det ellers kræves.

Nyt fra Selskabet for Naturlærens Udbredelse

Selskabet for Naturlærens Udbredelse

Direktionen for SNU udgøres af:

Professor Dorte Olesen (formand)

UNI-C

Vermundsgade 5

2100 København Ø

E-mail: bente.egaa@uni-c.dk

Tlf. 35 87 88 04

Professor Søren Brunak

Professor Poul Erik Hansen

Lektor Erik Schou Jensen

Direktør Ole Mørk Lauridsen

Lektor Malte Olsen

Lektor Finn Berg Rasmussen

Lektor Jørn Johs. Christiansen (sekretær)

Aakjærs Alle 24 B

2860 Søborg

Tlf. 39 69 58 18



Beretning for året 1999 i SNU

af Dorte Olesen, formand for SNU

Selskabet har i året 1999 haft en sædvanlig mødeaktivitet. Den indledtes dog lidt usædvanligt med uddeling af H. C. Ørsted Medaljen i sølv til professor Ove Nathan den 12. januar. Ved denne lejlighed var Hendes Majestæt Dronningen tilstede og foretog selve overrækkelsen af medaljen efter en motivering fra Selskabets Direktion, og efter overrækkelsen holdt Ove Nathan et foredrag med titlen "Fra Ørsted til Bohr", der dagen efter blev bragt som kronik i Politiken. Mødet var særdeles velbesøgt med i alt 160 deltagere – det maksimale antal i Geologisk Museums smukke lokale, når sikkerhedsforskrifterne skulle overholdes.

Efter denne gode sæsonstart lå en foredragsserie med temaet "liv". Den begyndte den 10. februar med et ligeledes meget velbesøgt foredrag af lektor Jens Martin Knudsen fra Niels Bohr Institutet ved KU om "Eftersøgning af liv udenfor jorden", fortsatte den 3. marts med "Jorden og livets tidligste historie" ved lektor Minik Rosing fra Geologisk Museum ved KU, og sluttede den 21. april med "Opstod alle kendte dyrerækker i prækambrium eller kambrium?" ved professor Reinhardt Møbjerg Kristensen fra Zoologisk Museum ved KU. Efter foredraget var der generalforsamling, og som vanligt tiltrak præcis dette programpunkt ikke det helt store antal deltagere.

Som afvekslende punkt i forårets program var et virksomhedsbesøg den 24. marts hos B-K Medical i Gentofte – et interessant besøg hos en rigtig produktionsvirksomhed med avanceret ultralydsudstyr til registrering af liv mv. I dette besøg deltog ca. 20 meget motiverede og spørgelystne medlemmer, som blev beværtet meget smukt af B-K Medical.

Efterårets mødevirksomhed fokuserede på temaet "Kodning". Det blev indledt den 13. september med foredraget "Kodning – en uundværlig del af moderne Internet-services" ved netjenestechef Martin Bech fra UNI-C, som tiltrak et lidt yngre publikum end SNU's sædvanlige kreds. Den 4. oktober afholdt professor Søren Brunak fra Center for Biologisk Sekvensanalyse ved DTU et spændende indlæg med titlen "Bioinformatik og kunstige neurale netværk", og den 6. december afsluttedes denne sæsons del af temaserien med et foredrag om "Charles Babbage" ved professor Immanuel Franksen, Institut for Elteknik på DTU. Et den 8. november planlagt indslag i serien ved Freddie Drewsen fra Forsvarets Forskningstjeneste blev udsat til år 2000.

Også i efteråret var der en prisuddeling, idet Kirstine Meyers Mindelegat blev uddelt til ph.d. studerende Tina Dahlerup Poulsen fra Kemisk Institut ved Aarhus Universitet, der fortalte om sit arbejde i forbindelse med overrækkelsen den 11. oktober på Geologisk Museum.

Alt i alt var der tale om et godt år med mange velbesøgte arrangementer, hvor deltagertallet dog varierede ganske meget – fra den flotte start med overvældende interesse for medaljeoverrækkelsen, hvor deltagerantallet måtte begrænses til 160 af sikkerhedshensyn ved Dronningens besøg, til ca. 200 deltagere i Jens Martin Knudsens foredrag og ned til kun ca. 35 deltagere ved enkelte af de andre åbne foredrag.

I løbet af året lykkedes det også at få god pressedækning, især hvad angår medaljeoverrækkelsen i januar – men også i forbindelse med legatuddelingen.

Året har også vist en god udvikling hvad angår bladet KVANT, og medlemsinteressen for SNU selv. Sidst på året faldt forhandlinger om medudgiverstatus for Astronomisk Selskab på plads, så KVANT nu bærer undertitlen "Tidsskrift for Fysik og Astronomi" i stedet for "Fysisk Tidsskrift" og når et betydeligt større antal faste abonnenter, nemlig Astronomisk Selskabs medlemskreds.

Selskabets økonomi er fortsat god. Dog bør bemærkes, at SNU i årets løb har måttet påtage sig en stor udgift i forbindelse med restaurering af H. C. Ørstedes grav, som blev udsat for hærværk. Det er desværre ikke muligt at forsikre sig mod sådanne ødelæggelser, men direktionen overvejer ansøgning til universiteterne eller de relevante ministerier om en slags "forsikring" i tilfælde af gentagelser.

I forbindelse med generalforsamlingen har profes-

sor Erik Thulstrup ønsket at udtræde af direktionen. Jeg vil gerne takke Erik Thulstrup for hans indsats gennem årene.

Regnskab, budget og kontingent

Det af revisor og direktion underskrevne regnskab blev gennemgået. Det blev bemærket, at der havde været god medlemstilgang i årets løb, og deraf følgende højere kontingentindtægt end budgetteret. Til gengæld havde hærværket mod H. C. Ørstedes gravsted kostet 19.000 kr. udover budget. Generalforsamlingen godkendte regnskabet. Budgettet var som tidligere år kon-

servativt, og forsamlingen tiltrådte, at kontingentet blev holdt uændret.

Direktionens medlemmer

Erik Thulstrup havde ønsket at fratræde. Da der i forvejen var en ledig plads indstillede direktionen at professor Søren Brunak fra DTU og professor Poul Erik Hansen fra RUC indtrådte. Dette blev tiltrådt.

Valg af revisor

Bente Winstrøm-Olsen blev genvalgt med akklamation.

Nyt fra Dansk Fysisk Selskab

Dansk Fysisk Selskab

Hjemmeside: www.nbi.dk/dfs
Inf. om DFS's årsmøde: dfs@nbi.dk

Dorthe Posselt (formand)
IMFUFA, RUC
4000 Roskilde

E-mail: Dorthe@ruc.dk
Tlf. 46 74 26 07 / Fax 46 74 30 20

Ole Bakander
E-mail: ole.bakander@post.tele.dk

Henrik Bruus (næstformand)
E-mail: bruus@nbi.dk

Karsten W. Jacobsen
E-mail: Karsten.W.Jacobsen@fysik.dtu.dk

Ole Mouritsen
E-mail: ogm@fki.dtu.dk

Erik Horsdal Pedersen (kasserer)
E-mail: horsdal@ifa.au.dk

Jens Juul Rasmussen
E-mail: jens.juul.rasmussen@risoe.dk

Poul V. Thomsen
E-mail: pvt@ifa.au.dk



mer næppe som nogen overraskelse for fysikerne, men det da rart også at kunne dokumentere, at kvaliteten af dansk fysik er i orden. Til gengæld skal man næppe vente, at de flotte resultater ligefrem vil blive påskønnet i de politiske prioriteringer i forskningen. I politik gælder andre love, og politikerne ved om nogen, at man sjældent belønnes efter fortjeneste.

I min beretning for 1998 (se Kvant bind 10, nr. 2, side 30) beskrev jeg en del af de opgaver, DFS varetager. Mange af opgaverne nyder ikke altid medlemmernes bevågenhed, og det kunne være fristende at gentage dem her, men for at begrænse spalteforbruget i Kvant vil jeg nøjes med nogle opdateringer og et par emner, der ikke blev omtalt sidste gang.

Sidste år lykkedes det at vende en mangeårig tilbagegang i medlemstallet, der steg fra 560 medlemmer ved udgangen af 1997 til 601 medlemmer ultimo 1998. Nettotilgangen på 41 medlemmer dækkede dog over, at der – efter flere rykkere – blev slettet 45 hårdnakkede ikke-betalere. Selvom medlemsregisterfører Bjarne Andresen har fortsat den kontante kurs overfor dårlige betalere, steg medlemstallet med 70 til i alt 671 medlemmer ved udgangen af 1999. Siden årsskiftet er der kommet en pæn tilgang af nye medlemmer, så det ser også lovende ud for det kommende år.

Ansaret for DFS's arbejde ligger hos bestyrelsen, der i det forgangne år udover formanden har bestået af Dorthe Posselt, næstformand, Nis Bjerre, kasserer, Preben Alstrøm, Karsten W. Jacobsen, Ole Mouritsen og Poul V. Thomsen. Størstedelen af bestyrelsesarbejdet foregår via e-mail, men der har i årets løb været afholdt to bestyrelsesmøder.

Efter valgene til DFS's hovedbestyrelse og sektionsbestyrelser er Henrik Bruus (KU) nu repræsentant i hovedbestyrelsen for faststoffysiksektionen og Jens Juul Rasmussen (Risø) repræsenterer atomfysiksektionen. Nyvalgt til hovedbestyrelsen er Erik Horsdal Pedersen (AU) og Ole Bakander (RUC og Allerød Gymnasium). Konstitueringen af bestyrelsen fremgår af kolofonen side 22. Det giver mig anledning til at rette en stor tak til de afgangende medlemmer,

Beretning for året 1999 i DFS

af Jens Olaf Pepke Pedersen

Dansk forskning i de rene naturfag står stærkt, hvis man vurderer ud fra den nyeste opgørelse fra Institute for Scientific Information (ISI). ISI har bl.a. målt, hvor ofte en gennemsnitsartikel indenfor forskellige fag citeres, og her ligger dansk fysik klart i toppen med en citationshyppighed på 53% over gennemsnittet! Matematik (48%), ingeniørfagene (45%) og kemi (41%) følger lige efter, også med citationshyppigheder langt over gennemsnittet for fagene. Resultatet af undersøgelsen kom-

Preben Alstrøm og Nis Bjerre, der begge har gjort et solidt stykke arbejde for foreningen. Preben har bl.a. været formand for selskabet og mangeårigt medlem af bestyrelsen, og Nis har passet kassererjobbet de sidste to år.

I langt den største del af selskabets levetid er det daglige bogholderi blevet udført med stor omhu af Adda Larsen (AU) – helt præcist hvor lang tid fortaber sig i selskabets annaler, men i hvert fald siden 1983. Desværre har Adda nu ønsket at blive afløst, og derfor vil jeg også her rette en stor tak hen hende for at have holdt styr på såvel selskabets økonomi som på de skiftende kasserere. Bogholderiet er nu overgået til Marianne Callisen (AU).

Selskabets årsmøde er højdepunktet i foreningens årsrytme, og det er mit indtryk, at der under årsmødet 1999 var generel tilfredshed med den form, vi efterhånden har udviklet. Årsmødet samler traditionelt en stor del af dansk fysik og danske fysikere, og stemningen var ekstra festlig, da vi denne gang havde fået (dåværende) forskningsminister Jan Trøjborg til at overrække NKT-forskerprisen til Eugene Polzik og Klaus Mølmer.

Op til dette års møde har Dorthe Posselt haft fornøjelsen af at være formand for årsmødeudvalget, der i øvrigt har bestået af Henrik Bruus (faststoffysik), Jan W. Thomsen (atomfysik), Poul V. Thomsen (uddannelse og undervisning), Karsten W. Jacobsen, Ole Mouritsen, Michael Linden-Vørnle (astrofysik), Lisbeth Fogh Olsen (astrofysik) og Johannes Andersen (astrofysik), mens jeg selv har taget mig af en lille samling geofysikbidrag. Efter selv at have haft hovedansvaret for årsmøderne i 1998 og 1999 vil jeg benytte lejligheden til at bemærke, at det faktisk er en ganske tidskrævende fornøjelse, hvor det kan være svært at honorere alle medlemmernes forventninger. Den afgående bestyrelse har derfor undersøgt, om afviklingen af årsmødet kunne foregå på mere professionel vis, eller om man i det mindste kunne sikre, at den akkumulerede erfaring ikke gik tabt med skiftende formænd.

Den afgående bestyrelse har også foreslået, at den to-årige valgperiode for bestyrelserne omlægges fra at følge kalenderåret til at følge årsmøderne. Det ville samtidig give mulighed for, at valgene kunne foretages i forbindelse med årsmødet og måske gøre valget mere nærværende (og også mere spændende) for medlemmerne.

DFS var i efteråret sammen med Nordita vært for det årlige møde i den nordisk-baltiske kontaktgruppe, som blev dannet på initiativ af Paul Hoyer i 1995. Derudover er DFS som omtalt i sidste års beretning repræsentant for dansk fysik i flere internationale organisationer, bl.a. i det europæiske fysiske selskab (EPS). Her lykkedes det på den seneste generalforsamling at få genvalgt Per-Anker Lindgård til EPS's eksekutivkomite, og vi er således fortsat centralt repræsenteret i EPS.

Nationalt har vi imidlertid ikke noget større samarbejde, selvom der er oplagte partnere i f.eks. Dansk

Optisk Selskab og Fysiklærerforeningen.

DFS's formue har et par gange været til debat på generalforsamlingen, da selskabet med en egenkapital på godt 200.000 kr. er ganske likvid. Da den årlige omsætning imidlertid er af samme størrelse, er formuen efter min mening ikke urimelig i forhold hertil, men der er altså mulighed for at selskabet kan igangsætte eller støtte nye initiativer, evt. i form af en underskudsgaranti. I denne forbindelse vil jeg godt bemærke, at den pæne medlemsfremgang ikke nødvendigvis forbedrer økonomien, da en stor del af medlemmerne, ca. 45%, er pensionist- eller ungdomsmedlemmer, som med det lave kontingent på 75 kr. for disse grupper faktisk udgør en nettoudgift for foreningen.

DFS er sammen med Videnskabernes Selskab repræsenteret i styrelsen for tidsskriftet *Physica Scripta*, hvor Hans Pécseli er det danske medlem. Udgiverkredsen bag tidsskriftet er de fysiske selskaber og videnskabelige selskaber i de nordiske lande, og i forbindelse med en fornyelse af samarbejdsaftalen om *Physica Scripta* i efteråret rejste det svenske fysiksel-skab en debat om fremtiden for tidsskriftet. Aftalen blev derfor kun forlænget for en tre årig periode (2000-2002) mod tidligere seks år, og DFS bør derfor i god tid inden 2002 formulere sin holdning til tidsskriftets fremtid.

Det er således et oplagt spørgsmål, om regionale tidsskrifter kan fortsætte i en verden, der bliver mere og mere international, og om det ikke var bedre at gå ind i en samling på europæisk plan. *Physica Scripta* har for tiden 445 abonnenter i omkring 70 lande, hvilket er et fornemt tal sammenlignet med at f.eks. *Europhysics Letters*, der har ambitioner om at blive det europæiske svar på *Physical Review Letters*, har under 800 abonnenter. *Physica Scripta* har dog gennem de sidste 10 år haft en langsom tilbagegang på ca. 3% årligt, og det bør også indgå i vurderingen, at nordiske fysikere måske ikke er specielt flittige til at bruge tidsskriftet, selvom det er mit indtryk, at mange er glade for proceedings og reprints serierne.

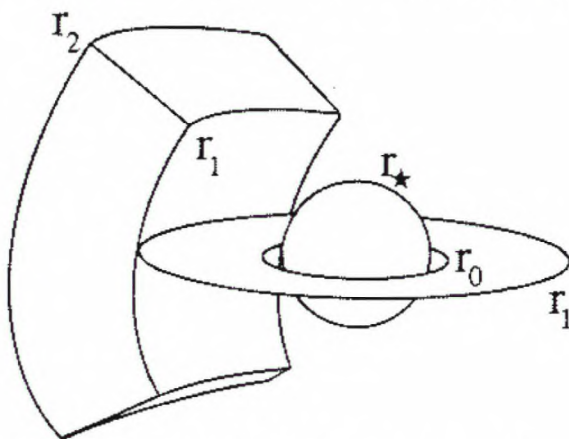
Et af de senere års initiativer på europæisk plan er *European Physical Journal (EPJ)*, hvor DFS har taget imod en invitation til at indtræde i den rådgivende videnskabelig komite for tidsskriftet. Det nye tidsskrift er opstået som en fusion af *Il Nuovo Cimento*, *Journal de Physique* og *Zeitschrift für Physik*, og er en potentiel fusionspartner for *Physica Scripta*. Vi har dog overfor EPJ understreget, at tilknytningen ikke betyder nogen ændring i vore forpligtigelser overfor *Physica Scripta*.

Derimod har vi været mere lunkne overfor initiativet "New Journal of Physics", som er søsat af det tyske og det engelske fysiske selskab og som er et rent internetbaseret tidsskrift. Ideen er, at det skal være gratis for læserne, mens forfatterne til gengæld skal betale for at få publiceret deres ting. Vi har derfor takket nej til en invitation om at blive associerede medlemmer af tidsskriftet.

Dannelse af dobbeltstjerner

Jes K. Jørgensen, Niels Bohr Institutet for Astronomi, Fysik og Geofysik.

Tiltroen til de overordnede træk i vores standardbillede for, hvordan stjerner dannes, er efterhånden rimelig solid. Gravitationel sammentrækning af tætte, kolde kerner i kæmpe molekylskyer resulterer i en såkaldt YSO (young stellar object), dvs. en protostjerne omgivet af en tynd skive, der igen er omgivet af en skal af støv og gas (se figur 1). Igennem de næste par millioner år, vil materiale fra skiven og den omkringliggende skal dels falde mod stjernen og dels blive transporteret væk gennem de meget energirige jets og outflows, som observeres i de fleste stjernedannende molekylskyer, og på et tidspunkt vil så meget af materialet omkring stjernen være forsvundet, at den begynder at udsende synligt lys. Omtrent samtidig begynder kerneprocesser i de centrale dele af protostjernen, og stjernen bevæger sig langsomt mod hovedserien i Hertzsprung Russel diagrammet, hvor den vil tilbringe hovedparten af sine dage. Normalt opdeler man YSO stadiet i *protostjerne* fasen, hvor YSO'en ikke udsender synligt lys men må observeres ved millimeter og infrarøde bølgelængder og i præ-hovedserie (Premainsequence; *PMS*) fasen, hvor stjernen kan observeres ved visuelle bølgelængder.



Figur 1. En model for en YSO - ikke tegnet til korrekt skala. Den omkringliggende skal (som kun er skitseret ved et udsnit) er i virkeligheden langt større. Fra [8].

Der er selvfølgelig mange uafklarede spørgsmål i forbindelse med dette billede af stjernedannelse. F.eks. hvordan betingelserne i molekylskyerne påvirker de stjerner, der dannes der, og hvilken mekanisme (turbulens, magnetfelter, ...) der yder den vigtigste støtte i kernerne i molekylskyerne, balancerer tyngdekraften, og dermed f.eks. regulerer stjernedannelseseffektiviteten i en given sky. Problemet er blot, at vi måske leder det helt forkerte sted: Slutproduktet af vores stjernedannelsesmodeller er en enkelt stjerne, men observationer af udviklede hovedseriestjerner peger på at over 50% af alle stjerner rent faktisk er medlemmer af

et dobbelt (eller trippelt eller ...) system. Så noget tyder på, at modeller for dannelse af dobbeltstjerner har en stor betydning, når vi diskuterer stjernedannelse. Før jeg begynder at beskrive og diskutere nogen af disse teorier, vil jeg kigge lidt på nogle af de observationer af unge dobbeltstjerner, som kan være med til at forbedre vores forståelse inden for feltet.

Dobbeltstjerne statistik

Et meget interessant indblik i dannelsen af dobbeltstjerner får man ved at kigge på hyppighederne af dobbeltstjerner af forskellige typer og med forskellige separationer. Som nævnt i indledningen er mere end 50% af hovedseriestjernerne medlemmer af et system af to eller flere stjerner. Man kan udtrykke dette gennem den såkaldte *companion star fraction* (CSF), som tæller det gennemsnitlige antal " ledsagerstjerner " pr. system. Vores eget solsystem har således en CSF på 0, en hob af stjerner hvor alle systemerne er dobbelte en CSF på 1 osv. Umiddelbart kunne man jo sammenligne CSF'en for forskellige områder ved blot at gå i gang med at tælle ud til en given afstand, men man må være opmærksom på betydningsfulde udvalgs effekter, som f.eks. kan blive introduceret pga. afstanden til det observerede område – en given projiceret separation vil svare til forskellige egentlige separationer i givne områder, og derfor skal man være lidt forsigtig, når man sammenligner.

Et måske lidt overraskende resultat finder man, hvis man sammenligner CSF'en for hovedseriestjerner af samme type som solen, med hvad man finder for de nærtliggende stjernedannende områder: For PMS stjerner i områder såsom Taurus-Auriga og Corona Australis finder man CSF'er, der er 1.5 til 2 gange højere, end hvad man finder i solens omegn (en CSF på omkring 0.5). Denne observation er en interessant indikation af, at uanset hvilken mekanisme der danner dobbeltstjerner, må den virke tidligt i stjernedannelsesprocessen. Om der er en decideret aftagen i hyppighederne af dobbeltstjerner med alderen gennem de tidlige stadier, er dog ikke klart – fortolkningen af resultaterne afhænger meget af, hvilke korrektioner man foretager for at undgå førnævnte udvalgs effekter, samt af de aldre man antager for forskellige stjernedannende områder. Vi har deværre endnu ikke observationer nok til at kunne sige om CSF'en afhænger af alderen eller snarere af andre karakteristika for de stjernedannende områder såsom tætheden af unge stjerner. Men det er temmeligt utvetydigt, at der er flere unge end fuldt udviklede dobbeltstjerner.

HAMAMATSU



Electron Tubes

Photomultiplier Tubes
Radiation Detectors
Light Sources
Microfocus W-ray Sources
Image Pick-up Tubes
Image Intensifiers
X-ray Image Intensifiers
Microchannel Plates
Fiber Optic Plates

Imaging and Processing Systems

Video Cameras for Measurement
Image Processing Systems
Streak Cameras
Optical Oscilloscopes
Optical Measurement Systems
Imaging and Analysis Systems

Opto-semiconductors

Photodiodes
Photo ICs
Position Sensitive Detectors
Image Sensors
Infrared Detectors
Solid State Emitters
CdS Photoconductive Cells
Pyroelectric Detectors
Photocouplers
Photointerrupters, Photoreflectors

Erantisvej 5 - Tilst - 8381 Mundelstrup - Tlf. 4346 6333 - Fax 4346 6350 - e-mail:lkoldbaek@hamamatsu.de

Homepage: <http://www.hamamatsu.dk>

Man ledes så naturligt til spørgsmålet, om vi kan se en nedre grænse for alle stjerner f.eks. er enkeltstjerner. Indtil for få år siden kendte vi næsten ingen protostjerner i dobbeltstjernesystemer (dvs. meget unge dobbeltstjerner), og det kunne friste en til at drage konklusionen at dobbeltstjerner bliver dannet tæt på overgangen mellem protostjerne og PMS stadiet. En anden meget sandsynlig forklaring kunne dog også være, at det er svært at observere egenskaberne for protostjerner: Opløsningen af vores observationer i submillimeter og millimeter områderne, hvor vi observerer protostjerner, er ikke tilstrækkelig til at kunne opløse tætte proto-dobbeltstjerner, og med forbedrede observations-teknikker er der i de sidste par år da også dukket flere observationer af stadig yngre proto-dobbeltstjerner op. Så det lader ikke til, at vi endnu har fundet de tidligste dobbeltstjerner og dermed ikke set "tidspunktet" for dannelse af dobbeltstjerner. Formentlig kan planlagte instrumenter som Atacama Large Milimeter Array (ALMA) yderligere belyse denne problematik og bidrage med yderligere information om egenskaberne ved de meget unge dobbeltstjerner.

Observationer af banebevægelser

Vi kan formentlig også få interessant viden om dannelsen af dobbeltstjerner ud fra observationer af deres banebevægelser. Det kunne f.eks. være interessant om dobbeltstjerner dannes hovedsageligt som lidt eller meget adskilte systemer, og om de så udvikler sig derfra i den ene eller anden retning, eller er om det er to forskellige mekanismer, der er ansvarlig for dannelsen af de to typer systemer. Fordelingen af hovedserie-stjernernes separationer er forholdsvis bred med en top omkring 30 AU. Undersøgelser af fordelingerne af separationer hos PMS dobbeltstjerner viser derimod mere spidse fordelinger, samtidig med at den typiske separation varierer fra område til område. Det er blevet foreslået [3], at dette skyldes, at den population, vi observerer som dobbeltstjerner på hovedserien, er sammensat af dobbeltstjerner fra forskellige områder, og fordelingen af separationer for hvert område afhænger af egenskaberne ved de enkelte molekylskyer, f.eks. turbulens, angulært moment og tilstedeværelsen af magnetfelter. Selvom der mangler en del observationelt arbejde, før vi kan fastslå, om dette er en generel tendens ved stjernedannelsesprocessen, må man sige, at det er en interessant tanke som hvis den er korrekt, vil kunne belyse mange basale spørgsmål om vores teorier for stjernedannelse.

En anden egenskab ved dobbeltstjerners baner ud over separationen, som kan give interessant information er sammenhængen mellem eccentricitet og periode. For hovedseriestjerner finder man, at der stort set ikke findes dobbeltstjerner med cirkulære baner højere end en given periode, og samtidig er der en tendens til at eccentriciteten vokser med perioden over alle observerbare perioder. Stort set samme konklusioner kan

drages for relationerne mellem periode og eccentricitet for PMS dobbeltstjerner. Samtidig ses, at dobbeltstjerner med alle typer eccentriciteter optræder for de yngste PMS stjerner – lige efter at de har overstået deres protostjerne fase. Noget tyder på at eksistensen af en maksimal grænse, under hvilken der ikke observeres dobbeltstjerner med cirkulære baner, er en effekt af dobbeltstjernernes udvikling. Det ses nemlig, at PMS dobbeltstjerner har en lavere "cirkularisations periode" end hovedseriestjerner. Altså tyder det på, at stjernedannelsesprocessen producerer dobbeltstjerner med alle typer eccentriciteter, og at dobbeltstjernerne så udvikler sig i retning af cirkulære baner gennem intern vekselvirkning.

Dannelses teorier

Disse omtalte observationer af unge dobbeltstjerners egenskaber kan så benyttes til at diskriminere mellem de forholdsvis mange konkurrerende teorier for dannelse af dobbeltstjerner. Jeg vil nu diskutere nogle af disse teorier og nogle af deres styrker og svagheder. En god pointe, som man skal holde sig øje, er, at vi stadig ikke har en enkelt teori, der kan forklare dannelsen af dobbeltstjerner: Hver teori har sine styrker og svagheder, og et godt spørgsmål er, om vi er på rette spor evt. med en kombination af flere af de gængse teorier, eller om vi skal helt over i en anden grøft.

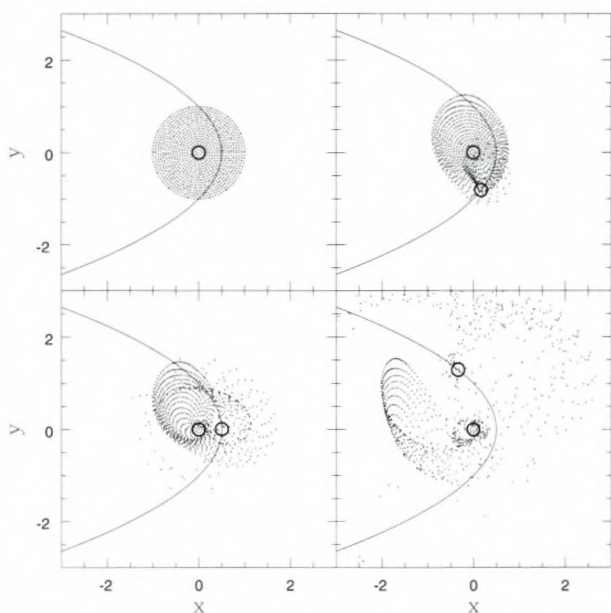
Groft set kan vi inddele teorierne for dobbeltstjernedannelse i 2 hovedgrupper: Enten involverer de en måde, hvorpå to ikke gravitationelt bundne stjerner kan blive bundet sammen eller en måde, hvorpå en protostjerne eller en kerne i en molekylsky kan blive delt i 2.

En af de ældste teorier er *fissions hypotesen*. Hovedargumentet for fissions hypotesen er, at der sker et tab af angulært moment igennem stjernedannelsesprocessen. Hvis vi sammenligner det angulære moment af klassiske T-Tauri stjerner (dvs. nydannede PMS stjerner) med det angulære moment af kerner i molekylskyer, ser vi at det typisk må aftage med en faktor 10^5 . Gennem den gravitationelle sammentrækning af en kerne vil dens rotationshastighed stige, og på et tidspunkt vil den blive ustabil over for perturbationer ikke rettet langs rotationsaksen, og kernen skulle så ifølge fissionshypotesen dele sig i to kerner. Et umiddelbart problem ved fissions hypotesen er, at den vil have svært ved at danne dobbeltstjerner med meget større separationer end den typiske udstrækning af kerner på omkring 0.1 AU. Numeriske simulationer har da også vist at resultatet af en ikke-aksial perturbation snarere ville danne to spiralarmer hvorigennem angulært moment og masse vil blive transporteret ud af og danne en cirkumstellar skive indeholdende en brøkdel af systemets totale masse. Mere sandsynligt er det at grunden til det store fald i angulært moment igennem de protostellare faser er de jets og outflows, der som før nævnt lader til at være en vigtig ingrediens af protostjernernes udvikling.

Indfangningsmekanismer

En række forskellige indfangningsmekanismer er blevet foreslået gennem tiderne. En mulighed er, at to stjerner ved en tæt passage kan excitere svingninger i hinanden, således at nok kinetisk energi bliver fjernet til, at stjernerne bliver bundet sammen. En anden mulighed er dynamisk indfangning, hvor tre stjerner passerer tæt på hinanden, således at den ene blive sendt afsted med en høj andel af den totale kinetisk energi, mens de to andre stjerner bliver efterladt bundet sammen gravitationelt. Et umiddelbart problem med begge disse teorier er, at de umiddelbart kræver en høj tæthed af stjerner, hvis de skal kunne producere en vigtig andel af det observerede antal dobbeltstjerner.

En ting, der lader til at være en uungåelig konsekvens af stjernedannelsen, er dannelsen af en skive omkring protostjernen. En sådan skive kan medvirke til indfangningen af en anden stjerne. Ved en tæt passage vil kinetisk energi kunne transporteres fra den ene stjerne til skiven, der så vil blive ødelagt og stjernen vil i stedet blive gravitationelt bundet (se figur 2).

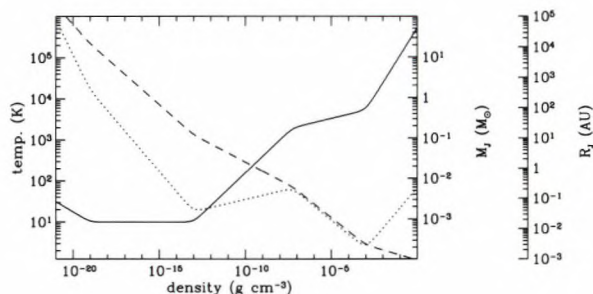


Figur 2. Indfangning vha. cirkumstellar skive. Fra [2].

Problemet med denne teori er som for de 2 øvrige indfangningsmekanismer, at de sandsynligvis ikke vil være betydningsfulde når tætheden af stjerner er lav. Derimod har simulationer vist, at stjerne-skive indfangning kan være betydningsfuld i små stjernehober (dvs. hobe med mindre end ca. 100 stjerner), hvor de vil kunne reproducere både den observerede hyppighed af dobbeltstjerner samt et realistisk bud på "the Initial Mass Function", dvs. fordelingen af masser for stjernerne. I stjernehober med et højere antal stjerner vil mekanismen på den anden side ikke bidrage væsentligt, siden de højere hastigheds dispersioner i sådanne hobe vil resultere i, at skiverne vil blive ødelagt uden at stjernerne vil blive bundne i dobbeltstjernesystemer.

Fragmentation

En gruppe teorier har vundet lidt mere indpas end de øvrige i gennem de sidste par år: Nemlig de teorier der overordnet set kan beskrives som fragmentationsmekanismer. Den overordnede ide i fragmentations-teoriene er at dele af en molekylsky under en gravitationel sammentrækning vil opleve en vækst i tæthed, og dermed lokalt vil kunne blive ustabil. Man kan inddele kollapset af en molekylsky i 4 stadier (se figur 3): Den første del af kollapset vil forløbe isotermt, gassen vil være optisk tynd og temperaturen konstant på omkring 10 K bestemt af balancen mellem opvarmning pga. gravitationel sammentrækning og køling gennem udstråling fra støvet i skyen.



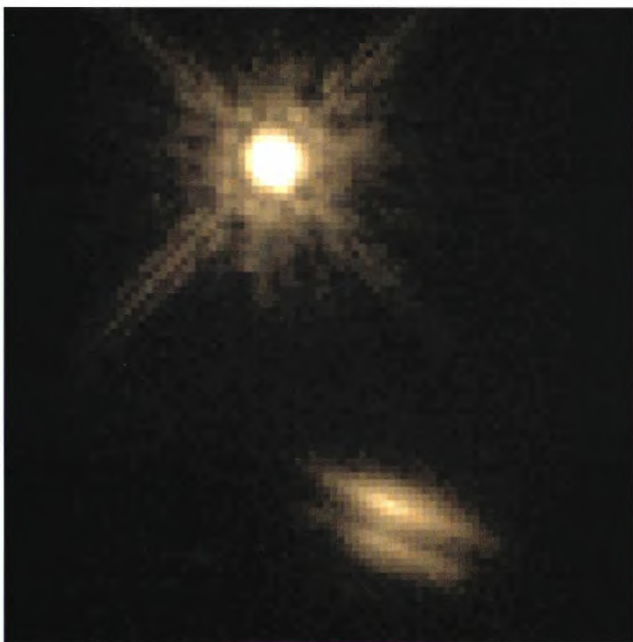
Figur 3. Forløbet af temperaturen (fuldt optrukken linie), Jeans massen (prikker) og Jeans radius (stiplet). Fra [2].

Denne isoterme fase vil vare, indtil skyen når en tæthed på omkring $10^{-13} \text{ g cm}^{-3}$. På dette tidspunkt vil gassen være optisk tyk nok til, at stråling, der ikke kan undslippe, vil give en stigning i temperaturen. Når temperaturen når omkring 2000 K vil H_2 molekyler dissociere og en del af den termiske energi således blive absorberet. Dermed vil skyen ikke længere have termisk energi nok til at kunne modvirke den anden kollapsfase. Dissociationen vil være næsten slut ved en temperatur på omkring 10^4 K og en kerne i hydrostatisk ligevægt vil være dannet, hvori temperaturen vil fortsætte med at stige pga. sammentrækning.

Forløbet af temperaturen gennem de 4 faser kan ses på figur 3 sammen med udviklingen af Jeans massen og radius, dvs. den mindste masse og den største radius for hvilke skyen eller dele af den vil være gravitationelt bundet sammenlignet med det termiske tryk. Fragmentation vil sandsynligvis forekomme nær de to minima for Jeans massen, idet den totale masse som indgår i fragmentationen skal være større end 2 Jeans masser, for at de to dannede fragmenter kan være ubundne. Hvis vi specielt kigger på tætte dobbeltstjerner, kan vi også se at fragmentationen sandsynligvis vil forekomme ved det andet minimum, da separationen mellem fragmenterne skal være større end Jeans radius – igen for at de to fragmenter skal være ubundne. I et ikke alt for langsomt kollaps vil man forvente at massen af fragmenterne vil blive omkring Jeans massen, dvs. $10^{-3} - 10^{-2} M_{\odot}$. Altså må fragmenterne have en betydelig tilvækst i masse, før de når PMS stadiet.

Ikke fordi det er usandsynligt med en rimelig tilvækst i masse: Både observationer og simulationer viser at hver af komponenterne i unge dobbeltstjerner typisk er omgivet af skiver, men også at hele systemet er omgivet af en skive. Et eksempel på en dobbeltstjerne (HK Tauri) med en cirkumstellar skive kan ses på figur 4. Øverst i venstre hjørne ses den lysstærkeste af de to komponenter og nederst i højre hjørne stjernen, der er omgivet af en skive. Skiven ses fra siden: De yderste lag (toppen og bunden) er oplyst af stjernen, mens centret af skiven (den mørke stribe på tværs) skjuler stjernen.

En typisk cirkumstellar skive har en skalalængde på nogle få hundrede AU, hvilket er sammenligneligt med separationen mellem komponenterne i ikke alt for tætte unge dobbeltstjerner. Så en betydelig vekselvirkning mellem komponenterne i en dobbeltstjerne og deres tilhørende skiver må absolut anses for sandsynlig. Problemet er blot at sådan tilvækst af masse på komponenterne efter fragmentationen gør det mere besværligt for fragmentationsmodellerne at komme med forudsigelser om egenskaberne for de nydannede dobbeltstjerner, så lidt kynisk (eller realistisk afhængigt af temperament) kan man spørge, om grunden, til at vi trods alt tror mest på fragmentationsmodellerne, er, at de ikke kommer med nogen forudsigelser, som vi kan modbevise gennem observationer.



Figur 4. Billede fra Hubble Space Telescope af et dobbeltstjernesystem, hvor den ene stjerne er omgivet af en skive. K. Stapelfeldt (JPL) & medarbejdere/NASA.

Der er da også argumenter, der taler decideret imod fragmentation under kollapse af en sky: Et stort problem er tæthedsprofilerne for kernerne i molekylskyer. Hvis en kerne har stejl tæthedsprofil ind mod kernen,

vil de inderste dele af kernen kollapse hurtigere end de ydre dele, hvilket vil gøre fragmentation umuligt. Simulationer og simple analytiske overvejelser viser, at profiler stejlere end $\rho \propto r^{-1}$ ikke umiddelbart vil kunne fragmentere. På den anden side viser observationer af kerner i nogle molekylskyer, at de har tæthedsprofiler tæt på $\rho \propto r^{-2}$ helt ind til centret af kernen (en sådan profil forventes også i et rent isotermt kollaps). Så der lader til at være en modstrid mellem det faktum at dobbeltstjerner tilsyneladende observeres i *alle* stjernedannende områder, hvorimod fragmentation kun er muligt i *nogle* områder. Det skal dog nævnes, at nogle observationer med høj opløsning af kerner viser, at en del kerner har en tæthedsprofil, der godt nok minder om $\rho \propto r^{-2}$ profilen i de ydre lag, men som derimod er fladere nær centret ($\rho \propto r^{-0.4}$). Om dette generelt er tilfældet, må vi afvente yderligere observationer (f.eks. med ALMA) for at få afklaret.

Det skal dog også nævnes at fragmentationsmodellerne også stadig er forholdsvis grove. Mange uafklarede spørgsmål er stadig tilbage f.eks. magnetfelternes rolle. Alene ved vores modeller for dannelse af enkeltstjerner har de en stor indflydelse på forløbet, og om de vil modvirke eller sørge for fragmentation, er et af de problemer, som teoretikerne vil fortsætte med at prøve at finde en afklaring på. Et andet aspekt er, hvilken rolle alternative fragmentationsmodeller, såsom fragmentering i skiven omkring dobbeltstjernerne eller fragmentation induceret af en ekstern kilde, f.eks. kollisioner mellem kerner i molekylskyer kan spille i sammensætningen af de observerede populationer af unge dobbeltstjerner.

Flerdobbelte stjerner vs. stjernehober

At der udover dobbeltstjerner også eksisterer systemer med 3, 4, 5 og flere stjerner giver lidt stof til eftertanke: Er dannelsen af dobbeltstjerner og stjernehober i virkeligheden et resultat af tilsvarende mekanismer, hvor det der adskiller, blot er skalaen over hvilken systemet dannes? Dette vil f.eks. være tilfældet, hvis vi betragter hierarkisk fragmentation, hvor vores oprindelige molekylsky fragmenterer i mindre fragmenter, der så igen kan fragmentere og dermed naturligt danne et hierarki af systemer fra dobbeltstjerner til associationer og hober af stjerner. Nogle associationer af stjerner f.eks. Orion OB associationen tyder nemlig på sådan en hierarkisk opbygning med underassociationer i associationer. En måde at teste dette på er at undersøge, om grupperingerne af stjerner har en eller flere foretrukne længdeskalaer f.eks. i sammenhæng med Jeans længden, eller om stjernedannelsesprocessen er skalaløs. En måde at gøre det på er ved at sammenligne fordelingen af nabostjerner som funktion af afstanden (hvilket f.eks. også gøres på lidt større skalaer i galakser og galaksehober med den såkaldte 2-punkts korrelations funktion).

Photonics is transforming the world we live in.
It is our commitment to provide photonics tools
that bring your ideas to light.

the Practical Application of Light

Melles Griot has supplied products that enable the practical application of light for 30 years, becoming a worldwide manufacturer and distributor of optics, lasers, opto-mechanical hardware, and instruments.

Pioneering the field of catalog sales with our industry-leading Optics Guides, today the Photonics Components division is a major OEM supplier of standard and custom optical components and advanced thin-film coatings, as well as optical tables, opto-mechanical hardware, and flexure-based nanopositioning systems.

Melles Griot Optical Systems specializes in the design and manufacture of multi-element optical systems for demanding OEM applications including semiconductor, machine vision, and reprographics.

A leader in laser technology for commercial and research applications, Laser division has expanded from multi-colored helium neon lasers into helium cadmium, air-cooled ion, semiconductor, solid-state, and frequency-stabilized lasers. Subassemblies, turnkey, and fiber optic beam delivery systems enhance these capabilities.

Complementing these capabilities, our line of laser measurement instrumentation includes power and energy meters, photodetector amplifiers, and laser beam profilers.

Working with industry, supporting research and development, partnering in OEM production — Melles Griot continues to lead the photonics industry.

We furnish the products that enable the practical application of light.



MELLES GRIOT

www.mellesgriot.com

Denmark

Stenagervej 13
DK-4100 Ringsted, Denmark

Tel: 5761 5049 • FAX: 5761 6049
E-mail: dk_mellesgriot@csi.com

Sweden

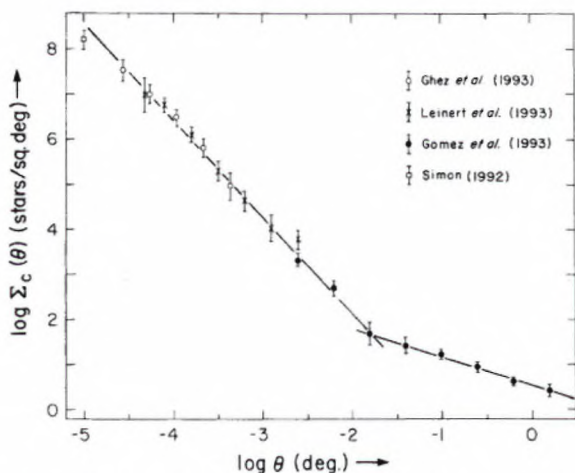
(Serving Sweden, Norway, Finland, Iceland &
The Baltic States)
Box 7071, Måttbandsvägen 12
S-187 12 Täby, Sweden

Tel: (08) 6308950 • FAX: (08) 6300745
E-mail: info.nordic@mellesgriot.com

Photonics

is emerging as an important
technology for the future.
Melles Griot supplies the elements
used to **create, transform, and**
detect light for applications
as diverse as biotechnology,
telecommunications, entertainment,
and reprographics.

transform
create
detect



Figur 5. Overfladetætheden af ledsagerstjerner som funktion af separationen. Fra [5].

En sammenligning kan ses på figur 5. Tydeligvis er der et afbræk ved en angular afstand svarende til omkring 0.017° og det ses at dataene må fittes med to potensfunktioner: En forholdsvis flad ved store skalaer (dvs. afstanden mellem stjernerne i hobe) og en mere stejl ved små skalaer (dvs. afstanden mellem stjernerne i f.eks. dobbelte eller tredobbelte systemer). Hvis vi havde at gøre med en stjernedannelsesproces uden en karakteristisk længde skala, ville vi forvente, at dataene kunne fittes med den samme potenslov på både store og små skalaer. Det tyder altså på, at vi på en eller anden måde har med forskellige processer at gøre – eller at der i hvert fald et sted i stjernedannelsesprocessen, bliver induceret en karakteristisk længde f.eks. ved et sammenspil mellem hvordan hobene bliver opløst og størrelsen og typen af dobbeltstjernepopulationer (har dobbeltstjernerne i givne hobe f.eks. typisk små eller store separationer?).

Interessant nok svarer fordelingen af stjerner på de store skalaer til en fraktal fordeling med en dimension 1.4 – og spørgsmålet er, om denne tilsyneladende fraktale struktur stammer fra en fraktale struktur af molekylskyerne, hvis en sådan findes. Dette bliver nemlig diskuteret flittigt i disse dage. Igen et eksempel på en problematik, som kan bidrage til puslespillet om hvordan stjerner – og måske dermed fuldstændigt

naturligt, hvordan dobbeltstjerner dannes.

Referencer:

- [1] I. A. Bonnel (1999) i "The Origin of Stars and Planetary Systems", red. af N. D. Kylafis og C. J. Lada (Kluwer, Dordrecht).
- [2] P. Bodenheimer, A. Burkert, R. I. Klein og A. P. Boss (2000) i "Protostars and Planets IV", red. af V. Mannings, A. Boss og S. Russel (University of Arizona Press, Tucson).
- [3] W. Brandner og R. Köhler (1998), *Astrophys. Journ.*, bind **499**, side L79.
- [4] A. Duquennoy og M. Mayor (1991), *Astron. Astrophys.*, bind **248**, side 485.
- [5] R. D. Larson (1995), *Mon. Not. Royal Astron. Soc.*, bind **272**, side 213.
- [6] S. Lubow og P. Artymowicz (2000) i "Protostars and Planets IV", red. af V. Mannings, A. Boss og S. Russel (University of Arizona Press, Tucson).
- [7] R. D. Mathieu (1994), *Ann. Rev. of Astron. & Astrophys.* bind **32**, side 465.
- [8] P. C. Myers, F. C. Adams, H. Chen og E. Scharff (1998), *Astrophys. Journ.*, bind **492**, side 703.



Jes K. Jørgensen er specialestuderende ved Astronomisk Observatorium, Niels Bohr Institutet for Astronomi, Fysik og Geofysik, hvor han studerer stjernedannelse.

Index til Kvant?

Et par læsere har i forbindelse med Kvants 10 års jubilæum været så venlige at foreslå, at der udarbejdes et register over tidligere artikler i bladet. Opgaven overstiger nok, hvad redaktionens medlemmer kan tilbyde at udføre, men hvis der er en læser, der har mod på opgaven, kan Kvant tilbyde at honorere denne indsats med en komplet samling af de første 10 årgange af bladet.

Henvendelse herom kan ske til kvant@nbi.dk.

Du kan i øvrigt altid læse udvalgte artikler fra de tre nyeste nummer af Kvant på hjemmesiden <http://www.nbi.dk/dfs/KVANT.html>. Tidligere udgaver af bladet og klassesæt kan i mindre omfang bestilles også ved henvendelse til kvant@nbi.dk. Prisen for tidligere numre er 20 kr./stk.

Fortsat fra bagsiden

1989 og 2000! Afstanden på elleve år er ikke helt tilfældig. Solens aktivitetscyklus varierer med en periode på ca 11 år. I juni 1989 var det sidste solpletmaksimum, og 2000 bliver nok også året for dette. Måske kommer det til at ligge i april, så Solen har fejret det på behørig måde.

Solaktivitet er magnetisk aktivitet, hvor de voldsomme bevægelser i Solens ydre konvektionszone driver en dynamo, der kan forstærke det svage, generelle dipolfelt. Yderligere spiller Solens differentielle rotation en rolle. Præcis hvordan dynamoen virker er endnu ikke helt afklaret. Lukkede magnetfeltlinier breder sig ud gennem Solens overflade og den magnetiske energi kan udløses og bevirke en kraftig aktivitet i kromosfæren og den indre korona. En særlig kraftig energiudladning danner en flare. Solvinden, der strømmer radiale ud fra Solen, tager noget af magnetfeltet med, så der også bliver åbne feltlinier. Solpletter dannes hvor et særligt kraftigt magnetfelt gennem-bryder overfladen, som dipoler på grund af de lukkede feltlinier.

Relativtallet blev opfundet af Wolf (i Zürich) midt i 1800-tallet til at beskrive mængden af solpletter. Man tæller antallet af grupper (dipoler) og ganger med 10 og adderer antallet af enkeltpletter. En enkelt plet (optræder hvis den anden ende af dipolfeltet er spredt så meget ud, at feltstyrken bliver for lav til at danne en solplet) har således $R=11$, en dipol med to pletter har $R=12$, to grupper på hver en plet vil have $R=22$ osv. Man har siden bestemt de daglige værdier af R , og Wolf konstruerede, på basis af observationsoptegnelser, det årlige relativtal tilbage til 1700. De enkelte cykler blev nummereret med start midt i 1700-tallet, og vi er i øjeblikket i gang med nr. 23. Hvor mange solpletter, man kan se, afhænger selvfølgelig af instrumentet (og observatøren), så i praksis skal ovennævnte tal ganges med en kalibreringskonstant (k), der for den enkelte observatør kun kan fastlægges ved at sammenligne systematiske observationer med andre observationer fra et stort netværk af observatører. I dag er indsamlingen af data overgået til SIDC (Sunspot Index Data Center) i Bruxelles. Flere store amatørastronomiske organisationer har også observationsnetværk.

Det skal bemærkes at solpletter er at betragte som blot et symptom på solaktiviteten, og at R ikke kan tages som et præcist mål for størrelsen af den magnetiske aktivitet. Der er i dag mange andre måder at måle solaktivitet på, herunder også direkte målinger af magnetfelterne på Solen og i heliosfæren, men relativtallet bestemmes stadig med stor omhu, da det er det eneste mål for solaktiviteten, der går så langt tilbage i tiden.

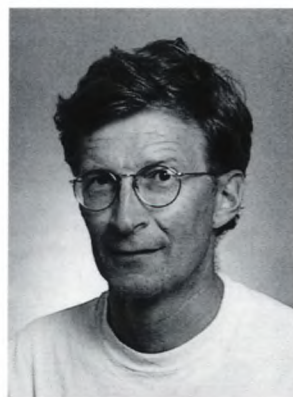
Antallet af solpletter varierer med den kendte ca 11-årige cyklus (som er en 22-årig cyklus hvis man medtager den magnetiske polaritet, der skifter retning fra cyklus til cyklus). Derudover kører der også en længere ca 90-årig cyklus (Gleissberg-cyklen) og muligvis en

flerehundredårs cyklus, idet antallet af pletter sandsynligvis var højt omkring år 1000, lavt i slutningen af 1600-tallet (Maunder minimum) og har haft en stigende tendens siden (se figur 6 side 7). Måske er der endnu længere cykler, og måske er de ikke særligt regelmæssige? Den 11-årige cyklus varierer jo en del i længden (ca 10-12 år), og Gleissberg cyklen nok endnu mere (minimum i 1710?, 1810, 1900 og ???). Det er heller ikke helt klart, hvordan de enkelte cykler påvirker hinanden.

Når det ovenfor blev bemærket at april 2000 kunne tænkes at være tidspunktet for solpletmaksimum, er det også lidt af en tilsnigelse. Solplettallet varierer vildt og voldsomt, selv i 1989 faldt det daglige tal f.eks fra 200 til 50 på en uge og 12 dage senere var det 296! Cyklens højeste dagstal på 300 blev faktisk nået i 1991. Der er egentligt snarere tale om, at der fra en rolig periode ved minimum over nogle få år kommer gang i en stor og uregelmæssig aktivitet. Dette holder så på et stykke tid (for cyklus 22 i årene 1989-90-91 og aftager gradvist til det næste minimum. For at få en pæn kurve for relativtallet, med et egentligt matematisk maksimumspunkt, udglattes de månedlige middelværdier over en 13-måneders periode. Når man taler om størrelsen af en cyklus, er det som regel denne udglattede værdi, man mener. Men selv da kommer kurven ikke til at se særlig regelmæssig ud, og slet ikke noget der ligner en sinuskurve. Gleissberg-cyklen er nok endnu mere uregelmæssig. Af de to vel beskrevne minima var den i 1810 meget dyb, med et pludseligt stort fald i aktiviteten. 1900 minimaet forløb mere gradvist.

Cyklus 23 bliver sandsynligvis lavere end de to foregående, der var på ca 160. Den højeste i 1900-tallet var cyklus 19, der nåede op på 200. Imellem kom cyklus 20 der kun nåede 110. Det er umuligt helt at forudsige hvor stor cyklus 23 bliver, men alt tyder på, at den bliver noget lavere end 21 og 22, men nok lidt større end 20, aktivitetsniveauet har jo været pænt her i foråret. Om vi så får flere lige så flotte nordlys-skuespil er helt uvist. Det vil afhænge af om heliosfæren og Jordens magnetosfære lige præcis er i den rette tilstand, når der sker noget på Solen.

*SIDC kan findes på internet-adressen
<http://www.astro.oma.be/SIDC>.*



Sven Ove Thimm er leder af Solsektionen i Astronomisk Selskab. Lektor på Hjørring Gymnasium med Fysik, Astronomi, Matematik og Naturfag.

Solpletmaksimum

Sven Ove Thimm, Hjørring Gymnasium.

Natten mellem 6. og 7. april udviste et sandt festfyrværkeri af nordlys. Det flotteste siden 1989. Jeg kom selv helt uforberedt ind i det kl 22.20, da jeg rutinemæssigt kiggede op mod himlen. Her ved Hjørring havde vi nordlyset lige over vore hoveder, endda måtte man af og til vende næsen i sydlig retning! Hele himlen var oplyst, men mest i et øst-vest bånd, klare grønne stråler og mere diffuse røde, især den røde farve var meget fremtrædende. Tynde drivende skyer bidrog til skuespillet, da de oplystes af den røde farve, således at hele himlen til tider lyste blodrødt. Lige over hovedet pulserede en flot korona. Det at se ud langs de magnetiske feltlinier fjerner for et øjeblik den todimensionale fornemmelse af himmelhvælving og giver følelsen af at skue ud i uendeligheden. Farverne skiftede fra rødt til klare grønne stråler. På et tidspunkt var den ene halvdel af koronaen rød og den anden halvdel grøn, og de to farver spiralerede ind i hinanden.

Skuespillet blev udløst af Solen den 4. april, hvor man observerede en serie flares, der dog ikke var særligt kraftige i røntgenstråling. Den sidste resulterede i en kraftig byge af energirige protoner, der blev observeret af GOES satellitterne nogle timer senere. SoHO satellitten registrerede også, at en CME (Coronal Mass Ejection), der fra et område midt på Solen var blevet udsendt med retning direkte mod Jorden, bredte sig som en chokbølge ud gennem heliosfæren, som var i den rette tilstand til at forstærke virkningen. Jordens magnetosfære reagerede også gunstigt på forstyrrelsen, og skuespillet var sikret.



Nordlys, fotograferet 6. april 2000. I forgrunden ses Jels kirke og øverst i billedet fire af stjernerne i Cassiopeia. Billedet er eksponeret i 25 sekunder. (Foto: Bjørk Jensen).



Observatoriekuplen på Orion Planetariet. Er man skrap kan man genkende stjernebilledet Kusken. Billedet er eksponeret i 120 sekunder. (Foto: Bjørk Jensen).

tion), der fra et område midt på Solen var blevet udsendt med retning direkte mod Jorden, bredte sig som en chokbølge ud gennem heliosfæren, som var i den rette tilstand til at forstærke virkningen. Jordens magnetosfære reagerede også gunstigt på forstyrrelsen, og skuespillet var sikret.

Artiklen fortsætter inde i bladet på side 31.