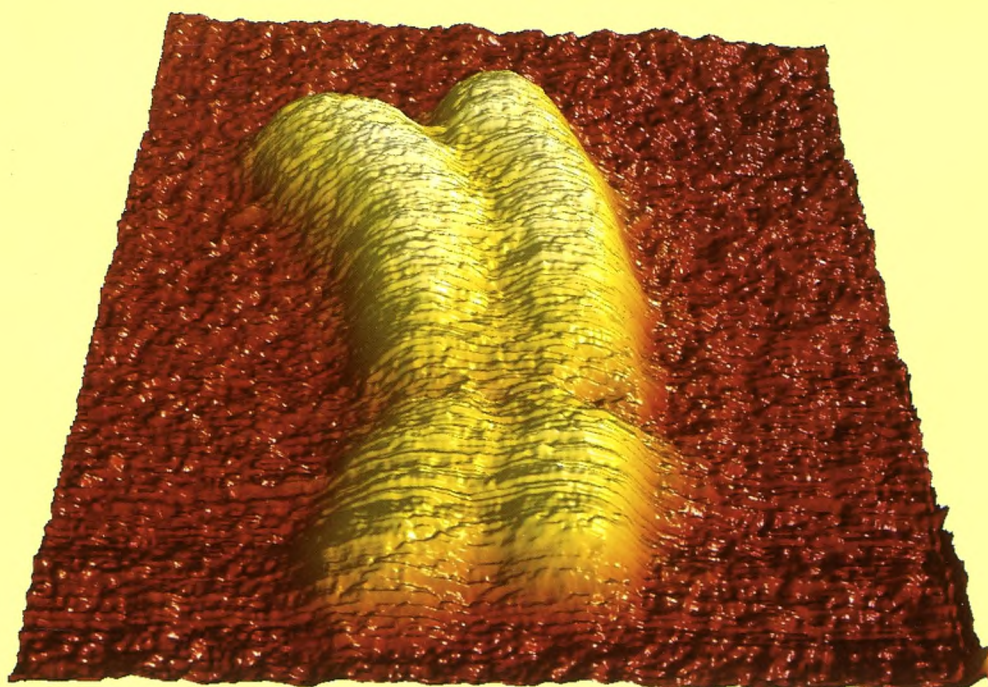
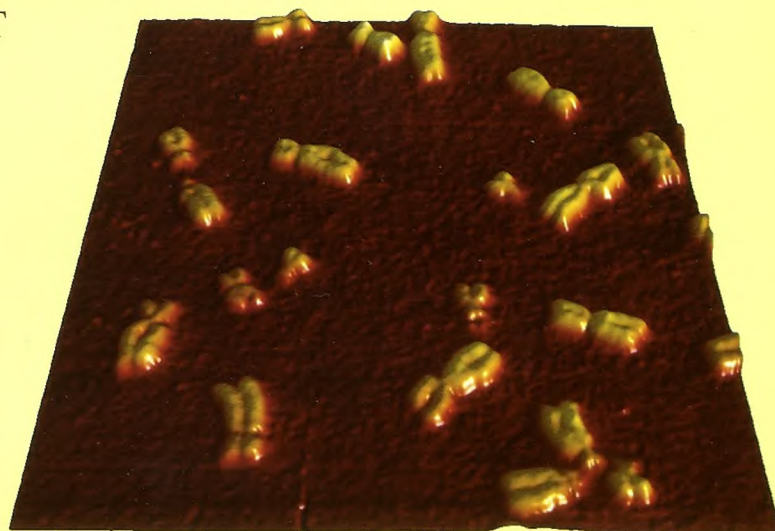

Tidsskrift for Fysik og Astronomi 18. årgang

KVINDER I FORSKNINGSFRONTEN

SÆRNUMMER I ANLEDNING AF
KVINDER I FYSIKS 15 ÅRS JUBILÆUM

- ARKTISK OZONNEDBRYDNING
- LED LYSKILDER OG PLANTEVÆKST
- CELLERS NANOMEKANIK
- DEN GLOBALE OPVARMNING
- TOTAL ANALYSESYSTEMER MED BIOLOGISKE ANVENDELSER
- KIF 15 ÅR: TILLYKKE
- GAMMAGLIMT UDEN SUPERNOVA
- KVANT-NYHEDER



KVANT

Tidsskrift for Fysik og Astronomi

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

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

Udgives af

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

Redaktion

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

Abonnementspris : 160 kr/år.

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

Annoncerpriser

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

Oplag: 2600. Tryk: P.J. Schmidt A/S,
Vojens. ISSN 0905-8893

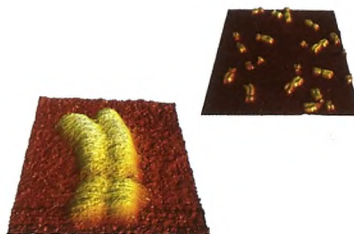


Produktionsplan

Nr. 2-07 udkommer ca. 15. maj
Nr. 3-07 udkommer ca. 1. september
Deadline for mindre bidrag og annoncer er ca. en måned før, længere artikler skal modtages to måneder før.

Indhold:

Netværk for Kvinder i Fysik fylder 15 år <i>Cathrine Fox Maule, Anja C. Andersen og Trine Møgelberg</i>	3
Cellers nano-mekanik <i>Kirstine Berg-Sørensen, Mario Fischer, Poul Martin Hansen og Lene Oddershede</i>	4
Dansk Fysisk Selskabs – Årsmøde den 19.-20. juni	7
Debat om forskningspolitik <i>Jens Barfred</i>	9
Stjerner som ville dø i fred afsløres ved gamma-stråling <i>Christina C. Thöne, Daniele Malesani og Dong Xu</i>	10
Den Globale opvarmning <i>Katrine Krogh Andersen</i>	13
LED lyskilder til styring af krysantemumvækst <i>Birgitte Thestrup, Carsten Dam-Hansen og Janni B. Lund</i>	17
Totalanalyse-systemer med biologiske anvendelser <i>Winnie E. Svendsen og Maria Dimaki</i>	21
Nyt fra Dansk Geofysisk Forening	25
Arktisk ozonnedbrydning <i>Signe Bech Andersen, Synne Højer Svendsen og Tina Christensen</i>	26
KIF 15 år: Tillykke med jubilæet! <i>Nils O. Andersen</i>	30
Mælkevejens centrum – breddeopgave 26 med didaktisk kommentar <i>Jens Højgaard Jensen</i>	31
Aktuelle bøger	32
KVANT-nyheder <i>Sven Munk og John Rosendal Nielsen</i>	33
Annonce: Nordic Network of Women in Physics 3rd Workshop	35
Hubble bestemmer massen af massive stjerner <i>John Rosendal Nielsen</i>	Bagsiden



Billederne på forsiden viser fikserede humane kromosomer taget af Casper Hyttel Clausen med "Atomart Kraft Mikroskop" (Atomic Force Microscope, AFM). Det er muligt at måle dimensioner og topografi på et enkelt kromosom med en højdeopløsning på 2 nm, opløsningen af bredden er lidt mere usikker, og er afhængig af dimensionerne på AFM-proben. Den nederste figur viser et enkelt X-kromosom, der er en forstørrelse af kromosomet nederst til venstre i den øverste figur.

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

Netværk for Kvinder i Fysik fylder 15 år

Af Cathrine Fox Maule, Anja C. Andersen og Trine Møgelberg

I år er det 15 år siden Netværk for Kvinder i Fysik (KIF) i Danmark blev stiftet. Idéen til at starte netværket kom egentlig fra Norge, hvor der dengang fandtes et velfungerende Netværk for Kvinder i Fysik. Det norske netværk var startet af en kvindelig fysiker, der som eneste kvindelige ansatte på sit institut, ønskede erfaringsudveksling med andre kvindelige fysikere. Det norske netværk ønskede kontakt med tilsvarende netværk andre steder og spurgte derfor bekendte i Danmark om her fandtes et sådan netværk. Det gjorde der på det tidspunkt ikke, men forespørgslen fik en gruppe kvindelige fysikere til at undersøge om der i Danmark var grundlag for at danne et tilsvarende netværk. Da der var flere, der viste interesse for at deltage i et netværk, blev KIF kort tid efter stiftet og fik i løbet af sit første år 88 medlemmer. Allerede året efter dannelsen blev KIF optaget som sektion i Dansk Fysisk Selskab (DFS) på lige fod med de øvrige sektioner. Der var dengang nogen der satte spørgsmålstegn ved, om der virkelig var grundlag for en sektion af DFS særskilt for kvinder. Tiden har dog vist, at dette var tilfældet; igennem de seneste 5 år har KIF haft over 150 medlemmer og støttemedlemmer og KIF har igennem hele sin levetid været den mest aktive sektion af DFS.

KIF's formål

KIF's formål er i dag som for 15 år siden:

- At skabe et kontaktnet til udveksling af informationer og erfaringer mellem kvindelige fysikere.
- At synliggøre kvinder i fysik i Danmark.
- At bidrage til en øget rekruttering af kvinder til uddannelse og forskning inden for fysik, bl.a. ved at identificere barrierer for kvinders karriere inden for fysik, og at arbejde for fjernelse af disse.
- At udveksle erfaringer om former for undervisning, der kan fremme pigers/kvindes interesse for og udbytte af fysik samt øge deres selvtilid på området.

Langt størstedelen af KIF's aktiviteter er dog møntet på at give medlemmerne mulighed for at netværke. KIF har en række forskellige aktiviteter; 3-4 gange om året udgives et nyhedsbrev, der dels beskriver foreningens aktiviteter og dels bringer artikler og udklip, som redaktionen vurderer medlemmerne vil have interesse i. Ligeledes 3-4 gange om året afholder KIF fyraftensmøder (fortrinsvis i København) med inviterede foredragsholdere. Indholdet af foredragene kan spænde meget vidt, men oftest har det en vinkel omkring kvinder i naturvidenskab; f.eks. havde vi i 2006 foredrag med Robin Bell fra Columbia University, der talte om "Advance", et program der har til hensigt at forøge diversiteten blandt de videnskabelige medarbejdere på Columbia University; Cathrine Jespersen fra Socialforskningsinstituttet, der talte om "Det kønsatypiske uddannelsesvalg – piger der går mod mængden og vælger naturvidenskabelige uddannelser" og Kamma Langberg fra Center for Forskningsanalyse, der talte om "Kønne karrieremuligheder". I forbindelse med foredragene er der altid afsat tid til diskussion. En tredje

KIF aktivitet er pigefrokoster, der afholdes på DTU en gang om måneden, og endelig er der selvfølgelig KIF's Årsmøde og generalforsamling der afholdes i forlængelse af DFS's Årsmøde.

Dette særnummer af Kvant er den første markering af KIF's jubilæum; alle de faglige artikler i dette nummer af Kvant har kvinder som førsteforfattere. Senere på året følger et større arrangement, da KIF til august er vært for *3rd workshop of Nordic Network of Women in Physics*, der forventes at bringe omkring 100 unge kvindelige fysikere til København for at deltage i det to dage lange møde. Ud over et fagligt program, vil workshoppen indeholde korte træningsseminarer i selvledelse, præsentationsteknik og forhandlingsteknik, hvor deltagerne kan tilegne sig kompetencer, der kan gavne dem i deres videre karriere. Mere information om workshoppen kan findes på www.mic.dtu.dk/norwip eller via NorWiP's hjemmeside www.norwip.org.

Som nuværende og tidligere formænd for KIF vil vi gerne sige tak til alle der har støttet KIF gennem årene; et netværk er intet uden aktive deltagere!

Fakta om KIF

- KIF blev stiftet i 1992.
- KIF blev sektion af DFS i 1993.
- KIF er en del af Nordic Network of Women in Physics.
- KIF har omtrent 170 medlemmer; både mænd og kvinder.
- KIF ledes af en medlemsvalgt bestyrelse på 10 medlemmer.
- Medlemskab af KIF er gratis. For regler omkring medlemskab læs mere på: www.kif.nbi.dk



Fra venstre mod højre: Cathrine Fox Maule er forsker ved Danmarks Meteorologiske Institut og har været formand for Kvinder i Fysik siden 2004; Anja C. Andersen er lektor ved Niels Bohr Institutet og var formand for Kvinder i Fysik fra 1996 til 2001 samt 2002 til 2004; Trine Møgelberg er ansat på Novo Nordisk og var formand for Kvinder i Fysik fra 1992 til 1996.

Cellers nano-mekanik

Af Kirstine Berg-Sørensen, Institut for Fysik, Danmarks Tekniske Universitet, Mario Fischer, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet og Institut for Fysik, Danmarks Tekniske Universitet, Poul Martin Hansen og Lene Oddershede, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet

Hvor stærk er en enkelt levende celle? Hvordan bevæger og deformerer den sig? Hvorledes udøves cellens mekaniske funktioner? Hvordan kommunikeres med omverdenen? Svaret på sådanne spørgsmål findes i grænsefladen mellem fysik, cellebiologi og molekylærbiologi – et forskningsområde som er i stor vækst internationalt. I denne artikel koncentrerer vi os om det første af spørgsmålene, og viser hvordan fysiske metoder anvendes til at finde mekaniske egenskaber af en levende celle.

Levende systemers fysik

En levende organisme er yderst kompliceret, og meget af den viden, vi har om f.eks. kroppen, bygger på observationer snarere end en egentlig forståelse. Indenfor fysikken ønsker vi primært at etablere en forståelse, hvilket er vanskeligt i en kompleks levende organisme, da det er svært at separere de væsentligste fra de mindre væsentlige parametre. Med udviklingen af fysiske metoder, der gør os i stand til at studere biologiske molekyler arbejde enkeltvis, har vi i det seneste tiår været vidne til en revolution i forståelsen af enkelte molekylers arbejdsmetoder. Når det enkelte molekyles funktion er forstået, ligger der en mindst ligeså stor udfordring i at forstå hvorledes de enkelte molekyler sammen danner og fungerer i en levende organisme. Her kan fysikere f.eks. bidrage via deres kendskab til metoder fra statistisk fysik og teoretisk kompleksitets-teori.

I denne artikel koncentrerer vi os om een enkelt-molekyle-teknik, nemlig optisk pincet metoden og hvorledes optiske pincetter kan bidrage til forståelsen af en celledes nano-mekanik. Som navnet antyder er en optisk pincet en optisk baseret teknik: Ved hjælp af en stærkt fokuseret laserstråle kan man fastholde og manipulere et enkelt molekyle, og måle sammenhængende værdier af kræfter og afstande. Metoden og nogle anvendelser er tidligere beskrevet i KVANT [1, 2, 3].

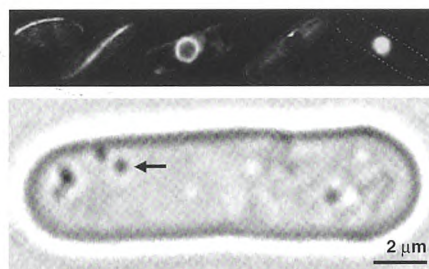
For f.eks. at undersøge hvilke mekaniske kræfter et enkelt molekyle kan udøve, er første skridt typisk at tage molekylet ud af sin biologiske sammenhæng, mindske antallet af ubekendte parametre, og få det til at fungere *in vitro*, dvs. i kunstige omgivelser, typisk i et prøvekar. For det enkelte molekyle er det inducerede dipolmoment som oftest ikke tilstrækkeligt stort til at en optisk pincet er i stand til at fastholde og detektere det. Derfor fasthæftes et "håndtag", typisk i form af en mikrometer-stor kugle af et dielektrisk materiale som glas eller polystyren. En anden mulighed er at anvende metalliske nano-partikler, da de for små kugle radier har stort induceret dipolmoment i forhold til de spredningskræfter, som laser lyset også udøver [4]. Potentialet fra en optisk pincet kan til en meget god approksimation beskrives som harmonisk, dvs. som fra en fjeder. For at finde de kræfter, der udøves på

en dielektriske kugle i dette potentiale, og dermed kræfterne på det biologiske system, er det nødvendigt at foretage en præcis bestemmelse af fjederkonstanten. Denne karakterisering af fjederkonstanten kan foretages med stor nøjagtighed i et simpelt system, hvor en sfærisk kugle bevæger sig i vand eller en lignende væske [5]. Det bliver straks væsentligt mere kompliceret, hvis kuglen bevæger sig i et medie med både elastiske og viskøse egenskaber.

Næste skridt, efter forståelsen af molekylets virkemåde *in vitro*, er at søge at forstå hvorledes molekylet fungerer i en levende organisme. I optisk pincet gruppen på Niels Bohr Institutet har vi i de seneste år netop koncentreret os om dette og vil her omtale kvantitative optiske målinger af enkelte molekyler og organeller inde i en levende celle. Dette er en proces, som kræver mange skridt, heriblandt at fasthæfte et velkarakteriseret "håndtag" til det biologiske molekyle eller organel, hvis mekaniske egenskaber man ønsker at studere, samt at bestemme fjederkonstanten for den optiske pincet i den levende celledes indre.

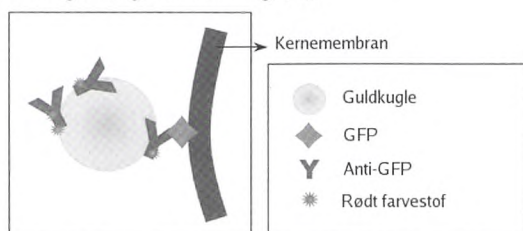
Udforskning af en celledes indre

Vi har valgt at studere gærceller af typen *Schizosaccharomyces Pombe*, der er isoleret fra afrikansk øl. Det er en type gærcelle, som er vel karakteriseret både for så vidt angår dens genetik og for ændringer i "cytoskelettet", et konstruktionsbærende netværk af fiberproteiner i cellen, under de forskellige stadier af cellens liv [6]. Mikroskop-billeder af celler er vist i figur 1.

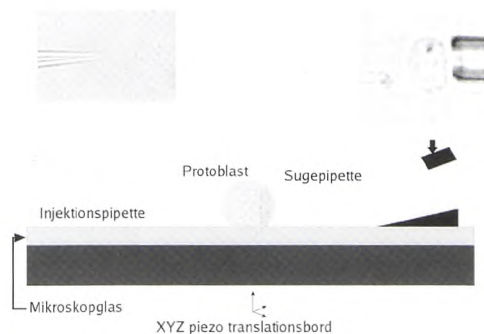


Figur 1. Gærceller af typen *S. pombe*. Øverst ses laboratoriestammer hvori forskellige organeller er koblet til grønt fluorescerende protein, GFP, f.eks. mikrotubuli og kernemembran. Et mikrotubulus er et såkaldt fiberprotein, der udgør en væsentlig del af cytoskelettet. Nederst ses en celle i almindelig lysmikroskopi. Naturligt forekommende fedtperler, granulærer, ses som sorte pletter. En af dem er markeret med en pil.

I laboratoriet dyrker vi celler, hvor forskellige organeller udtrykker et protein, der kan ses i fluorescensmikroskopi, det såkaldte *Green Fluorescent Protein* (GFP), se figur 1, øverst. Figuren viser også en celle, hvori naturligt forekommende fedtperler, granulærer, ses som mørke områder. Det inducerede dipolmoment i granulærer er stort nok til at de kan manipuleres med den optiske pincet, og i gruppen har vi tidligere anvendt disse fedtperler til at undersøge de viskoelastiske egenskaber af cellens indre [7]. Granulærerne har endvidere været anvendt til at flytte rundt på cellens kerne [8]. Men da granulærerne ikke er fastgjort til et bestemt organel, kan de ikke bruges som "håndtag" for kvantitativ måling og manipulation. Vores strategi er derfor at tilføre cellen eksterne partikler, der kan fastgøres f.eks. til kernemembranen og anvendes som håndtag for optisk manipulation og kvantitativ bestemmelse af de kræfter, som udøves på cellekernen f.eks. under celledeling. Det er vigtigt at vælge de tilførte partikler, så de ikke er reaktive og så de samtidig er meget små for at mindske risikoen for, at de ændrer ved naturlige processer i cellen. Da metal partikler af guld eller sølv i nm størrelse har et forholdsvis stort induceret dipolmoment og endvidere er forholdsvis inerte, er de et fornuftigt valg til håndtag [4].



Figur 2. Skitse af bindingen mellem en guldkugle forbundet med anti-GFP og f.eks. kernemembranen, i hvilken der er indkorporeret GFP. I denne skitse er guldkuglerne yderligere mærket med et rødt farvestof, men dette har vist sig unødvendigt i eksperimenterne.



Figur 3. Skitse af mikroinjektionssystemet, suppleret med mikroskopbilleder. Guldkugler injiceres via den smalle glaspipette til venstre som også vist i foto øverst til venstre. Cellen fremstår sfærisk da dens ydre cellevæg er enzymatisk nedbrudt. Til højre ses en bredere glaspipette, som via et sug fastholder cellen. Cellen er ca. 10 μm i diameter.

Guldpartikler som håndtag

For at anvende nanoskopiske guld partikler som håndtag inde i cellen er det nødvendigt at få dem ind i cellen og at binde dem til det ønskede molekyle. Desværre har *S. pombe* cellen en meget stiv cellevæg og det er ikke trivielt at få guldkuglerne ind. Vi har etableret en

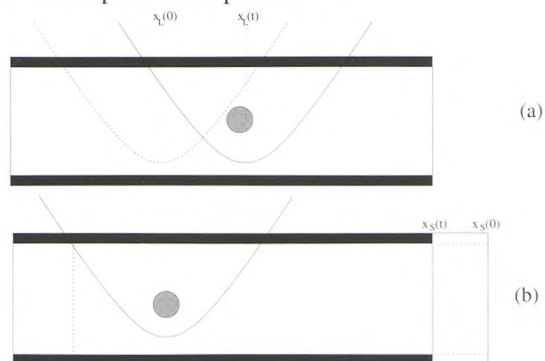
metode, som går ud på først enzymatisk at nedbryde det yderste lag af cellen, dernæst ved hjælp af en meget tynd glas pipette at injicere guld partiklerne, for til sidst at regenerere cellens ydervæg [9]. Metoden er illustreret i figur 3.

I nogle af de regenererede celler vil en eller flere guldpartikler forhåbentlig være bundet til organeller, der udtrykker GFP. Dette kunne være kernemembranen, hvorved vi har opnået det ønskede: En celle, med et håndtag fastgjort til cellekernen.

Kvantitativ kraftbestemmelse i en levende celle

Vi ønsker at udføre kvantitative målinger inde i den levende celle. Til dette formål benyttes den optiske pincet som et "kraft-meter". I indeværende afsnit skitseres nogle af de processer, man er nødt til at gennemgå for at karakterisere den optiske pincet og bruge den som kraftmåler inde i en levende celle, hvis indre, cytoplasmaet har både væskelignende (viskøse) og elastiske egenskaber. Med andre ord et "viskoelastisk" medium.

Vi betragter en partikel, der bevæger sig i et sådant viskoelastisk medie, mens den samtidig er fastholdt i fældepotentialet fra en optisk pincet. Hvis man forestiller sig at kombinere en række målinger på en sådan partikel, viser teoretiske og numeriske overvejelser, at det er muligt at bestemme såvel den optiske pincets som mediets nødvendige karakteristika [10]. Den foreslåede eksperimentelle protokol består af en kombination af to typer af målinger af tidsserier for positionen af partiklen. I type I måles positionen blot "passivt", idet man bestemmer tidsserier af partiklens position, mens den udfører Brownsk bevægelse pga. termisk støj i det viskoelastiske medie. I type II måles "aktivt": Her bestemmes partiklens respons når fældepotentialet translateres periodisk i forhold til partiklen, som skitseret i figur 4. Dette gøres igen ved at måle en tidsserie for partiklens position.

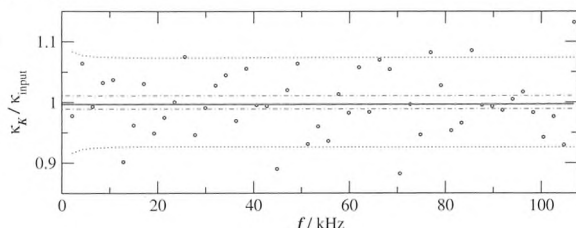


Figur 4. Principskitser, der illustrerer den aktive målestrategi, hvori partiklens relaxations til fældens midtpunkt måles. Der er mulighed for translation af enten fælde eller partikel. I (a) forestiller man sig at translater fældepotentialet fra $x_L(0)$ til $x_L(t)$, i (b) at translater prøvekommeret med partiklen.

Information om såvel fældens som mediets karakteristika opnås ved spektral analyse og en kombination af power- og relaxations-spektre for eksperimenter af type I og type II. Derved opnås først og fremmest et estimat af fældepotentialets fjederkonstant κ . Et estimat af κ_K opnås ved forskellige frekvenser, f_K , hvorefter disse

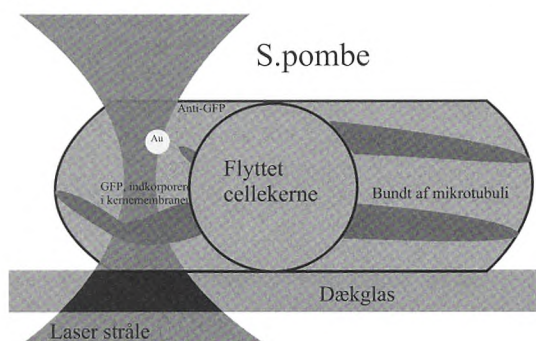
værdier kan midles til en gennemsnitlig værdi, $\kappa^{(av)}$ som illustreret i figur 5. Da cellen indeholder aktive processer, som typisk foregår ved lave frekvenser, er det oplagt at udelade disse lave frekvenser ved midlingen. Tilsvarende er det oplagt at udelade frekvenser, som er behæftet med anden form for eksperimentel støj. Dernæst kan de opnåede spektre udnyttes til estimerer for cytoplasma'ets viskoelastiske egenskaber.

Metoden er indtil videre efterprøvet ved numeriske simulationer, og figur 5 viser et eksempel på resultatet af en sådan.



Figur 5. Resultatet af en simulering hvor fældepotentialet er translateret periodisk. Datapunkterne viser forholdet $\kappa_K / \kappa_{input}$ og den "prikkede" linie indikerer den forventede stokastiske fejl. Den fuldt optrukne linie angiver forholdet mellem den gennemsnitlige værdi $\kappa^{(av)}$ og den korrekte værdi, κ_{input} . Den stiplede linie (dot-dashed) angiver den forventede stokastiske fejl på $\kappa^{(av)} / \kappa_{input}$.

Der vil snarest blive foretaget en eksperimentel eftervisning af metoden, dels i en *in vitro* opløsning af polymerer, der udgør en væsentlig del af cytoplasma, dels i levende celler. De foreslåede metoder til karakterisation af den optiske fælde kan også anvendes til *in vivo* undersøgelser af enkelte motorproteiner, der f.eks. kan mærkes med en quantum dot [11]. Sådanne eksperimenter kan tjene til sammenligning med tidligere, præcise bestemmelser af enkelte motorproteineres mekaniske karakteristika i *in vitro* eksperimenter.



Figur 6. Principskitse der viser et muligt eksperiment: Manipulation af cellekernen vha. en guldkugle, der er fastgjort til kernemembranen.

Celledelingens mekanik

Status er, at vi er i stand til optisk at fange guld-kuglerne samt at foretage en mikroinjektion i gær-cellen *S. pombe*. Desuden har vi teoretisk værktøj til at karakterisere den optiske fælde inde i det komplekse cytoplasma. I det videre forløb påtænkes forsøg i stil med det, som er skitseret i figur 6. Her er en guld-kugle forbundet med cellekernens membran og vi forestiller

os at guld-kuglen kan fungere som håndtag på cellekernen, som vi derved kan fastholde eller manipulere og således måle hvilke kræfter der udøves på kernen under celledelingsprocessen.

Kernen er bundet til mikrotubuli, som er dynamiske proteinfilamenter, der i *in vitro* eksperimenter konstant forlænges eller forkortes. I cellen forventes de at gøre det samme. Som illustreret i figur 6, fastholder mikrotubuli kernen mellem cellens ender. Hvis f.eks. et mikrotubulus forlænges mod cellevæggen til højre i figur 6, vil reaktionen fra cellevæggen give anledning til en kraft mod venstre på cellekernen. Det bliver spændende at sammenligne de kræfter vi kan måle *in vivo* med kræfter målt for enkelte mikrotubuli-bundter i *in vitro* systemer.

Når det er lykkedes at foretage kvantitative målinger inde i levende celler, f.eks. af mikrotubuli's kraftpåvirkning af cellekernen, ligger der et væld af cellulære processer, hvis nano-mekanik venter på at blive afdækket med tilsvarende undersøgelser. Ultimativt ønsker vi at undersøge cellens kontrolmekanismer i forbindelse med celledelingen, dvs. f.eks. også spillet mellem biokemiske og mekaniske processer i cellen.

Litteratur

- [1] L. Oddershede, KVANT, 2002 **1**, 3.
- [2] H. Flyvbjerg, L. Oddershede og K. Berg-Sørensen, KVANT, 2005 **2**, 6.
- [3] P. M. Hansen, T. W. Madsen og L. Oddershede KVANT, 2005 **4**, 14.
- [4] P. M. Hansen, V. K. Bhatia, N. Harrit og L. B. Oddershede, Nano Letters **5**, 1937 (2005).
- [5] K. Berg-Sørensen og H. Flyvbjerg, Rev. Sci. Instrum. **75**, 594 (2004).
- [6] J. Hayles and P. Nurse, Nature, Nature Reviews, **2**, 647 (2001).
- [7] I. M. Tolic-Nørrelykke, E.-L. Munteanu, G. Thon, L. Oddershede, og K. Berg-Sørensen, Phys. Rev. Lett. **93**, 078102 (2004).
- [8] I. M. Tolic-Nørrelykke, L. Sacconi, C. Stringari, I. Raabe og F. S. Pavone, Current Biology, **15**, 1212 (2005).
- [9] P. M. Hansen og L. B. Oddershede, SPIE proceedings **5930**, 1 (2005).
- [10] M. Fischer og K. Berg-Sørensen, indsendt til publikation.
- [11] X. S. Xie, J. Yu og W. Y. Yang, Science, **312**, 228 (2006).



Kirstine Berg-Sørensen er teoretisk fysiker, ph.d. og lektor ved Institut for Fysik, Danmarks Tekniske Universitet. Lene Oddershede er eksperimentalfysiker, ph.d. og lektor ved Niels Bohr Institutet. Sammen startede de i 1999 *Optisk Pincet Gruppen* ved Niels Bohr Institutet, på basis af en bevilling fra FREJA programmet.



Mario Fischer er teoretisk fysiker og ph.d.-studerende ved Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet og Institut for Fysik, Danmarks Tekniske Universitet.



Poul Martin Hansen er eksperimentalfysiker og har netop afleveret sin ph.d.-afhandling ved Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet.

Dansk Fysisk Selskab – Årsmøde den 19.-20. juni

Dansk Fysisk Selskab

Hjemmeside: www.dfs.nbi.dk

Jørgen Schou (formand)

Afd. for Optik og Plasmaforskning,
Forskningscenter Risø, Danmarks Tekniske Universitet
4000 Roskilde
E-mail: j.schou@risoe.dk
Tlf. 4677 4755 / Fax 4677 4565

Johannes Andersen (næstformand) (ja@astro.ku.dk)

Peter Balling (kasserer) (balling@phys.au.dk)

Kristian Pedersen (kp@astro.ku.dk)

Winnie Svendsen (ws@mic.dtu.dk)

Kim Lefmann (kim.lefmann@risoe.dk)

Sebastian Horst (shorst@cnd.ku.dk)

Henrik Stapelfeldt (henriks@chem.au.dk)

Martin Schmidt, repræsentant for fysiklærerne,
(Martin.Schmidt3@skolekom.dk)

Betal venligst dit kontingent til DFS til tiden enten via PBS eller det udsendte girokort. Selskabet har hvert år et stort arbejde med at sende rykkerskrivelser ud.

DFS årsmøde 2007

Dansk Fysisk Selskab afholder sit årsmøde 2007 på Hotel Nyborg Strand. Mødet starter tirsdag den 19. juni kl. 11 og slutter onsdag den 20. juni kl. 16. På andendagen afholder DFS sin årlige generalforsamling. Dagen før DFS-årsmødet, mandag den 18. juni, holder netværk for Kvinder i Fysik (KIF) sit årlige møde.

DFS-årsmødet vil indeholde følgende plenarforedrag: Chryssa Kouveliotou (Marshall Space Flight Center, NASA) *Gamma-ray bursts: The most distant signposts in our Universe*, Dmitri Svergun (DESY, Hamburg) *Small-angle scattering: studying biomolecular structure in solution*, Gerhard Meijer (Fritz Haber Institut (Max Planck Institut), Berlin) *Deceleration and trapping of polar molecules*, Colin Carlile (Lund University, Lund) (*Neutrons are beautiful*), Jens Als-Nielsen (NBI, Københavns Universitet) (*X-rays – in the past, now and in the future*). Der vil være et foredrag (*The ocean and global change*) som efter dinner talk af prodekan Katherine Richardson (København Universitet). Derudover vil der være parallelsessioner om astrofysik, atomfysik, faststoffysik, nanofysik, højenergifysik, biofysik samt uddannelse og undervisning. Sideløbende hermed vil forskningsresultater blive præsenteret som posters. DFS lægger herunder særlig vægt på at give yngre forskere mulighed for at præsentere deres resultater for en bredere kreds. Endelig vil en række firmaer demonstrere nyt forskningsapparat til en udstilling.

Alle landets fysikere opfordres til at deltage i Dansk Fysisk Selskabs årsmøde med indlæg og posters og ikke mindst til at bidrage til en livlig diskussion af spændende forskningsresultater.

Program

Årsmødeprogrammet findes på DFS's hjemmeside (www.dfs.nbi.dk). Det vil løbende blive opdateret i takt med modtagelsen af indsendte abstracts. Det endelige program forventes at være klart slutningen af maj.

DFS posterprisen 2007

DFS ønsker at opretholde det øgede fokus indledt sidste år på årsmødets postersession. Kriterierne, som komiteen efter bedste evne vil benytte under udvælgelsen af årsmødets bedste poster er følgende: Originalt videnskabeligt indhold, rimelig informationsmængde, æstetik, overskuelighed, struktur, 'special effects', og endelig er en engageret præsentation også et plus. Derfor skal posterforfatterne være til stede ved posteren i den ene af de to poster sessioner. De tre bedste poster vil udover den obligate vin- og chokoladepræmie også blive hædret med diplomer samt få tilbud om at publicere en kort redigeret version af posteren i Kvant. Vinderne kåres udmiddelbart efter DFS' generalforsamling.

Frist for tilmelding og indsendelse af abstracts

Fristen for tilmelding til årsmødet og for indsendelse af abstracts er **torsdag den 10. maj 2007**. Tilmeldinger modtages dog også efter denne dato, så længe der er plads på hotellet, men studerende kan ikke søge om friplads (se nedenfor) efter tilmeldingsfristens udløb. Også abstracts kan indsendes efter fristens udløb, men dels kommer disse ikke nødvendigvis med i abstractlisten og dels får indsenderen kun mulighed for en posterpræsentation.

Tilmelding, indkvartering, priser m.v.

Tilmelding til DFS/KIF-møderne foretages direkte til Hotel Nyborg Strand. Benyt venligst internet-linket til hotellet på DFS's hjemmeside (www.dfs.nbi.dk). Møderne samt indkvartering foregår på Hotel Nyborg Strand, Østerøvej 2, DK 5800 Nyborg. (tlf. +45 6531 3131, fax +45 6531 3701). Pris for mødedeltagelse, incl. eventuel overnatning og diverse måltider, fremgår af hjemmesiden. Betalingsmåder vil fremgå af hotellets bekræftelse, som fremsendes i slutningen af maj måned. Bemærk, at man frem til den 10. maj frit kan afbestille sin tilmelding, men **efter denne dato er tilmeldinger almindeligvis bindende**.

Fripladser for studerende: Søg inden den 10. maj!

For studerende, der ikke er indskrevet på Ph.D.-studiet, vil der være et antal fripladser. Ansøgning om en af fripladserne

sker automatisk ved at afkrydse den relevante rubrik på hjemmesiden/tilmeldingsskemaet. Studerende kan få friplads af DFS, og her er det en forudsætning, at man er medlem. Fripladserne vil blive fordelt kort tid efter tilmeldingsfristens udløb, og man vil modtage særskilt besked herom den 20. maj. Hvis pladserne er brugt op, har man fortsat mulighed for at deltage mod betaling som anført på tilmeldingsskemaet.

Abstracts

Abstracts indsendes via DFS' hjemmeside (www.dfs.nbi.dk). Fristen for indsendelse af abstracts er **torsdag den 10. maj 2007**. DFS' sektioner sammensætter programmet på grundlag af bl.a. de indsendte abstracts, og deltagerne vil få meddelelse herom, hvis deres bidrag er udvalgt til et foredrag. De øvrige bidrag (samt hvis man ikke ønsker foredrag) vil blive præsenteret i en posterudstilling. Posterboards er 1,15 m brede og 1,45 m høje, og de er hævet ca. 30-40 cm over gulvet. Se endvidere omtalen af DFS posterprisen 2007 ovenfor. De indsendte abstracts vil løbende være tilgængelige på internettet. Overhold venligst tidsfristen for rettidig indsendelse (se afsnittet om tidsfrister ovenfor).

Tilmelding til DFS Årsmøde,

den 19.-20. juni 2007, foregår direkte til Hotel Nyborg Strand via DFS' hjemmeside: www.dfs.nbi.dk

Priser

Bemærk, at DFS-medlemmer får rabat på deltagergebyret.

- Deltager (inkl. ph.d. studerende) med overnatning på enkeltværelse: DFS-medlem, 2.350 kr./ikke-medlem, 2.650 kr.
- Deltager (inkl. ph.d.-studerende) med overnatning på dobbeltværelse: DFS-medlem, 2.000 kr./ikke-medlem, 2.200 kr.
- Studerende med overnatning på delt tre-sengs værelse: DFS-medlem, 1.800 kr./ikke-medlem, 2.000 kr.
- Fysikstuderende (ikke ph.d) og medlem af DFS – kan søge DFS-friplads.
- Astronomistuderende (ikke ph.d) – kan søge IDA-friplads.
- Deltager (også studerende) uden overnatning: DFS-medlem, 1.450 kr./ikke-medlem, 1.750 kr.
- Deltager (også studerende) dagmøde; kun frokost; uden overnatning: 700 kr.
- Deltager (også studerende) dagmøde; frokost og middag; uden overnatning: 1.150 kr.

KIF-årsmødet 18. juni 2007

Tilmelding: Kun over DFS' hjemmeside. Her gælder deltagelse i KIF-årsmødet mandag 18. juni 2007 samt frokost og eftermiddagskaffe. Overnatning er natten mellem mandag og tirsdag (inkl. morgenmad).

- Deltager med overnatning på enkeltværelse; 1.200 kr.
- Deltager med overnatning på dobbeltværelse; 870 kr.
- Deltager uden overnatning; 330 kr.

Tilmelding på DFS-hjemmesiden www.dfs.nbi.dk

Sprog

Årsmødets sprog er engelsk. Enkelte sessioner, f.eks. indenfor uddannelse og undervisning, vil foregå på dansk. Deltagerne bedes indrette deres præsentationer efter, at hovedparten af tilhørerne er ikke-specialister i det behandlede emne.

Transport

Transport til/fra Nyborg sørger deltagerne selv for. Der vil ikke blive arrangeret bustransport mellem Nyborg Station og Hotel Nyborg Strand. Det tager kun 10-15 minutter at spadsere mellem station og hotel.

Yderligere information

Spørgsmål vedrørende årsmødet besvares ved at sende en e-mail til j.schou@risoe.dk. Benyt venligst kun denne adresse til henvendelser vedr. årsmødet.



KIF-årsmøde 18. juni 2007

Netværk for Kvinder i Fysik (KIF) afholder sit årsmøde mandag d. 18. juni 2007, ligeledes på Nyborg Strand. Mødet, der starter kl. 10, omfatter faglige foredrag af kvindelige fysikere. Inviterede foredragsholdere i år er: Signe Bech Andersen fra DMI, hendes primære forskningsområde er stratosfæren med fokus på ozonlaget og ozonnedbrydning. Signe havde en forsideartikel i Nature i 2006. Agnes Lundborg og Karin Schönning fra Uppsala Universitet, Sverige, med forskningsfelt inden for kernefysik vil tale om Maskros-fysikere (Mælkebøttefysikere). Prof. Chryssa Kouveliotou fra NASA Marshall Space Flight Center og (NSSTC), USA, vil afslutte mødet. Hendes hovedforskningsfelt er inden for astrofysik, men her vil hun tale om sin videnskabelige karriere fra ung fysiker i Grækenland til ledende internationalt anerkendt rumforsker ansat ved NASA. Vi afslutter dagen med middag i byen. Alle er velkomne til at overvære foredragene, og alle opfordres til at deltage i mødet med en poster; abstract indsendes via DFS' hjemmeside. Dagen afsluttes med et netværksmøde med yderligere udveksling af erfaring og diskussion. For yderligere information, kontakt venligst Winnie Svendsen, MIC, DTU. Tlf.: 45255731, e-post: ws@mic.dtu.dk. Tilmelding sker via DFS' hjemmeside. Se KIFs hjemmeside for løbende opdateret program, www.kif.nbi.dk, samt tidligere års programmer.

Fyraftensmøde i KIF

Kvinder i Fysik afholder torsdag d. 29. marts kl. 16.00 et møde med oplæg om: "Klimaforskning og klimapolitik" v. Katrine Krogh Andersen, i lokale 123 på Rockefeller, Juliane Maries Vej 30, 2100 København Ø.

Debatmøder i april

Dansk Fysisk Selskab holder to debatmøder: "De nye fysikstuderende – efter gymnasireformen", i København den 12. april, kl. 15 og i Århus den 18. april, kl. 15, hvor repræsentanter for fysiklærerne i gymnasiet og universitetslærere vil komme med et oplæg. Se i øvrigt DFS' hjemmeside: www.dfs.nbi.dk.

Debat om forskningspolitik

Af Jens Barfred, Rebæk Alle 20b, 2650 Hvidovre

Jesper Jensens indlæg i decembernummeret af Kvant, med overskriften "Gøgl, pisk og penge – nye styringsredskaber i forskningspolitikken", provokerer mig fordi det består af en række påstande, som jeg synes det kunne være på sin plads at få dokumenteret ordentligt. Som indlægget er nu, virker det først og fremmest som udslag af frustration, men uden det nødvendige belæg for frustrationen.

Jesper Jensens overordnede betragtning er, at den eneste forskning der er noget værd er den fri forskning. Den giver resultater, men nogle gange først på langt sigt. Fri forskning er for Jesper Jensen karakteriseret ved, at den ikke er prioriteret af udefra kommende personer. Prioriteringerne foretages af forskerne selv først og fremmest. Den har adgang til de nødvendige midler. Den er uberegnelig. Den er uden for politisk kontrol. Den skal ikke måles i forhold til anvendelighed og kommerciel værdi. Den behøver ikke at formidles. Jesper Jensens påstand er at denne forskning giver de bedste resultater.

Jeg kunne godt tænke mig at få dette bedre belyst. Er det sandt at dette er tilfældet? Jeg tvivler på det.

For mig er fri forskning en utopi, og jeg har min tvivl om, hvorvidt den nogensinde har eksisteret. Forskning er selvfølgelig målrettet. I målrettet forskning har nogen prioriteret for forskerne og institutionerne. Heldigvis! Dem der betaler er også dem der har lov til at prioritere. Vi prioriterer gennem et politisk system bestående af politikere og embedsfolk. Efter min mening har vi ikke nok målrettet forskning. Havde vi det kunne vi måske gøre en større indsats for fattigdom, sygdomme, hygiejne, vedvarende energi osv. At målrettet forskning kan føre til resultater er der masser af eksempler på fx: aids-forskning, krigsteknologi.

Det er ikke lige meget hvem der definerer målene. Derfor er det nødvendigt, at åbne dørene for erhvervsverdenen, den offentlige verden og den politiske verden. Det er i disse verdener at behovene for ny viden registreres og målene kan sættes i en ordentlig prioritering.

I indledningen til indlægget, fremføres disse påstande:

- Der er en stigende forarmning af forskning
- Grundforskning nedprioriteres
- Der er mere politisk styring af institutioner og den enkelte forsker
- Seriøst videnskabeligt arbejde mistænkeliggøres.

Disse påstande – og indtil der kommer dokumentation betragter jeg dem som påstande – vil det være godt at få nogle beviser for. I mit sprog betyder forarmning at der lidt efter lidt kommer færre penge. Er det rigtigt, at der kommer færre og færre penge til forskning? Jeg vil gerne se belæg for, at grundforskning nedprioriteres. Jeg kan sagtens forstå – og tro – at der er en omprioritering inden for grundforskning, men det er jo ikke det samme som nedprioritering. Egentlig kan jeg ikke se noget galt i, at der etableres forskning der er målrettet mod et særligt emne og med en særlig vinkel. Det er et bestilt arbejde. Det er ok for mig. Om det er en fond, som fx Rockwoolfonden der bestiller og betaler forskningen eller en offentlig instans er ligegyldigt. De personer der påtager sit jobbet påtager sig jo også at forvalte dette job på en ordentlig måde. Kan vi ikke stole på at de vil gøre det?

At seriøst videnskabeligt arbejde mistænkeliggøres – taget som en fuldstændig generalitet kan jeg ikke tage som andet end en sur påstand. Vis det! Hvis det er tilfældet.

Jesper Jensen siger på den ene side at formidling af forskningsresultater er spild af tid. På den anden side ønsker han at flere kender til videnskabeligt arbejde for at øge forståelsen heraf. På hvad niveau findes overensstemmelsen i disse udsagn.

Tilbage til målretning og prioritering af forskning. Jeg tror det er en god idé, at få forskellige mennesker – med forskellige baggrunde – til at være prægende for målene og prioriteterne. Derfor er jeg positiv over for, at forskningsinstitutionerne får bestyrelser med en bredere sammensætning. Det er også naturligt, at se om bevillingssystemet skal ændres så det bedre passer til en målrettet forskning.

Min bekymring er ikke at den fri forskning går tabt og forsvinder, den bør ikke eksistere som begreb. Min bekymring er at det ikke kommer til at gå hurtigt nok med at få åbnet forskningsverdenen ud mod de mennesker der skal bruge resultaterne.



Jens Barfred er cand.mag i dansk og filmvidenskab og har master i Læreprocesser. Han arbejder med undervisning, projektledelse og e-learning. Web-site: e-lector.dk.

Stjerner som ville dø i fred afsløres ved gamma-stråling

Af Christina C. Thöne, Daniele Malesani og Dong Xu, Dark Cosmology Centre, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet

Vores viden om gammaglimt er måske knap så god som astronomerne troede, i hvert fald for de langvarige gammaglimt. Nye observationer viser at de måske ikke alle optræder sammen med en supernova – i modsætning til hvad tidligere observationer ellers tydede på.

Hvad er gammaglimt?

I 1960'erne kredsede militær satellitter rundt om Jorden for at måle efter gammastråling fra forbudte nukleare testsprængninger i rummet. Heldigvis fandt de ingen, men i stedet opdagede de et nyt, spændende fænomen i verdensrummet: tilsyneladende tilfældige udbrud af højenergetisk gammastråling der hverken stammede fra Solen eller Jorden. Det tog næsten tredive år at løse gåden om hvad disse gammaglimt egentlig er. Kun i det seneste tiår har det været muligt for astronomerne at gøre virkelige fremskridt i forståelsen af gammaglimt. Vi ved nu at gammaglimt (eng.: Gamma-Ray Burst, GRB) er utroligt kraftige eksplosioner i fjerne galakser som for en kort tid producerer mere lys end alle de andre stjerner i deres galakse tilsammen, og de er måske de mest energirige begivenheder i Universet siden Big Bang. Derudover er vi kommet en del nærmere forståelsen af hvad der sker når et gammaglimt går af. Gammaglimt er observeret til at have en varighed fra nogle få millisekunder op til mange minutter og kan groft deles ind i to grupper efter deres varighed: korte (under 2 sekunder) og lange (over 2 sekunder) gammaglimt. For begge typer gammaglimt tyder meget på at selve gammastrålingen kommer fra en jet af materialet fra et "objekt" – som man antager at være en eller anden type af en kollaberende stjerne – hvor det bliver accelereret til næsten lyshastighed¹.

Korte og lange glimt, supernova eller ej?

For kun tre år siden fandt vi det første bevis på hvad modellerne havde forudsagt, nemlig at de langvarige gammaglimt optræder i forbindelse med en supernova. Når store, tunge stjerner dør – dvs. når de løber tør for fusions-brændstof i deres indre – kaster de en del af deres materiale ud i rummet hvilket giver en kraftig optisk lysudsendelse som kaldes for en "supernova".

Supernovae er blevet detekteret også i galakser nær os, men uden medfølgende gammaglimt, hvilket indikerer at der skal være helt specielle betingelser opfyldt for at supernovae og gammaglimt følges ad. Hvordan vidste vi at vi havde fundet et gammaglimt med en supernova? Når man observerer hvordan lysudsendelsen af et gammaglimt udvikler sig med tiden (den såkaldte "lyskurve"), så ser vi to komponenter: Først falder lyskurven meget kraftigt og følger en aftagende potenslov på grund af vekselvirkningen af

det hastigt ekspanderende stof fra gammaglimtet med det omgivende interstellare materiale. Når lysstyrken, efter nogle dage eller uger, er faldet tilstrækkeligt, kommer en anden komponent til syne i lyskurven som stammer fra supernovaen. I en supernova, stiger lysudsendelsen i det optiske bølgelængdeområde over flere uger til det når et maksimum og derpå falder langsomt igen. Dette forløb fører til et "bump" i gammaglimtets nedad-gående lyskurve op til flere uger efter selve gammaglimtet. Dette bump kan observeres når gammaglimtet ikke ligger for langt væk, ellers er supernovaen for svag for at blive observeret med de tilgængelige instrumenter.

For de kort-varige gammaglimt er mekanismen mindre sikker, men den model som er mest sandsynlig og som passer bedst med observationerne indikerer, at glimt kommer fra sammenstød af to kompakte objekter – to neutronstjerner eller en neutronstjerne og et sort hul. Da disse objekter er meget små er tidsskalaerne også mindre end ved de store stjerneeksplosioner. Ved denne model forudsiges der ingen væsentlig udsendelse af materiale ved eksplosionen der forventes derfor ingen medfølgende supernova emission i overensstemmelse med observationerne.

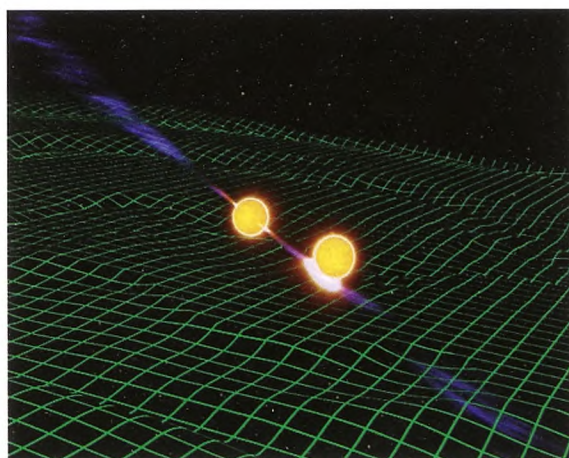
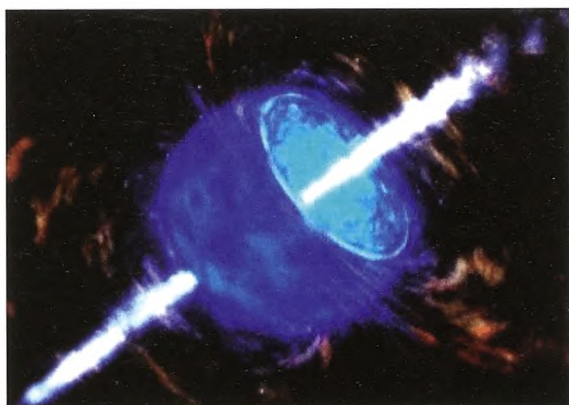
En ny overraskelse på vej

Denne inddeling i forskellige modeller baseret på gammaglimtets varighed var accepteret frem til 2006. Så overraskede naturen os på ny med de lange gammaglimt og astronomerne er nu igen forvirrede. I maj og juni 2006 opdagede Swift satellitten, som har jagtet gammaglimt siden slutningen af 2004, to nære gammaglimt som så ud til at være velegnede for en supernova søgning – det var GRB 060505 og GRB 060614². Umiddelbart var de to gammaglimt meget forskellige. Det første bestod af en relativt kort (4 s), svag, enkelt skarp udsendelse af gamma-stråler mens det andet var meget længere (102 s) med en længere, kompleks serie af gammaemissioner.

Astronomer fra hele verden brugte en række forskellige teleskoper for at finde supernovaen. Blandt dem var de "virkeligt store" som ESOs 8m VLT-teleskoper i Nordchile men også det lille men meget effektive danske 1,54 m-teleskop på La Silla/Chile – hvor der på det tidspunkt befandt sig danske astronomer, som søgte efter ekstrasolare planeter og de brugte deres "ekstra tid" på at følge op på disse to spændende gammaglimt.

¹For mere information om selve gammaglimtene se [1].

²Gammaglimt eller GRBs får navn efter opdagelsens dato, GRB 060505 blev f.eks. detekteret den 5. maj 2006.



Figur 1. Simuleringer af et langvarigt og et kort-varigt gammaglimt. Modellen for det korte gammaglimt viser også rumtidsfladen som er kraftigt forstyrret når to neutronstjerner støder sammen. (credits: NASA og John Rowe Animation)

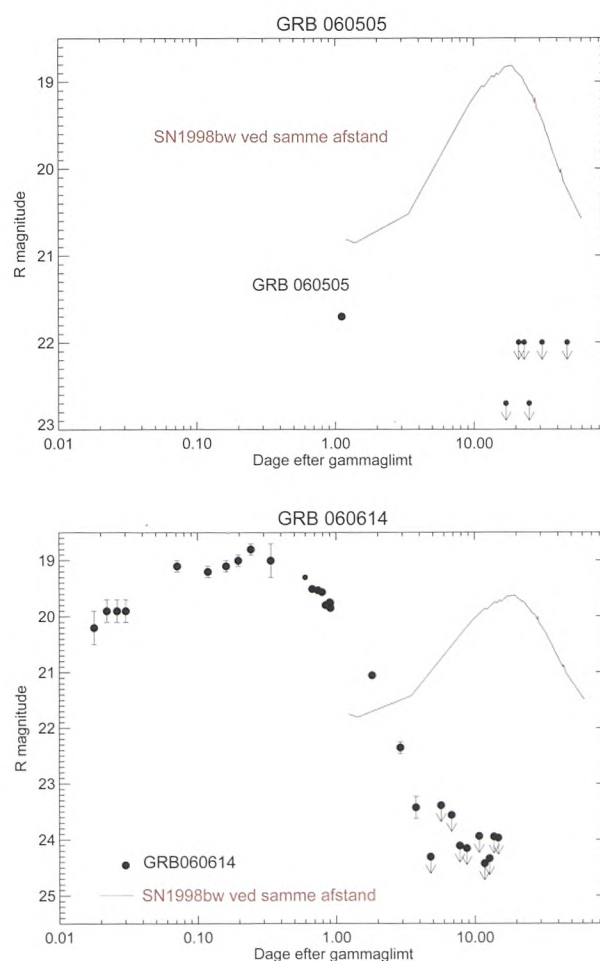
Egentlig forventede vi at se et nyt maksimum, supernova-bumpet, i den optiske emission 10 til 20 dage efter gammaglimtet, men lyskurven fortsatte ufortrødent med at falde. De to glimt var så nær ved hhv. 1,3 og 1,8 mia. lysår at vi kan sætte den øvre grænse for lysudsendelsen af en mulig supernova til at være mindre end en hundrededel af en “vanlig” gammaglimt-supernova (se figurer 2a og b).

Langvarige gammaglimt og ingen supernova – enkle forklaringer...

Men hvad var så årsagen til at vi ikke så nogen supernova? Var der støv i vejen som gjorde det optiske lys fra gammaglimtene svagere? Eller var gammaglimtene egentlig længere væk end vi troede? Er det muligt at begge gammaglimt kom fra sammenstød af to kompakte objekter som muligvis er årsagen til de korte gammaglimt? Eller har vi opdaget en ny klasse af gammaglimt? For at finde nogle svar på det har astronomerne undersøgt gammaglimtenes omgivelser i deres værtsgalakser. Galaksernes egenskaber nær stedet hvor gammaglimtene gik af kan fortælle noget om de stjernepopulationer som giver ophav til gammaglimtet.

Forskellige typer stjerner udsender lys i forskellige farver. Tunge stjerner som producerer supernovae er normalt meget varme og det meste lys bliver udsendt

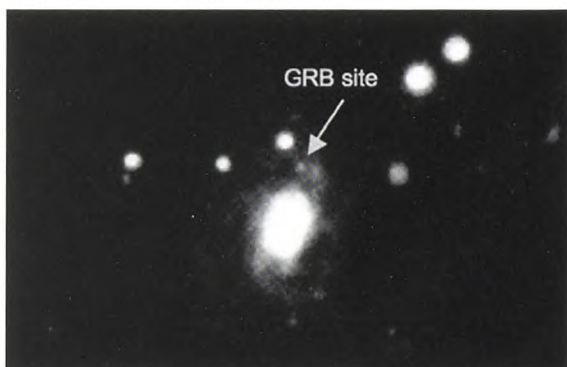
i det blå område. Mindre stjerner derimod er koldere og har en rød farve. Begge gammaglimtenes værtsgalakser ser ud til at indeholde et større antal unge stjerner. Især for GRB 060505 er der et stort, ungt, stjernedannende område i en spiralarm netop på det sted hvor gammaglimtet blev fundet. Dette stjernedannende område er meget forskelligt fra den øvrige galakse. Det er blevet bekræftet gennem analysen af spektre fra forskellige områder i værtsgalaksen. Kemiske grundstoffer som brint og ilt danner nogle meget kraftige linjer på en bestemt bølgelængde, men kun hvis det interstellare materiale er blevet varmet kraftigt op af unge stjerner i nærheden. Disse særlige spektral-linjer er blevet fundet i spektrene af begge de mærkelige gammaglimt.



Figur 2. Lyskurverne for de to supernova-løse gammaglimt (i sort) og til sammenligning lyskurven af hvordan en supernova som blev observeret sammen med et gammaglimt (SN 1998bw – rød kurve), havde set ud hvis den var eksploderet på samme afstand som hhv. GRB 060505 og GRB 060614. På nogle af de sene observationer kunne gammaglimtet ikke blive detekteret og der er derfor nogle øvre grænser angivet (sorte piler). Lysstyrken på y-aksen er målt i R-bånd (rød lys) og angivet i magnituder som er en logaritmisk skala hvor stjernen Vega har mag 0 og svagere objekter positive værdier.

Flere analyser af værtsgalakserne og det optiske lys fra gammaglimtene selv udelukker nogle af de “enkle” forklaringer på de “manglende” supernovae. For

begge gammaglimt er der ikke meget støv i området rundt om gammaglimtet og det kan derfor ikke bare skyldes formørkende støv at det ikke var muligt at observere nogle supernovae. GRB 060614 ligger lidt udenfor sin værtsgalakse og værtsgalaksen for GRB 060505 er set fra toppen. Analysen af gammaglimtenes eftergløder viser, at der ikke fandtes meget støv mellem gammaglimtene og os. Begge gammaglimt er også nært tilknyttet en galakse og sandsynligheden for, at de faktisk eksploderede bag deres formodede værtsgalakser og at galaksen bare tilfældigvis lå mellem os og gammaglimtet der så lå meget længere væk, er meget lille, specielt for GRB 060505.



Figur 3. Værtsgalaksen for GRB 060505 er en relativt nærtliggende spiralgalakse hvor man ser at gammaglimtet gik af i et ungt, stjernedannende område i den øvre spiralarm. Et andet stort, blåt stjernedannende område ligger lidt til højre for eksplosionsstedet i samme spiralarm mens resten af galaksen ikke indeholder mange unge stjerner.

... eller behøver vi en ny model?

Hvad kan vi nu sige om oprindelsen af disse to mærkelige gammaglimt? De er begge to gået af i stjernedannende galakser, især GRB 060505 befandt sig i et område med mange unge, tunge stjerner, og vi ved at tunge stjerner dør i kraftige eksplosioner. Hvad er der sket? En tung stjerne kan i følge nogle modeller for eksempel falde sammen til et sort hul uden at give ophav til en stor supernova. Det kan ske under specielle omstændigheder hvor gravitationstiltrækningen er så stor at stjernens ydre materiale ikke kommer langt nok væk fra stjernen førend det falder tilbage ind i det nydannede sorte hul, en såkaldt "fall-back supernova" hvor eksplosionen da ikke ville kunne observeres i synligt lys. Gammaglimtet ville da være det eneste signal som kom fra den døende stjerne og den eneste mulighed for at observere dens endeligt. Men det er ikke det eneste scenario.

Der er teoretikere der mener at det kan skyldes en variation af modellen for korte gammaglimt – ved et sammenstød mellem to kompakte objekter. Det er dog meget svært at forklare hvordan man får en udsendelse af gammastråling så langvarig som de 102 s for GRB 060614 som varede 100 gange længere end man ville forvente for en sådan model. Et andet problem er at stjernerne i området for GRB 060505 er meget unge og det giver ikke tilstrækkeligt med tid til at producere to kompakte objekter og have dem til at støde sammen. En endelig konklusion er meget svær. Mange nye

eksempler af denne slags gammaglimt er måske bare derude i rummet og venter på at blive opdaget. De vil føre os til en ny og bedre forståelse af gammaglimtenes ophav. Naturen har altid nye overraskelser og vi skal altid tænke på og teste nye muligheder for hvad vi observerer.

Det arbejde som er beskrevet i denne artikel er blevet publiceret i tidsskriftet "Nature" den 21. December 2006 under ledelse af Johan P.U. Fynbo. Flere artikler fra artiklens tre forfattere om disse mærkelige gammaglimt er i forberedelse. Mange tak til Brian L. Jensen fra DARK for gennemlæsning og rettelse af de sproglige fejl i den danske version. Uddybende artikler og hjemmeside findes i litteraturlisten nedenfor.

Litteratur

- [1] Wikipedia artikel, http://en.wikipedia.org/wiki/Gamma-ray_burst
- [2] NASAs indledning til gammaglimt, http://imagine.gsfc.nasa.gov/docs/science/know_11/bursts.html
- [3] New Journal of Physics, fokus på gammaglimt, <http://www.iop.org/EJ/abstract/1367-2630/8/7/E01>.

Christina C. Thöne er fra Tyskland og ph.d.-studerende ved Dark Cosmology Centre ved Niels Bohr Institutet i København. Hun er særligt interesseret i høj opløste optiske spektre fra gammaglimt og deres værtsgalakser og er bl.a. involveret i konstruktionen af den nye "x-shooter"-spektrograf til VLT. Hun tager gerne selv på observationstur til de store teleskoper eller lader andre observere når et nyt gammaglimt går af.



Daniele Malesani er fra Italien og har en postdocstilling ved Dark Cosmology Centre. Han arbejder på et stort observationsprojekt med VLT for at få informationer fra så mange værtsgalakser som muligt. Ellers er han én af de ivrigste til at følge op på gammaglimtets efterglød – også midt om natten.



Dong Xu er fra Kina og ph.d.-studerende ved Dark Cosmology Centre. Hans ene interesse er at modellere gammaglimtenes lyskurver for at finde ud af hvilke mekanismer der får dem til at afvige fra enkle potenslove. Derudover forsøger han at anvende gammaglimt for at få informationer om Universets udvikling som man forsøger det med supernova.



Den globale opvarmning

Af Katrine Krogh Andersen, Miljøstyrelsen

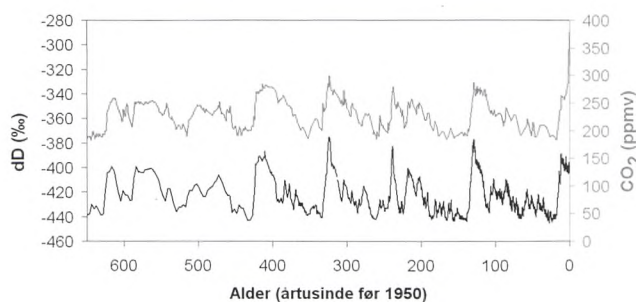
I de senere år er det blevet mere og mere tydeligt, at klimaet er under forandring. FN's klimapanel udgav i februar 2007 første del af sin Fjerde Hovedrapport om den naturvidenskabelige baggrund for de globale klimaforandringer. I denne artikel gennemgås væsentlige udsagn fra den nye rapport, og selve IPCC processen beskrives.

Indledning

De seneste år har vejrmæssigt været præget af klimatiske rekorder, ikke blot i Danmark, men i store dele af verden. År 2006 var på verdensplan det sjette varmeste år registreret siden målingerne startede i 1850, og 11 ud af de seneste 12 år er blandt de varmeste registrerede. I blandt andet Danmark og USA blev 2006 det varmeste år nogen sinde registreret, og i 2007 har store dele af alperne været uden sne indtil et godt stykke ind i januar måned. Mange steder på den nordlige halvkugle blomstrede forårsblomsterne længe før tid. Alle disse faktorer kan ses som led i den globale opvarmning, som i disse år bliver mere og mere tydelig. FN's klimapanel udsender i år sin Fjerde Hovedrapport (se boks) om den naturvidenskabelige forståelse af de globale klimaforandringer, og i den første delrapport, som blev udgivet i starten af februar blev det blandt andet slået fast, at menneskelige aktiviteter har haft en opvarmende effekt på Jordens klima siden år 1750, og at det meste af opvarmningen siden midten af det 20. århundrede med over 90 % sikkerhed er menneskeskabt.

Tidligere tiders klimaforandringer og observerede ændringer

Jordens klima har altid varieret, og i den seneste million år har det svinget mellem varmeperioder af omkring 10.000 års varighed og istider af 100.000 års varighed. Dette ses blandt andet ud fra klimakurver fra iskerneboringer i Grønland og Antarktis.

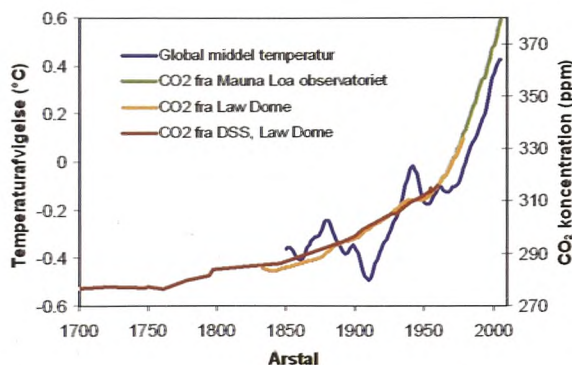


Figur 1. Klimakurver fra Antarktiske iskerneboringer. Det relative indhold af deuterium i isen, δD , hænger tæt sammen med temperaturen da sneen blev dannet. Det ses her, at koncentrationen af CO_2 i luftboblerne i isen svinger i takt med temperaturen igennem de seneste 650.000 år, og at den nuværende koncentration af CO_2 i atmosfæren ligger væsentligt over det naturlige niveau. (Data: EPICA, Vostok og Mauna Loa).

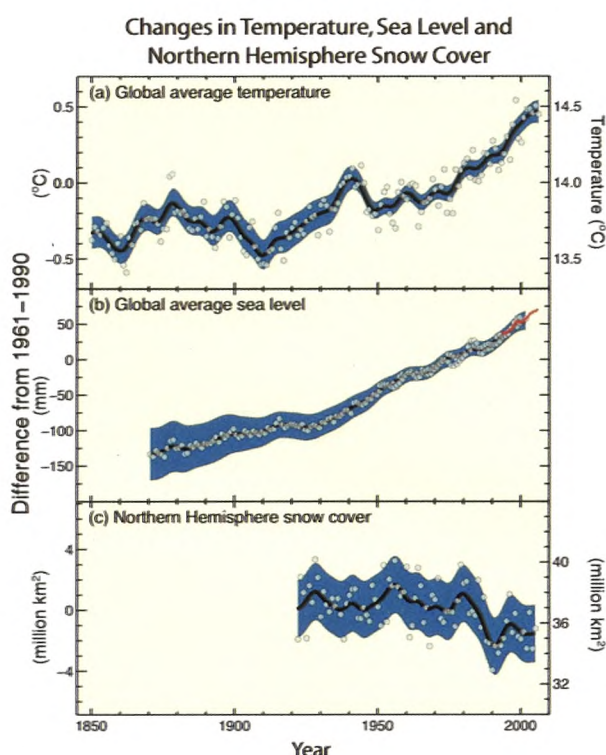
Figur 1 viser således hvordan mængden af CO_2 i atmosfæren og temperaturen har svinget stort set i takt igennem de seneste 650.000 år. Såvel metan (CH_4), som kuldioxid (CO_2) har en forholdsvis lang levetid i atmosfæren, hvilket gør, at gasserne er nogenlunde velblandede i atmosfæren og koncentrationen er derfor stort set den samme over hele kloden. For de naturlige klimasvingninger over de seneste hundredetusinder af år ligger mængden af drivhusgasser indenfor et veldefineret interval. Siden omkring år 1750, er koncentrationen af drivhusgasser i atmosfæren dog steget voldsomt (figur 2), hovedsageligt på grund af menneskelige aktiviteter. Stigningen i CO_2 skyldes ifølge den netop udgivne første del af IPCC's fjerde hovedrapport hovedsageligt afbrændingen af fossile brændstoffer, og ændringer i arealanvendelse, for eksempel skovhugst, hvorimod stigningen i CH_4 hovedsageligt tilskrives landbruget. CO_2 koncentrationen i atmosfæren er i dag 380 ppm, og CH_4 koncentrationen er 1774 ppb. Samlet set svarer den menneskeskabte drivhuseffekt i dag til ca. 430 ppm CO_2 ækvivalenter.

IPCC

FN's Klimapanel, IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) blev i 1988 nedsat af *World Meteorological Organisation* (WMO) og *United Nations Environment Programme* (UNEP). IPCC offentliggør i løbet af 2007 den fjerde hovedrapport (*4th Assessment Report – AR4*) om globale klimaforandringer [1]. De tidligere hovedrapporter kom i 1990, 1995 og 2001. Derudover er der udgivet forskellige sær-rapporter, f.eks. om ozonlaget, udledningsscenarioer og lagring af CO_2 i undergrunden. IPCC's rolle er, at give samlede vurderinger af relevante emner i forhold til de globale klimaforandringer. Vurderingerne er baseret på offentliggjort videnskabeligt, teknisk og samfundsøkonomisk materiale, og indebærer altså ikke i sig selv ny forskning eller overvågning. Hovedrapporterne er fordelt på tre arbejdsgrupper, hvoraf den første beskæftiger sig med den (natur-)videnskabelige baggrund for de globale klimaforandringer, den anden med påvirkninger, tilpasning og sårbarhed, og den tredje med mulighederne for mod-virkning af klimaforandringer. Sammenfatningen for beslutningstagere (SPM) for den første del af den fjerde hovedrapport, fra første arbejdsgruppe, blev frigivet i februar 2007, og de to næste følger i løbet af foråret. I alt har over 800 forfattere og 450 hovedforfattere bidraget til AR4, og over 2500 eksperter har kommenteret rapporterne.



Figur 2. Den globale middeltemperatur siden år 1850 vist som afvigelsen fra gennemsnittet over 1961-90 (se også figur 3) og CO₂-koncentrationen i atmosfæren siden 1700. (CO₂ data: David Etheridge et al, CSIRO og C.D. Keeling et al, SIO; temperatur data: CRU).



Figur 3. Observerede klimaændringer siden 1850. a) Den globale middeltemperatur ved Jordens overflade baseret på instrumentelle temperaturmålinger. For perioden inden 1850 er man henviset til rekonstruktioner baseret på forskellige temperaturindikatorer, hvis man vil have et billede af den globale middeltemperatur. b) Ændring i det globale havniveau siden 1870. Den røde kurve er fra satellitmålinger, c) Snedækket på den nordlige halvkugle for marts-april. Alle værdier er angivet som afvigelser fra gennemsnittet over perioden 1961-90. (Kilde: IPCC).

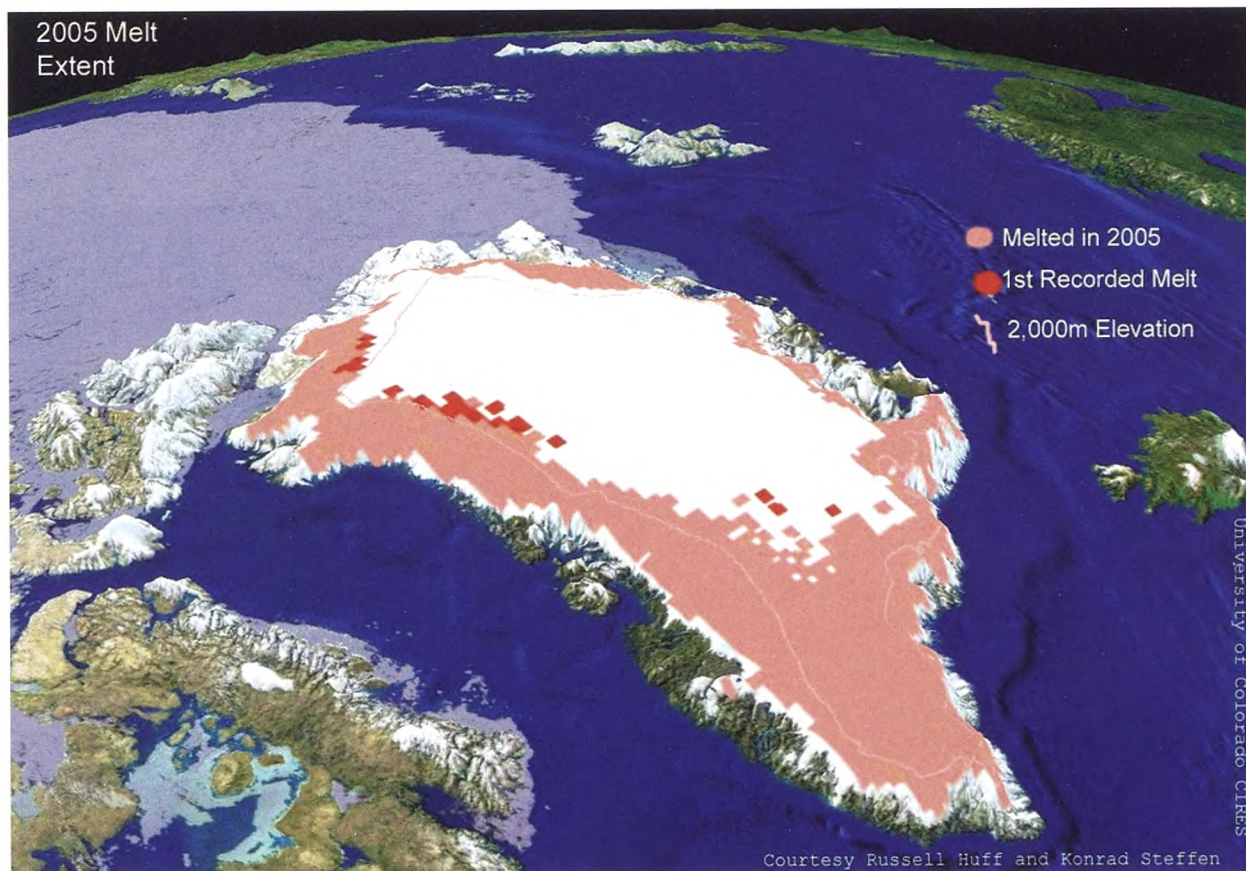
Figur 3 viser, at den globale middeltemperatur ligeledes er steget markant. I perioden 1906-2005 steg temperaturen med 0,74 °C. Den første stigning skete omkring 1910 til 1940, og den anden begyndte efter 1950. Temperaturstigningen i anden halvdel af det 20. århundrede falder sammen med den kraftigste stigning i koncentrationen af CO₂ i atmosfæren (figur 2). Det er da også hovedparten af denne del af temperaturstigningen, som i den nye rapport med 90 % sandsynlighed tilskrives

menneskelig aktivitet. Udover, at temperaturen på Jordens overflade som helhed er steget, er der markante variationer i stigningen. I det arktiske område er temperaturstigningen næsten dobbelt så stor som på kloden som helhed, og generelt er stigningen større over land end over havet. Det anslås, at havet har absorberet 80 % af den ekstra energi, som er tilført klimasystemet på grund af den ændrede strålingsbalance i atmosfæren som følge af de stigende drivhusgaskoncentrationer.

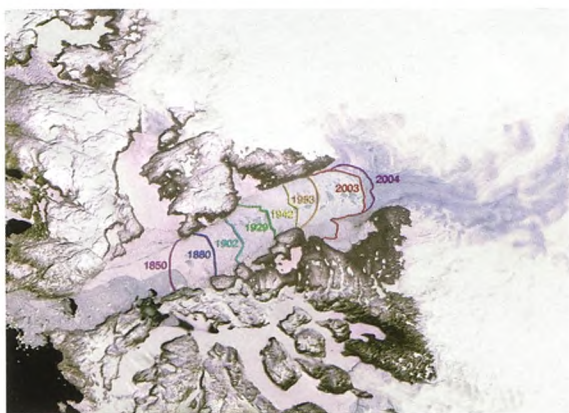
Vandstandsstigninger

Som det fremgår af figur 3b er vandstanden i verdenshavene ligeledes steget over det seneste århundrede. Stigningen var på 0,17 m i det 20. århundrede, men denne stigning er ikke foregået jævnt. Set over hele perioden 1961-2003 var stigningsraten således 1,8 mm om året, men denne rate har været væsentligt højere i det seneste årti. I perioden 1993-2003 steg vandstanden med 3,1 mm året. Omkring halvdelen af vandstandsstigningen skyldes termisk udvidelse af havvandet. Opvarmningen af havvandet siden 1961 er målt ned til en dybde på omkring 3000 m. En vigtig årsag til den hurtigere stigningsrate i det seneste årti er, at massetabet fra gletschere og iskapper har været tiltagende. Smeltningen fra gletschere og iskapper udenfor Grønland og Antarktis bidrager i dag med omkring 0,7 mm om året til vandstandsstigningen. En nylig opgørelse viste, at dette tal dækker over store forskelle. Således har det relative massetab fra gletschere i Patagonien samt Alaska og det nordvestlige USA/sydvestlige Canada været størst for den undersøgte periode (siden 1960). Kun i Europa og Andesbjergene (nord for Patagonien) har gletscherne massebalance været tæt på 0 indtil midt i 1990'erne, hvorefter den ligeledes har været negativ. I Europa dækker dette over, at gletscherne i Skandinavien generelt har modtaget mere nedbør end tidligere, og derfor samlet har haft en positiv massebalance, hvorimod gletscherne i Alperne er skrumpet kraftigt.

For iskapperne i Grønland og Antarktis har der i mange år været tvivl om fortegnet på massebalancen, men de nyeste undersøgelser viser en negativ massebalance for begge de store iskapper, selvom der er stor variabilitet fra år til år. I rapporten anslås iskapperne i Grønland og Antarktis således hver især at have bidraget med 0,21 mm om året til vandstandsstigningen for 1993-2003. I Grønland har nedbøren været tiltagende midt på iskappen, men smeltningen er øget ved randen, hvilket er illustreret på figur 4. Her vises ud fra satellitmålinger området hvor der er registreret smeltning for sommeren 2005. Afsmeltningsområdet strækker sig et godt stykke over 2000 m højde, og år 2002 og 2005 udviser da også den største afsmeltningsrate ud af de 27 år, der er undersøgt. Udover smeltning fra selve indlandsisen bidrager hurtigtflydende randgletschere til den negative massebalance. Fronten af både Helheim og Kangerdlugssuaq gletscherne har trukket sig kraftigt tilbage i de senere år (flere kilometer om året), men også her er der stor variabilitet, og tilbagerækningen ser ud til at have været mindre i år 2006, end i de foregående år.



Figur 4. Området på Grønland hvor der ud fra satellitmålinger er observeret mindst en dag med overfladesmeltning. (Kilde: Russell Huff and Konrad Steffen, CIRES).



Figur 5. Jakobshavns isbræ med markering af isfronten for diverse årstal. De forskellige farver markerer positionen af isfronten siden år 1850. (Kilde: NASA).

Fronten af Jakobshavn isbræ har ligeledes trukket sig kraftigt tilbage over de sidste mange år, hvilket er illustreret i figur 5. Tilbagetrækningen var på 8 km mellem år 2001 og 2003, og isen ved isfronten bevæger sig nu med en hastighed på op til 15 km om året, hvilket vil sige næsten 2 m i timen. Jakobshavn isbræ dræner ca. 7 % af den grønlandske indlandsis, og er den hurtigstflydende isbræ på den nordlige halvkugle.

Den arktiske havis er ligeledes aftaget over de seneste årtier (3 % pr. årti) og ifølge den nye IPCC rapport kan den forsvinde helt om sommeren omkring år 2100. Havisen bidrager dog ikke til det stigende vandspejl. På Antarktis udgøres det observerede mas-

setab hovedsageligt af hurtigtflydende randgletschere, samt formindskelse af flydende istunger.

Forudsigelser for det 21. århundrede

Forudsigelser for det fremtidige klima er i den nye IPCC rapport hovedsageligt baseret på beregninger med 14 såkaldte AOGCM (Atmosphere-Ocean General Circulation Model) klimamodeller. I disse modelkørsler forudsætter man, at de globale udledninger af drivhusgasser vil følge nogle forskellige scenarier beskrevet i en særlig IPCC rapport fra år 2000, *Special Report on Emission Scenarios* (SRES). Dette er alle realistiske scenarier for den fremtidige globale samfundsudvikling med varierende befolkningsudvikling, intensitet i anvendelsen af fossile / alternative energiformer, teknologiske fremskridt, og fokus på lokale versus globale løsninger på forskellige udfordringer. Ingen af disse scenarier tager højde for politisk indgriben i forhold til den globale opvarmning.

Uafhængigt af hvilket scenarium der anvendes viser klimamodellerne en fortsat opvarmning på 0,2 °C pr. årti over de kommende 20 år. Selv hvis koncentrationen af drivhusgasser og aerosoler i atmosfæren var blevet stabiliseret på niveauet fra år 2000 måtte man forvente en fortsat opvarmning på 0,1 °C pr. årti på grund af forsinkelser og tilbagekoblinger i klimasystemet. Den totale opvarmning over det 21. århundrede (2090-2099 i forhold til perioden 1980-1999) beregnes til at ligge mellem 1,1 °C og 6,4 °C, og hvis man kun ser på

de mest sandsynlige udfald for hvert scenarium ligger intervallet på 1,8-4,0 °C. Dette spænd dækker dog igen over en stor spredning. Således varmes landoverfladen markant kraftigere end havoverfladen, og i Arktis ligger forudsigelserne på 2-8 °C. Nordatlanten sydøst for Grønland og det Sydlige Ocean omkring Antarktis opvarmes mindre end de omkringliggende områder på grund af nedsynkningen af havvand i forbindelse med dybvandsdannelsen. Selvom dybvandsdannelsen i Atlanterhavet med over 90 % sandsynlighed forventes at aftage over det 21. århundrede (en reduktion på op til 25 %) er en brat overgang til et andet regime, i stil med hvad der skete under sidste istid, meget usandsynligt. Forståelsen af kulstofkredsløbet i klimasystemet er blevet væsentligt forbedret i løbet af de senere år, og de nye beregninger viser, at en øget mængde af CO₂ i atmosfæren, og den medfølgende opvarmning fører til, at der optages mindre kulstof i havene og biosfæren. Kulstofkredsløbet er således en positiv tilbagekobling i klimasystemet, og for nogle af scenarierne indebærer tilbagekoblingen en ekstra opvarmning på over én grad celsius.

Globalt set forventes vandstanden fortsat at stige i det indeværende århundrede. Modellerne forudsiger en stigning på 0,18-0,59 m for 2090-2099 i forhold til 1980-1999. Forudsigelsen for vandstandsstigningen tager dog ikke højde for massetab fra Grønlands og Antarktis' iskapper, da disse indtil videre ikke simuleres tilfredsstillende i klimamodellerne. Derudover er de dynamiske processer i de hurtigtflydende randgletschere ikke forstået tilstrækkeligt godt til, at de kan indgå i beregningerne. Dette betyder også, at klimamodellerne ikke reproducerer den øgede vandstandsstigning i det seneste årti i forhold til tidligere tider. Hvis man tager højde for disse processer ved at ekstrapolere den øgede stigning i forhold til de forventede temperaturstigninger anslås det i rapporten, at forudsigelserne for vandstandsstigningen skal øges med 0,1-0,2 m. Sammenligninger med tidligere tiders vandstandsstigninger kan dog føre til væsentligt højere vurderinger af kommende ændringer. For eksempel var temperaturen over Grønland under den forrige varmeperiode Eem for 120.000 år siden omkring 5 °C højere end i dag, og samtidig var vandstanden 4-6 m højere. En sådan stigning kan dog kun forventes, hvis den højere temperatur består henover årtusinder.

IPCC i det politiske system

IPCC-rapporterne er vurderinger af publiceret videnskabelig litteratur, og præsenterer dermed ikke i sig selv ny forskning eller nye data. Den nye rapport om den naturvidenskabelige basis for klimaforandringerne er skarpere i mange af udmeldingerne, end de tidligere rapporter har været, hvilket både skyldes flere og bedre data og flere og mere avancerede klimamodeller. Konklusionerne rykker dog ikke væsentligt på tidligere konklusioner, hvilket er et tegn på, at de beskrevne processer er forholdsvis velforståede.

Når den nye IPCC-rapport har fået stor bevågenhed, så er det dels fordi den giver samlet overblik over

forståelsen af og status for de igangværende klimaforandringer. Dette overblik er skabt ved en omfattende international proces med deltagelse af over tusind forskere (se boksen på første side). Derudover er IPCC rapporterne vigtige dokumenter i den politiske proces for at håndtere klimaforandringerne. Således blev FN's rammekonvention om klimaforandringer [2] vedtaget i 1992 to år efter udgivelsen af den første IPCC hovedrapport, og Kyoto Protokollen blev vedtaget i år 1997 to år efter udgivelsen af den anden hovedrapport. På nuværende tidspunkt er der i det politiske system fokus på de kommende forhandlinger om en ny global klimaafnæftale, som gerne skulle træde i kraft efter Kyoto Protokollen udløber i år 2012. Selvom det kan virke underligt ud fra et videnskabeligt synspunkt er det derfor en væsentlig pointe, at sammenfatningen for beslutningstagere for IPCC rapporterne godkendes af repræsentanter fra de lande, som indgår i WMO og UNEP. Disse repræsentanter er generelt velkvalificerede eksperter, for eksempel fra de meteorologiske institutioner, og deres godkendelse sikrer, at det endelige dokument er et fælles regeringsgodkendt dokument, som kan bruges som grundlag for kommende forhandlinger.

Litteratur

- [1] www.ipcc.ch
- [2] www.unfccc.com
- [3] KVANT har tidligere udgivet to særnumre om klima: KVANT nr. 3-4 (2001).



Katrine Krogh Andersen er klimaekspert i Miljøstyrelsen og tidligere forskningslektor i Is og Klima gruppen på Niels Bohr Institutet.

KVANT-priser

Abonnement kan enten ske via én af udgiverforeningerne eller ved at tegne direkte abonnement (160 kr.) via hjemmesiden, www.kvant.dk.

Løssalg: Prisen på et nummer af KVANT (fra årgang 2007) er 45 kr. plus forsendelse. Bestilling sker ved henvendelse til Lene Körner (koerner@mat.ku.dk).

Større partier: Ved køb af større partier (mindst 30 stk.), er prisen 35 kr. pr. blad plus forsendelse.

Ældre numre: Blade der er på lager af årgang 1990-2005 sælges for 15 kr. pr. stk. plus forsendelse. Årgang 2006 koster 40 kr. pr. blad.

Udsolgte numre: Årg. 1997: nr. 4; 1998: nr. 3,4; 1999: nr. 4; 2000: nr. 1,2; 2003: nr. 1; 2005: nr. 1,3.

Næsten komplette sæt: Et mindre antal 'næsten komplette' sæt sælges for 750 kr. pr. sæt inklusiv forsendelse. Sættet indeholder KVANT, årgang 1990-2005, bortset fra 10-15 udsolgte numre.

Betaling: Sker ved girokort, som vedlægges bladene.

LED lyskilder til styring af krysantemumvækst

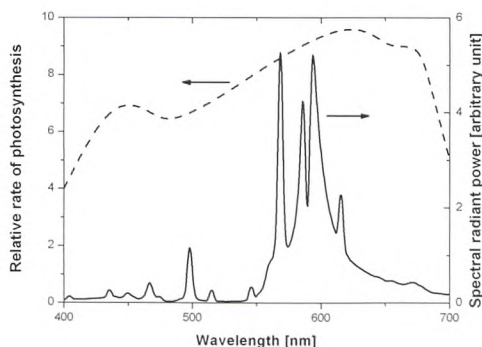
Af Birgitte Thestrup og Carsten Dam-Hansen, Forskningscenter Risø, DTU og Janni Bjerregaard Lund, Det Biovidenskabelige Fakultet (tidl. KVL), Københavns Universitet

LED lyskilder har et stort kommercielt potentiale som kunstlyskilde til potteplanteproduktion her i Danmark. I denne artikel beskriver vi et nyt LED lyskildesystem til fotosynteseforsøg hvor det er muligt, at styre lysets irradians og spektralfordeling i et klimakammer med krysantemumplanter. Disse specialudviklede LED lyskilder giver mulighed for, at få detaljeret viden om hvordan forskellige lysforhold påvirker planterne. Hensigten er at designe kunstlyset til en bestemt potteplanteplante, således at planternes fotosyntese og planteformning optimeres.

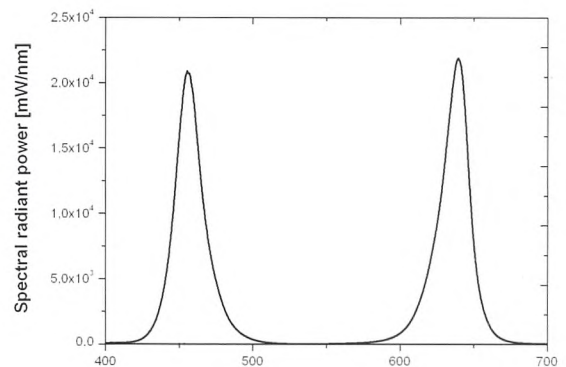
Indledning

Siden forskergrupper på Wisconsin University og NASA Kennedy Space Center i begyndelsen af 90'erne påbegyndte en række forsøg med LED lys til plantevækst i rummet [1,2], er der sket en rivende udvikling på LED området. Fra at være en ret energineffektiv lyskilde med et lysudbytte på få lumen per Watt (lm/W) fås i dag høj-effekts LED'er med et typisk lysudbytte på 50 lm/W, og effektiviteten af LED'er forventes i 2012 at nå op på 150 lm/W ifølge en lys-teknologi "roadmap" rapport fra The U.S. Department of Energy [3]. Dette vil svare til 10 gange effektiviteten af en almindelig 60 W glødepære og langt overgå effektiviteten af lysstofrør, der ligger på 50-100 lm/W. I takt med at LED'er er blevet mere effektive, er de begyndt at afløse og udkoncurrere traditionelle typer af lyskilder i en lang række anvendelser. Et af de områder, hvor LED'er er blevet kommercielt interessante indenfor de seneste år er indenfor væksthushproduktion af nytte- og pryplanter.

I Danmark har vi en stor væksthushproduktion af potteplanter, alene i 2003 udgjorde værdien af potteplanteproduktionen i nærheden af 3 mia. kr. For at få ensartede planter af høj kvalitet hele året, belyses disse i vintermånederne med kunstlys, hvilket betyder at gartnerierne har et stort el-forbrug til belysning (99 kWh/m² i 2004 i gennemsnit). Det er dog kun en mindre procentdel af det kunstlys, der benyttes i dag, som potteplanterne rent faktisk kan udnytte til fotosyntesen.



Figur 1A. Måling af spektralfordeling af en højtryksnatriumlampe (HPS) i PAR-området. Til sammenligning er skitseret fotosyntesens middelvirkningsspektrum for 20 forskellige afgrøder (baseret på data fra [4]).



Figur 1B. Måling af spektralfordeling for henholdsvis en blå og rød høj-effekts LED.

I figur 1A er vist en målt spektralfordeling i det synlige område for en højtryksnatriumlampe (HPS), som er den kunstlyskilde, der primært benyttes i væksthuse i dag. I samme figur er til sammenligning skitseret et middelvirkningsspektrum for fotosyntesen af 20 forskellige afgrøder. Under fotosyntesen benytter planter energi i hele det synlige område af spektret fra 400 nm til 700 nm, men dog primært i det blå og det røde område af spektret, eftersom lyset fortrinsvis absorberes af de to grønne pigmenter klorofyl a og b. Klorofyl a har absorptionstoppe ved 435 nm og 665 nm, mens klorofyl b har absorptionstoppe ved 465 nm og 640 nm [4]. Højtryksnatriumlampen er mest effektiv i det gul-orange område, som ligger uden for de ovennævnte absorptionstoppe. Derudover har lampen en relativ stor varmestråling, som ikke kan ses i figuren. Dette, samt tab i lampen, betyder, at det er en begrænset del af lampens elforbrug, der går til energi som direkte kan anvendes af potteplanterne. Til sammenligning er i figur 1B vist målte spektralkurver for henholdsvis en blå og en rød høj-effekts LED, hvis spektre med peakbølgelængder på 455 nm og 639 nm dækker begge toppe i fotosyntesens virkningsspektrum i modsætning til højtryksnatriumlampens spektrum.

På trods af, at højtryksnatriumlamper er særdeles energi-effektive (se boks 1), forventes det, at potteplanteplanteplante, der belyses med LED lyskilder med et spektralt design tilpasset potteplantens virkningsspek-

trum, vil kunne udnytte 25-33 % af lampernes energiforbrug i fotosyntesen med de LED'er, der findes i dag. Det er en virkningsgrad, der matcher den der opnås med højtryksnatriumlamper, og virkningsgraden for LED lyskilder forventes at stige i de kommende år. LED lyskilder har desuden den fordel frem for højtryksnatriumlamper, at lyset ikke indeholder varmestråling og derfor kan lyskilderne placeres tæt på planterne, hvilket gør lyskilderne interessante til f.eks. plantetransport. For en given potteplanteekultur, er det derfor interessant at bestemme den optimale LED spektralfordeling og det optimale lysintensitetsniveau for fotosyntesen.

Boks 1: Lidt om LED lys

Lysemitterende dioder (LED'er) anses af mange som værende fremtidens belysningsteknologi på grund af en række fordele ved disse relativt nye lyskilder i forhold til traditionelle lyskilder. LED'er er kompakte, robuste enheder med høj lysstrøm, høj energieffektivitet, ingen IR-lysstråling og UV-stråling, lang levetid på 20.000-50.000 timer og mulighed for dæmpning. Effektiviteten af LED'er afhænger af farven og ligger i området fra 15 lm/W for blå LED'er og op til omkring 100 lm/W for rød/orange LED'er. Den totale lysudstråling fra de kraftigste LED'er ligger over 100 lm.

LED'er er halvlederkomponenter, som udsender lys i et snævert spektralområde med en bredde på 20-30 nm. Der fremstilles LED'er i en lang række forskellige farver, som i det synlige område dækker farverne blå, cyan, grøn, orange, rød/orange og rød.

Effektivitet af lyskilder til plantebelysning:
(enheder forklares i boks 2)

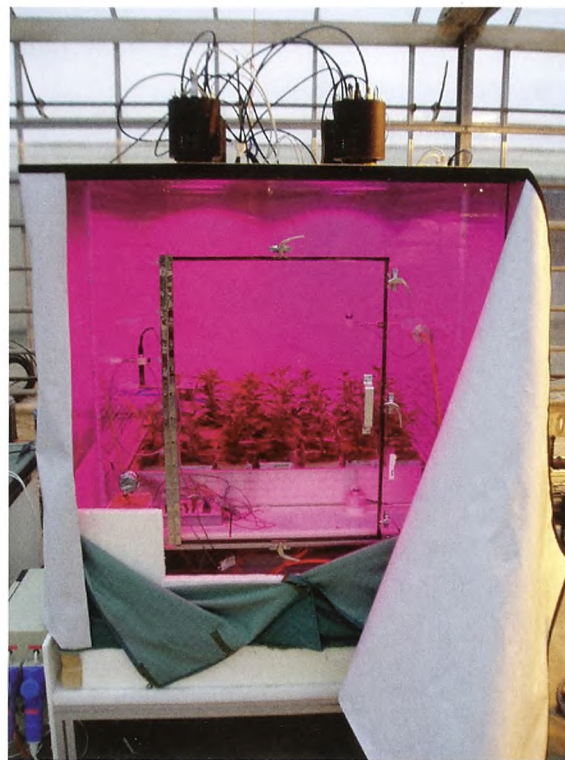
Lyskilde	Effektivitet	
	$\mu\text{mol/s/W}$	lm/W
HPS	1,9	140
Lysstofrør	1,2	50-100
Rød LED	1,1	50-70
Blå LED	0,8	10-15

LED lyskilder til klimakammerforsøg

Hos Institut for Jordbrugsvidenskab på KVL er i foråret 2006 igangsat et tværfagligt projekt i samarbejde med Forskningscenter Risø, Dong Energy, RGB lamps og Dansk Erhvervsgartnerforening omkring elbesparelser i væksthuse med LED vækstlys systemer. En del af projektet går ud på at udvikle LED lyskilder til styring af krysantemumvækst, hvor målet i første omgang er at fastlægge det optimale forhold mellem blåt og rødt LED lys for fotosyntesen i en Krysantemum plantebestand. Et forhold, der ikke kendes præcist eftersom det afhænger af plantearten og eftersom der forventes at være mindre forskelle selv imellem sorter af samme planteart. Et højt indhold af blåt lys i dagtimerne vides at give mere kompakte planter.

På længere sigt er målet at udvide undersøgelserne

med LED lys ved andre bølgelængder såsom i det grønne og dybrøde område. Grønt lys absorberes af planternes gul-orange pigmenter, karotenoiderne, og indvirker derved også på fotosyntesen. Dybrødt lys (omkring 660 nm) påvirker fotoreceptoren fytochrom, der blandt andet regulerer strækningsvæksten. Hvis strækningsvæksten kan hæmmes via LED lys, vil det på sigt kunne reducere brugen af retarderingsmidler ("stråforkortere") i potteplanteproduktionen.



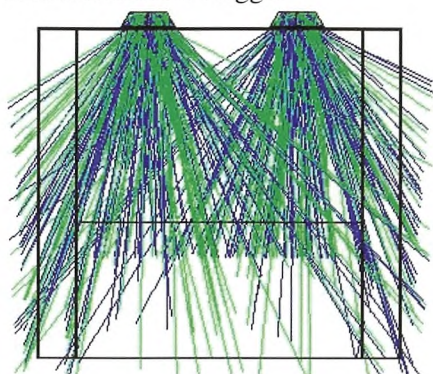
Figur 2. Klimakammer med plantebakke og LED lys. De nyudviklede LED lyskilder er monteret lige over kammeret og selve kammeret kan afdækkes med lystæt stof.

Ved hjælp af et klimakammer, som er specialudviklet på KVL [5] er det muligt relativt at bestemme fotosynteseraten løbende for en potteplantebestand ved at måle planternes CO_2 -udveksling med omgivelserne. I klimakammeret, som er vist i figur 2, kan parametre som luftens temperatur, CO_2 -koncentrationen, luft flowet og vandingen kontrolleres. Ved at placere specialudviklede blå-røde LED lyskilder over kammeret og overdække kammeret med lystæt stof er det muligt at styre irradiansen og spektralsammensætningen af lyset i kammeret. Derved kan planternes CO_2 -udveksling bestemmes som funktion af blå-rødt forholdet i LED lyset.

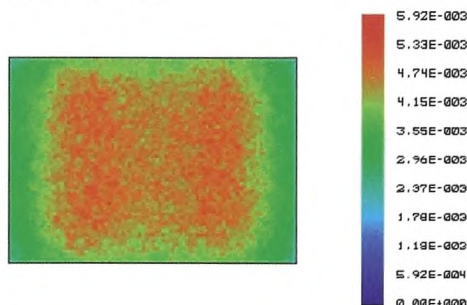
For fotosynteprocesserne i Krysantemum forventes det optimale forhold af blåt lys i forhold til den samlede lysmængde af rødt og blåt lys at ligge i området mellem 5 og 35 % målt i $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$ (enheden forklares i boks 2). Det er derfor et krav, at LED lyskilderne som minimum kan styre blåforholdet indenfor disse grænser. For at opnå pålidelige resultater, er det desuden vigtigt, at belysningsniveauet (irradiansen) ligger væsentlig højere end lyskompensationspunktet, som er det punkt hvor fotosyntesen lige balancerer planternes

respiration. En egentlig plantevækst foregår kun ved irradiansværdier, der ligger over dette punkt, som er i størrelsesordenen $50\text{--}80 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ i en plantebestand.

Ved hjælp af computermodellering er det muligt at bestemme og optimere LED lyskildedesignet, så det overholder de belysnings- og designkrav, der er fastsat i forskningsprojektet omkring irradiansniveau, spektralsammensætning, blå-rødt forhold og fysiske dimensioner. Figur 3A viser et layout af en tredimensional model af klimakammeret med fire "optimerede" LED lyskilder med reflektorenheder. Modellen er opbygget i et optisk designprogram, hvor det er muligt at simulere irradiansfordelinger i forskellige detektorplaner ved at modellere lysstrålers udbredelse gennem brugerdefinerede optiske systemer, idet der tages hensyn til bl.a. brydning, refleksion og absorption af lysstrålerne i de forskellige optiske elementer. Hver enkelt lyskildemodul er baseret på i alt 72 tætpakkede røde og blå højeffekts LED'er, der hver udsender $500\text{--}600 \text{ mW}$ ved en operationsstrøm på 700 mA . I modellen er det antaget, at lysudstrålingsfordelingen fra en enkelt LED kan tilnærmes lysudstrålingsfordelingen fra Lambertstråler, hvis strålingsstyrke aftager med cosinus til udstrålingsvinklen. Reflektorenheden hørende til hver lampe er bl.a. designet ud fra et ønske om at undgå totale interne refleksioner af lyset i klimakammerets polycarbonat topplade samt at reducere lystabet ud gennem klimakammerets vægge.

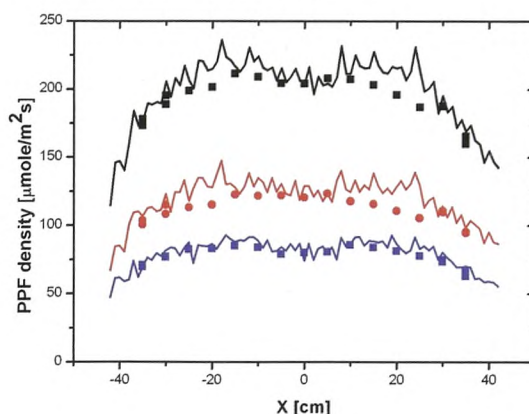


Figur 3A. Model layout af klimakammeret – set fra siden – med de fire "optimerede" LED lyskilder, hvor udvalgte blå og røde lysstråler er indikeret med hhv. blå og grønne farver. De to bagerste lyskilder kan ikke ses i dette layout. Den sorte vandrette streg midt i modellen angiver et detektorplan placeret i planteniveau.



Figur 3B. Simuleret irradiansfordeling i planteniveau for et areal svarende til plantebakken. Røde farver svarer til høj irradians, grønne til middel irradians og blå til svage eller ingen irradians. Det maksimale irradiansniveau er $5,92 \text{ mW}/\text{cm}^2$ i denne simulering, hvor lyskildernes effekt ligger på 44 % af totaleffekten.

Figur 3B viser en tilhørende simuleret irradiansfordeling i planteniveau over det område, der svarer til plantebakkens størrelse og placering i klimakammeret. Som det ses i figuren opnås en pæn homogen fordeling af lyset fra de fire LED lyskilder over stort set hele det område, hvor der skal placeres planter.



Figur 4. Simulerede (fuldt optrukne linier) og målte (punkter) PPF tæthedfordelinger langs en centerlinie i planteniveau for henholdsvis blå, rødt og blå + rødt LED lys.

Boks 2: Måleenheder for plantelys

Mennesker og planter er følsomme over for lys i næsten den samme del af fotonspektret. Denne del af det synlige spektrum fra 400 nm til 700 nm betegnes PAR-området for Photosynthetic Active Region. Men der er stor forskel på planter og menneskers respons overfor lys i dette område, og derfor også i hvordan lysmængden måles og angives. I radiometriske målinger angives en lyskildes udsendte effekt i W og effekttæthed i W/m^2 . I fotometriske målinger tages højde for øjets lysfølsomhed, som er maksimal i det grønne spektralområde ved 555 nm , her måles effekten fra en lyskilde i lumen (lm) og effekttætheden som kaldes illuminans i $\text{lm}/\text{m}^2 = \text{lux}$. For biologiske processer er den mest almindeligt benyttede enhed μmol fotoner (10^{-6} fotoner = $6,023 \cdot 10^{17}$ fotoner). En lyskildes udsendte effekt, som kaldes photosynthetic photon flux (PPF) måles i $\mu\text{mol}/\text{s}$ og effekttætheden benævnes photosynthetic photon flux density (PPFD) og måles i $\mu\text{mol}/\text{s m}^2$.

Ved benyttelse af et kalibreret spektroradiometersystem kan den spektrale strålingsstrøm $\Phi_\lambda(\lambda)$ [W/nm] fra en lyskilde måles. Da strålingsenergien af $1 \mu\text{mol}$ fotoner ved bølgelængden λ er givet ved:

$$E_{\mu\text{mol}} = 10^{-6} N \frac{hc}{\lambda} \quad (1)$$

kan den spektrale PPF, dvs. antallet af fotoner pr. sekund pr. nanometer beregnes ud fra

$$\Psi_\lambda^{\mu\text{mol}}(\lambda) = \frac{\Phi_\lambda(\lambda)}{E_{\mu\text{mol}}} = \frac{\Phi_\lambda(\lambda)\lambda}{10^{-6}Nhc} \quad (2)$$

Den samlede photosynthetic photon flux eller PPF i PAR området er så givet ved:

$$\Psi_{\text{PAR}} = \int_{400\text{nm}}^{700\text{nm}} \frac{\Phi_\lambda(\lambda)\lambda}{10^{-6}Nhc} d\lambda \quad (3)$$

Ud fra de simulerede irradiansfordelinger samt målinger af den totale spektrale strålingsflux for henholdsvis blå og røde dioder, er det muligt at beregne estimerede fotosyntetisk foton flux (PPF) tæthedsfordelinger i planteniveau fra de modellerede LED lyskilder (se boks 2). Figur 4 viser sådant et eksempel på estimerede PPF tæthedsfordelinger for blå og rødt LED lys langs en centerlinie i den 85 cm brede plantebakke i planteniveau. I eksemplet er irradiansfordelingen taget fra simuleringen i figur 3B ved at udtage dataværdier langs centerlinien i figuren. Som det ses af figur 4 er der i denne simulering valgt en blå-rød indstilling, der giver et relativt højt blåforhold – omkring 40 %.

En tilsvarende spektrometrisk måling af PPF tæthedsfordelingerne for henholdsvis blå og rødt LED lys langs den faktiske centerlinie i klimakammeret er vist i samme figur. LED lyskilderne er her indstillet til samme effektniveau som der er brugt i simuleringen. Som det ses i figuren er der en god overensstemmelse mellem faktiske PPF tætheder og simulerede PPF tætheder.

Over hele plantebakken, på nær et mindre kantområde, opnås et relativt jævnt belysningsniveau på 150-200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$. Dette niveau ligger væsentligt over lyskompensationspunktet som ønsket, hvilket illustrerer, at det udviklede LED lyskildedesign er velegnet til at udføre fotosyntesemålinger i klimakammeret.

Afrunding

De nyudviklede LED lyskilder til styring af krysantemumvækst er installeret i KVL's klimakammer i december 2006. Lyskilderne, der er udviklet på Risø, gør det muligt at styre irradiansen og spektralsammensætningen af lyset i kammeret. De egentlige fotosyntesemålinger for forskellige blåforhold i LED lyset for en krysantemumbestand begynder i foråret 2007. De indledende tests af LED lyskilderne viser, at der kan opnås belysningsniveauer i klimakammeret på over 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$, hvilket er tilstrækkeligt til forsøgene. Fotosyntesemålingerne skal benyttes til at bestemme det optimale blå-røde lysforhold for en krysantemumbestand og herefter skal lamperne afprøves i egentlige væksthuse med potteplanter, hvor indflydelsen af dagslyset også skal tages med i overvejelserne.

Projektet beskrevet i denne artikel er finansieret af PSO midler fra Dansk Energi-Net under projekt nr. 338-022. En stor tak rettes til alle der har bidraget til udvikling af LED lyskilderne.

Litteratur

- [1] D.J. Barta, T.W. Tibbitts, R.J. Bula, R.C. Morrow (1992), Evaluation of light emitting diode character-

istics for a space-based plant irradiation source, Adv. Space Res. **12**, 141-149.

- [2] G.D. Massa, J.C. Emmerich, R.C. Morrow, C.M. Bourget, C.A. Mitchell (2006), Plant-Growth Lighting for space life support: A Review, Gravit. Space Biol. **19**, 19-30.
- [3] Light Emitting Diodes (LEDs) for General Illumination, Ed. by J.Y. Tsao (Optoelectronics Industry Development Association 2002), http://www.netl.doe.gov/ssl/workshop/Report%20led-%20November%202002a_1.pdf.
- [4] K.J. McCree (1972), The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants, Agric. Meteorol. **9**, 191-216.
- [5] L. T. Jensen, E. Rosenqvist, J.M. Aaslyng (2006), A daylight climate chamber for testing greenhouse climate control strategies and calculating canopy carbon dioxide exchange, Hort. Technology **16**, 1-8.



Birgitte Thestrup er seniorforsker og hendes forskningsområder er diodelasersystemer til bl.a. industrielle anvendelser samt nye LED lyskilder til generelle belysningsformål.



Carsten Dam-Hansen er seniorforsker og arbejder med direkte laserskrivning af optiske elementer samt anvendelser af lysdiodeteknologi til en række belysningsformål i samarbejde med dansk industri.



Janni Bjerregaard Lund, cand. hort., forsker i regulering af plantevækst ved hjælp af ændringer af lysets spektralfordeling.

Totalanalyse-systemer med biologiske anvendelser

Af Winnie E. Svendsen, MIC – Institut for Mikro- og Nanoteknologi, DTU, og Maria Dimaki, MIC – Institut for Mikro- og Nanoteknologi, DTU

Totalanalyse-systemer har modtaget stor opmærksomhed de seneste år. I denne artikel forsøger vi at illustrere potentialet for totalintegrerede systemer inden for biologiske analyser, med kromosomanalyse som eksempel. Artiklen gennemgår de overvejelser der er nødvendige for at integrere en biologisk analyse på en chip, herunder de faktorer som er nødvendige at undersøge inden design og fabrikation kan påbegyndes. Det er f.eks. forbehandling og kendskab til fundamentale fysiske egenskaber af det biologiske materiale, overfladebehandling af chippen, og endelig analysemetoden. Dette giver et interessant samspil på tværs af de forskellige naturvidenskabelige fagområder.

Indledning

Når vi får taget en blodprøve hos lægen, forestiller vi os, at prøven lander i hænderne på en laborant i hvid kittel, der skal håndtere en masse reagensglas, for til sidst at sætte nogle store maskiner i gang med at analysere de mange prøver. Vi ved, at svaret hverken kommer i dag eller i morgen, men måske først en gang i næste uge.

Det ville være rart for såvel patient som for behandler, hvis svaret af medicinske tests kunne falde inden for timer efter prøven er taget. Ved at kombinere mikro- og nanoteknologi med sundhedsvidenskabelig forskning og diagnostik, synes det at være muligt inden for en kort årrække. Vi beskriver her et tværfagligt projekt, hvor forskning inden for biologi, medicin, fysik og teknologi kombineres til en ny forbedret analyse af mutationer – og specifikt translokationer – i de humane kromosomer.

Konceptet er at lave et integreret totalanalyse-system, som er både effektivt, hurtigt, reproducerbart og brugervenligt. Analysen af det genetiske materiale skal helst kunne foretages uden den store tekniske viden, og det simpleste udgangspunkt er derfor at bruge en blodprøve fra patienten. Målet er billedligt, at man injicerer en bloddråbe i den ene ende og får svar ud i den anden ende af en mikrochip – kort sagt et laboratorium på en chip.

Kromosom totalanalyse system

Vores genetiske fingeraftryk eller DNA er gemt inde i vores celler i mikrostrukturer – kendt som kromosomer. Mange sygdomme er relateret til mutationer i kromosomerne, og det er derfor interessant på en effektiv måde at kunne kortlægge disse mutationer.

Når en celle deler sig, undergår det genetiske materiale, som er en del af hver celle i kroppen, en kopiering og deling. Resultater er to ens celler med en præcis kopi af det genetiske materiale. Under denne proces kan fejl – såkaldte mutationer – opstå, og selv om cellerne er gode til at opdage disse fejl og rette dem, vil nogle fejl overleve og blive nedarvet til dattercellerne.

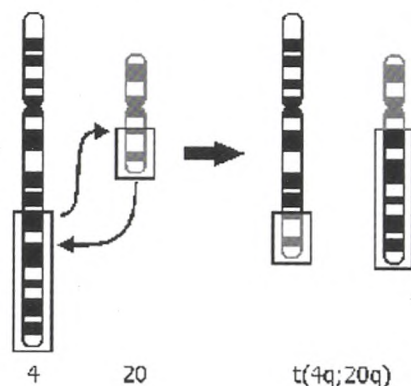
De fleste mutationer er harmløse. Gennemsnitlig har vi alle 50-100 harmløse mutationer. Det er disse

mutationer, der over tid fører til menneskets udvikling – eller evolution. Dette er altså menneskers og dyrs måde at overleve på. Desværre er nogen mutationer alvorlige og fører til fatale sygdomme. At kunne kortlægge disse mutationer, sammen med deres originale funktion kan hjælpe os til at forstå de sygdomme, de forårsager, samt hjælpe til at designe en medicinsk behandling. [1]

Translokationer er en speciel form for genetisk mutation, hvor genetisk materiale fra et kromosom sidder på et andet kromosom og vice versa (figur 1). Der kan herunder også forekomme stykker af DNA (eller kromosomstykker), der er helt slettet – “deletion”, eller tilføjet – “addition”.



Figur 1a. Kromosom-diagram hvor kromosomerne i metafase er farvet og ordnet parvis [3].



Figur 1b. Translokation mellem kromosom 4q og kromosom 20q [3].

Translokationer kan nedarves, eller opstå under celledeling – enten i fosterstadiet, hvorved ændringen eksisterer i alle celler, men kan også forekomme under celledeling på et senere tidspunkt i livet, og findes her ikke i alle celler. Der er overordnet to typer af translokationer, de balancerede hvor der ikke er tab af genetisk materiale, og de ubalancerede hvor der opstår tab af genetisk materiale. Den sidste type har de største konsekvenser og fører oftest til abort i de medfødte tilfælde.

Kromosomale translokationer har vist sig at bidrage til omkring 70 % af kræftrelaterede genmutationer, og er hovedsageligt fundet i leukæmi, lymfekræft, prostatakraft og sarkomer, der udgør omkring 10 % af alle kræfttilfælde [2]. Ved disse sygdomme har påvisningen af en specifik translokation ofte en både diagnostisk og behandlingsmæssig værdi.

For at målrette udviklingen af et analysesystem direkte mod den endelige anvendelse, har vi etableret et samarbejde med en af de førende forskningsinstitutioner, Wilhelm Johannsen Centret for funktionel genomforskning, på Panum Institutet, Københavns Universitet (www.wjc.ku.dk), hvor professor Niels Tommerup og prof. Zeynep Turmer har specialiseret sig indenfor identifikation af genfunktion vha. storskala-identifikation af ukendte sygdomsgener.

Forbehandling af det integrerede system

Med udgangspunkt i en blodprøve fra patienten, skal systemet designes til at kunne modtage og forarbejde blodet. Det integrerede system skal kunne håndtere væskestrømninger, og hverken cellerne i blodet eller kromosomerne må binde uspecifikt til kanalerne. Dette er specielt en udfordring med hensyn til kromosomer, der binder stærkt til mange overflader. Dette er også grunden til at man hidtil primært har studeret fikserede kromosomer (figur 1a).

Til håndtering af kromosomer i væskekanaler er det overordentlig vigtigt, at kende overfladens egenskaber. En kendt metode til at undgå uspecifik binding af biologisk materiale til en overflade er at modificere overfladens energi ved at modificere overfladen med en "børste" af polyethylene glycol- (PEG) molekyler. Det er lykkedes ph.d.-studerende Jacob M. Lange at syntetisere og karakterisere et bibliotek af forskellige overflader på glas, og en ny kombinatorisk strategi har gjort det muligt, at fremstille adskillige overflader – populært kaldet "stealth", der vil kunne bruges i studierne af kromosomerne i en mere "naturlig" form f.eks. frit flydende i væske. Overfladerne karakteriseres vha. kontaktvinkel målinger, DNA-binding og X-ray photoelectron spectroscopy (XPS).

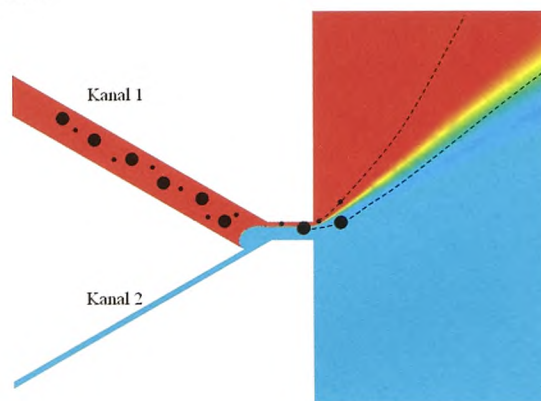
Separation af blodceller

Det første skridt i analysen er at frasortere alt det uønskede materiale fra blodprøven. Den information vi søger, befinder sig i de hvide blodceller, hvorfor vi ønsker at opsamle disse – og helst enkeltvis. Standardmetoden til separation af cellerne er centrifuger-

ing, men denne metode er ikke optimal i et mikrolaboratorium, derfor vil vi i stedet benytte os af én af naturens egne metoder. Postdoc. Maria Dimaki og ph.d.-studerende Casper Hyttel Clausen arbejder med simulering og fabrikation af mikrosystemer. Blandt andet undersøger de en metode kaldet "pinched flow", hvor f.eks. celler kan størrelse-sorteres ud fra deres bevægelser i væskestrømninger i kanaler med en snæver ("pinched") udgang [4]. Da hvide blodceller er lidt større end røde blodceller, kan denne metode med fordel benyttes.

Princippet bag pinched flow metoden er vist i figur 2, hvor man i to væskekanaler med forskellige dimensioner injicerer en celleblanding med både store og små celler (kanal 1) og en væske uden celler (kanal 2). Væskeerne mødes et "pinched" segment, hvor væsken fra kanal 1 vil blive presset opad mod den øverste væg af kanalen, såfremt hastigheden af væsken i kanal 2 er større end den i kanal 1.

Ved at justere dimensionerne af de to væskekanaler og/eller strømningshastigheder, kan man designe et system, således at de store celler kun delvist er i deres oprindelige væske i det såkaldte "pinched" segment. Herved vil de ved udgangen af segmentet følge en anden væskestrømning end de mindre celler, hvorved isolering af de større celler (de hvide blodlegemer) fra de mindre celler (de røde blodlegemer) er mulig. Vi arbejder i øjeblikket med at optimere systemet til dette formål.



Figur 2. Princippet bag "pinched-flow"-systemet til separation af celler efter størrelse. Farverne indikerer koncentrationen af væsken, hvor blå er for nul koncentration og rød er maksimum koncentration. Figuren viser at de to væsker stort set vil forblive separeret i det "pinched" segment og danne en klar grænse, hvorved diffusionen ikke er et problem i systemet.

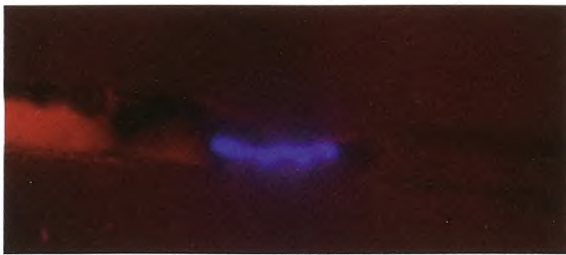
Udvinning af kromosomerne

Når de hvide blodceller er isoleret fra prøven, skal kromosomerne udvindes fra cellerne. Der eksisterer adskillige metoder til at åbne (lysere) cellerne, f.eks. vha. elektrisk puls, "nanoknive" (mekanisk) eller kemisk med hydroxid-ioner. I mikrosystemer er det vigtigt at benytte en metode, der er simpel at fabrikere, håndtere, og som giver reproducerbare resultater. Ved ekstraktion af kromosomerne har vi valgt at bruge en metode til at fange en enkelt celle og isolere kromosomerne fra denne celle.

Enkeltcelle-analyse er valgt, fordi størrelserne af kromosomerne varierer alt efter hvor i celleyklus cellen befinder sig, og derved fra celle til celle. Dette kan, som forklaret senere, få konsekvenser når kromosomerne skal sorteres. Gruppen arbejder med at simulere og fabrikere strukturer, der mekanisk kan fange en enkelt celle og herefter isolere kromosomerne. Disse strukturer designes som mekaniske obstruktioner i væskekanalsystemet, således at kun én celle fanges i denne obstruktion [5,6] og kromosomerne bliver udvundet af cellen, sorteret og analyseret. Analysen af flere celler kan herved foregå parallelt.

Kromosomsortering

Det humane genom består af 46 kromosomer 2 kopier af kromosom 1-22 og 2 sex kromosomer (X og Y – se figur 1a). Mutationer kan forekomme på hver enkelt kromosom, og for at gøre analysen mere simpel, er det fordelagtigt at kromosomer sorteres enkeltvis. Dette er ikke en simpel proces og specielt ikke i et integreret system, hvor standard makroskopiske metoder som “flow cytometri” [7] ikke er optimale. I gruppen forfølger vi to metoder, der er simple at fabrikere, den ene er sortering ved hjælp af elektriske felter og den anden er brugen af specielt arrangerede søjlesystemer.



Figur 3. Tre kromosomer fanget mellem to elektroder ved brug af dielektroforese. Kromosomerne er farvet blå, mens elektroderne ses med en mat rød-brun farve.

Den første metode, vi har afprøvet, og er ved at videreudvikle, er sortering ved hjælp af inhomogene vekselfelter. Bevægelsen som kromosomerne vil opnå kaldes dielektroforese og den skyldes inducerede ladninger på kromosomerne (polarisation). Kræfterne her er afhængige af kromosomernes størrelse, deres dielektriske egenskaber og feltets størrelse, som ses i ligning (1).

$$F_{\text{DEP}} = \frac{3}{4} V \cdot \epsilon_m \operatorname{Re}\{f_{\text{cm}}\} \cdot \nabla |E|^2, \quad (1)$$

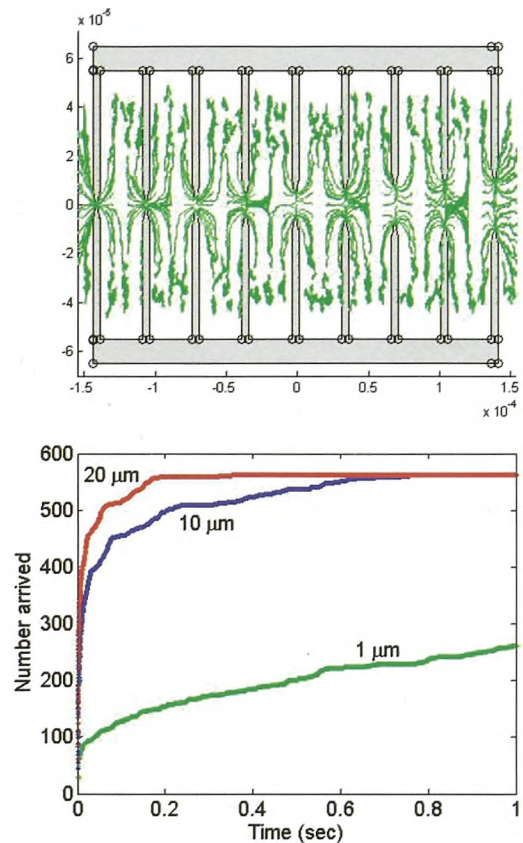
hvor V er kromosomernes volumen, E er det elektriske felt, ϵ_m er væskens permittivitet og f_{cm} er et kompleks tal som er afhængig af kromosomernes størrelser, form og dielektriske egenskaber og feltets frekvens, som ses i ligning (2).

$$f_{\text{cm}} = \frac{\tilde{\epsilon}_p - \tilde{\epsilon}_m}{3(A_n \cdot (\tilde{\epsilon}_p - \tilde{\epsilon}_m) + \tilde{\epsilon}_m)}, \quad (2)$$

Hvor A_n er i størrelsesordenen 10^{-2} , og afhænger af geometriske parametre såsom længde og radius;

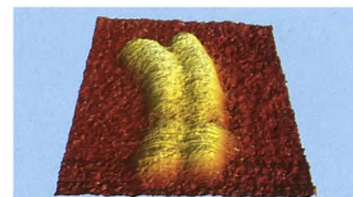
$\tilde{\epsilon} = \epsilon - j\frac{\sigma}{\omega}$ er den komplekse dielektriske konstant af medium (m) og kromosomerne (p) og σ er væskens ledsevne.

Det første forsøg på at fange kromosomer ved hjælp af dielektroforese viste sig succesfuldt (figur 3). Simuleringer i Comsol [8] har vist, at med mere komplicerede designs, er det muligt at separere kromosomerne ud fra størrelser som vist i figur 4. Disse designs er nu ved at blive fabrikeret.



Figur 4. Simulering af kromosomsortering ved dielektroforese. Øverst: Bevægelsen af kromosomer i dielektroforese hvor kromosomerne bliver fanget mellem elektroderne. Nederst: Store kromosomer bevæger sig hurtigere mod elektroderne, så i designet er tiden udnyttet ved sortering.

Simuleringerne er lavet med antagelser om kromosomernes størrelse og form (modelleret som ellipser), og antagelser om kromosomernes dielektriske værdier, da der ikke eksisterer præcis information om dette. Derfor er gruppen i gang med målinger af kromosomernes fysiske og elektriske egenskaber, hvilket udføres ved brug af forskellige skanning probe mikroskopi (SPM) metoder. Værdien af den dielektriske konstant er blevet målt til 4 ud fra SPM-målinger som vist i figur 5.



Figur 5. Atomic Force Microscopy (AFM) billede af et fikseret kromosom hvorudfra dimensioner og topografiske forskelle kan måles. Se også forsiden af bladet.

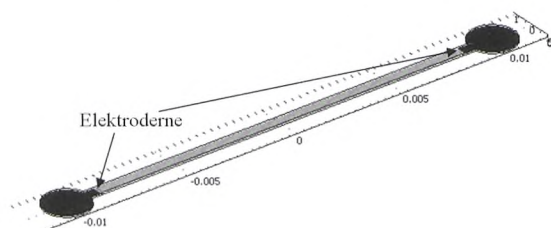
Dette er et foreløbigt resultat fra seks målinger på fikserede kromosomer med en usikkerhed på 15 %. I opløsningen forventes denne værdi at være større. Den dielektriske konstant siger noget om, hvor godt et materiale bliver polariseret af et elektrisk felt. Til sammenligning har vand en meget høj dielektrisk konstant på 80 og polariseres let. Den relativt lave værdi for kromosomer betyder, at det kan være svært at styre kromosomerne ved hjælp af den dielektriske effekt – men ikke umuligt.

Da kromosomerne er opbygget af DNA, som har en negativ ladning, vil de bevæge sig mod den positive elektrode i et elektrisk felt. Så ved hjælp af et homogent elektrisk felt kan vi også skaffe informationer om kromosomerne og muligvis sortere dem. I figur 6 er vist et mikrosystem designet til at måle kromosomernes ladning og til at undersøge om denne ladning kan bruges til sortering. Ved at sætte en DC-spænding over elektroderne bliver et elektrisk felt dannet inde i væsken, da selve væsken er svagt ledende. Feltet er homogent over den største del af kanalen, så det forventes at kromosomerne vil opnå en konstant hastighed som er proportional med deres ladning (ligning 3).

$$v = \frac{qE}{f} + u, \quad (3)$$

hvor v er den målte hastighed, E er det elektriske felt, u er væskens hastighed og f er friktionskoefficienten, som er afhængig af kromosomernes form og størrelse.

Det kunne betyde, at kromosomer med forskellige størrelser opnår forskellig hastighed og kan sorteres på den måde. Størrelsesforskellen vil betyde forskellig friktionskoefficient og spørgsmålet er om disse opvejer hinanden, hvilket vil blive undersøgt eksperimentelt.

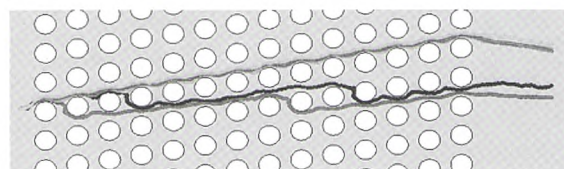


Figur 6. Design til måling af kromosomernes ladning. Farverne viser feltet i kanalen når en spænding sættes over elektroderne. Feltet er homogent i mindst en centimeter i midten af kanalen.

Et elektrisk felt i en ledende væske vil desværre have nogle ulemper. For det første vil væskens temperatur blive øget. Ved hjælp af Ohms lov kan man beregne effekten til $2,5 \mu W$ ud fra dimensionerne af kanalen (l, h, b er 2 cm, $100 \mu m$ og $500 \mu m$) hvor spændingen er på 5 Volt og væskens konduktivitet σ er $0,01 S/m$. Denne effekt er ikke særlig høj men kan alligevel forårsage et par graders opvarmning af væsken og derved kromosomerne. I designet sørger vi for at varmen bliver transporteret væk fra kanalen ved at anvende de rigtige materialer og ved at have en konstant pumpning af væske.

Derudover vil et elektroosmotisk flow eksistere på grund af elektroderne, som også medregnes. Selve væsken vil komme i bevægelse på grund af spændingsfaldet, og den bevægelse vil trække kromosomerne med sig. Væskens hastighed vil være større tæt på væggene, men kan beregnes og/eller måles og trækkes fra den målte kromosomhastighed.

Da elektroderne inde i væsken kan give mange problemer og da et mere autonomt system er bedre til "point-of-care"-applikationer, overvejer vi en anden metode til sortering. Det drejer sig om en kombination af væskehåndtering og søjler. Dette er en interessant struktur som kan sortere partikler af forskellige størrelser kun ved brug af geometri. Ved at sætte hindringer ind i en kanal, som det kan ses i en simpel simulering (figur 7) ændres strømningsmønstret og partikler større end en bestemt størrelse følger forskellige baner afhængig af deres størrelse. Metoden undersøges af ph.d.-studerende Pranjul Shah og er tidligere blevet brugt til at sortere stykker af DNA samt blodceller [9].



Figur 7. Et søjlesystem hvor kugleformede partikler bliver sorteret. Partikler med forskellige størrelser kommer ind i kanalen fra venstre side og bevæger sig mod højre side. De store partikler bliver afbøjet og bevæger sig opad i figuren mens mindre partikler bevæger sig "igennem" søjlestrukturen uden at blive afbøjet. Ved at justere størrelsen og tætheden af søjlerne kan man bestemme størrelsen af partiklerne som bliver sorteret.

Kromosomanalyse

Kortlægning og molekylær karakterisering af kromosomale translokationer er med de eksisterende metoder langvarig og dyr. Først og fremmest identificeres de involverede kromosomer, ved en farvning i metafase, (som vist i figur 1a) og selve processen med at opnå kromosomer i denne fase er langvarig. Ved denne båndfarvning af metafasekromosomerne kan forskellige karakteristika, såsom størrelse og båndmønster på kromosomerne hjælpe det træned øje til at identificere området for translokationen. For nærmere at bestemme brudpunktets beliggenhed anvendes "Fluorescens In Situ Hybridisering" (FISH), hvor fluorescerende markører placeret omkring brudpunktet, kan fortælle, om bruddet ligger på den ene eller anden side af markøren. Også her kræves kromosomer i metafase. Denne analyse foretages på nuværende tidspunkt ved visuel inspektion med fluorescens-mikroskop.

Forskningsassistent Linda Boye Jensen arbejder i samarbejde med Panum Institutet på at undersøge, hvordan man bedst muligt kan integrere FISH-analysemetoden, eller alternativt finde en anden integrerbar analysemetode. Her ønsker vi ved at kombinere mikroteknologi med biokemi og molekylær genetik at muliggøre kromosomanalysen på en chip. Det vil have stor fremtidig værdi for diagnosticering og behandling

af genetiske sygdomme, hvis man forholdsvis let, hurtigt og på en billig måde kan analysere kromosomale translokationer ved hjælp af det her omtalte system.

Konklusion

Et integreret totalanalyse-system for kromosom translokationer har potentiale for at revolutionere opdagelsen af sygdomsforårsagende gener ved at have "high throughput" i forhold til eksisterende kortlægnings-metoder. Samtidig har det en potentiel fremtidig diagnostisk anvendelse, såfremt prisen kan holdes nede, så en analyse eventuelt vil kunne foregå hos den praktiserende læge ud fra en enkelt dråbe blod. Yderligere er der potentiale for at medvirke til udviklingen af skræddersyet medicin ved forøget viden om omfang og type af genetiske ændringer i diverse sygdomme. Projektet er i opstartsfasen og mange muligheder bliver undersøgt på nuværende tidspunkt. Målet er over en to års periode at have fundet de optimale metoder til sortering og analyse og derefter starte udviklingen af en prototype på et total integreret system som kan bruges i laboratoriet, og muligvis på et senere tidspunkt have kommerciel anvendelse.

Litteratur

- [1] J.D. Rowley (2001), Nature Rev. Cancer, **1**, 245-250.
- [2] P.A. Futreal et al. (2004), Nature Rev. Cancer, **4**, 177-183.
- [3] Sjældne kromosomafvigelser, informationshæfte, <http://www.uniquedanmark.dk/genetik/-OmKromosomafvigelser.pdf>
- [4] J. Takagi et al. (2005), Lab Chip, **5**, 778-784.

- [5] D. Di Carlo, L. Y. Wu, and L. P. Lee (2006), Lab Chip, **6**, 1445-9.
- [6] M. Deutsch, A. Deutsch, O. Shirihai, I. Hurevich, E. Afrimzon, Y. Shafran, and N. Zurgil (2006), Lab Chip, **6**, 995-1000.
- [7] http://biology.berkeley.edu/crl/flow_cytometry_basic.html
- [8] www.comsol.dk
- [9] S. Zheng et al. (2005), Proceedings of the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference, p.1024-1027.
- [10] D.F.C.M. Smeets (2004), Clinical Biochemistry, **37**, 439-446.



Winnie Svendsen blev kandidat i 1993 fra University College Dublin, Irland, her modtog hun EOLAS udnævnelsen for fremragende forskning. I 1996 blev hun ph.d. fra Københavns Universitet og Forskningscenter RISØ. I 2000 blev hun lektor ved Danmarks Tekniske Universitet, hvor hun er ansat på MIC – Institut for Mikro- og Nanoteknologi.



Maria Dimaki blev kandidat i 2001 ved Imperial College of London, Department of Biotechnology, England. I 2004 blev hun ph.d. fra Danmarks Tekniske Universitet, ved MIC – Institut for Mikro- og Nanoteknologi, hvor hun er ansat som postdoc i dag.

Nyt fra Dansk Geofysisk Forening

Foredrag i foråret 2007

Foredragsrækkerne i Astronomisk Selskab og Selskabet for Naturlærers Udbredelse er i gang (se Foredragskalenderen i sidste nummer). Dansk Geofysisk Forening afholder desuden foredraget:

Udsigten til den næste istid af *Peter Ditlevsen* tirsdag den 6. marts kl. 19.00. Foredraget afholdes i Auditoriet, Juliane Maries Vej 30, 2100 København Ø.

DGFs Rejselegat

Ansøgningsfrist 1. april 2007.

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

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

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

Geofysikdag 2007 -arrangement for studerende

Fredag den 13. april 2007 arrangerer Dansk Geofysisk Forening og Geofysisk Studenterforening for femte gang *Geofysikdag* for alle studerende med interesse i geofysik. Der vil være studenterpræsentationer, virksomhedsmesse samt et festforedrag. Vi er i øjeblikket ved at sammensætte programmet. Tilmelding sker via hjemmesiden: www.dgf.gfy.ku.dk

Vigtige datoer: 28. marts – Deadline for indsendelse af abstract. Den 13. april – Geofysikdag.

Geofysikdag giver dig muligheder...

- Hør om spændende muligheder for at arbejde med geofysik
- Få inspiration til en kommende opgave
- Præsenter dit projekt for andre og øv dig i at formidle
- Lær studerende med samme interesser som dig at kende.

Adressen er: Rockefeller Komplekset, Juliane Maries Vej 30, 2100 København Ø.

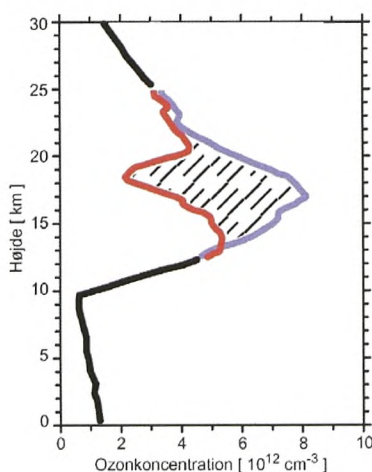
Arktisk ozonnedbrydning

Af Signe Bech Andersen, Synne Høyer Svendsen og Tina Christensen, Danmarks Meteorologiske Institut

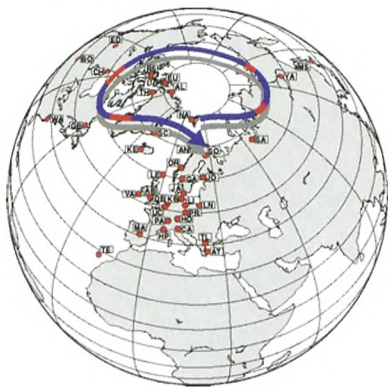
Ozonlaget er særligt udsat for nedbrydning i de arktiske områder på grund af tilstedeværelsen af polarstratosfæriske skyer. Mængden af disse skyer over Arktis er øget de seneste årtier, muligvis som følge af klimaændringer. Dette gør det sværere at forudsige fremtidige niveauer af ozon og UV-stråling.

Indledning

Ozonlaget beskytter det biologiske liv ved jordens overflade mod skadelig ultraviolet stråling fra Solen. Udledninger af CFC-gasser, som nedbryder ozonlaget, er aftaget væsentligt de senere år. Alligevel er det problematisk at forudsige gendannelsen af ozonlaget i de kommende år, ikke mindst på grund af den betydning klimaændringer kan have [1]. Det mest ekstreme eksempel på at ozonlaget nedbrydes, er det antarktiske ozonhul. Men også Arktis bliver hårdt ramt af ozonnedbrydning nogle år. Derfor har den nedre stratosfære, hvor ozonlaget befinder sig, været genstand for mange internationale videnskabelige undersøgelser med det formål at kvantificere ozonnedbrydningen og forstå de processer, der ligger bag.



Figur 1. Typiske ozonprofiler i begyndelsen af vinteren (blå) og slutningen af vinteren (rød) for en vinter med kraftig ozonnedbrydning.



Figur 2. Trajektorie for luftparcel som måles med ozonsonder fra Match-netværket for at bestemme den arktiske ozonnedbrydning.



Figur 3. Polarstratosfæriske skyer observeret over Illoqqortoormiut i December 2002. Foto: Tore Andreassen.



Figur 4. Polarstratosfæriske skyer observeret over Illoqqortoormiut i December 2004. Foto: Erik Pedersen.

Stratosfæren og ozonnedbrydning

I troposfæren, de nederste ca 10 km af atmosfæren, foregår der hele tiden en effektiv opblanding af luftmasserne ved hjælp af konvektion: luftmasser opvarmes ved jordoverfladen og stiger til vejrs. I stratosfæren stiger temperaturen med højden, hvilket sætter en effektiv stopper for en hurtig konvektiv opblanding af luftmasserne. I stratosfæren er typiske transporttidsskalaer uger og måneder, ikke timer og dage som i troposfæren.

Hver polarvinter dannes i stratosfæren over polarområdet en hvirvelstrøm med kraftige vinde, der blæser rundt om polen. Inden for hvirvelstrømmen er luften effektivt set isoleret mod opblanding af ozonrig luft fra lavere breddegrader, og i polarnatten vil der

ske en voldsom afkøling af luften. Når temperaturen kommer under -78°C , dannes der polarstratosfæriske skyer (PSC'er), som muliggør dannelsen af reaktive klor- og bromforbindelser og i løbet af vinteren opbygges et reservoir af reaktive forbindelser indenfor den polare hvirvelstrøm. Når sollyset vender tilbage til polegnene i det tidlige forår er scenen således sat: En isoleret luftmasse fyldt op med reaktive klor- og bromforbindelser der pludselig belyses med sollys giver anledning til en voldsom ozonnedbrydning indenfor den polare hvirvelstrøm.

Når den polare hvirvelstrøm ophører i slutningen af foråret, standser ozonnedbrydningen. Ozonrig luft tilføres fra lavere breddegrader og udfylder ozonhullet, og samtidig bevæger den ozonfattige luft fra Arktis sig mod syd og har en væsentlig indflydelse på ozonlagets tykkelse over mere befolkede egne som vore i løbet af foråret og sommeren [2].

Den arktiske hvirvelstrøm er på grund af især topografiske forhold væsentlig mere ustabil og varmere end hvirvelstrømmen over Antarktis. Derfor er ozonnedbrydningen ikke så kraftig som over Antarktis og varierer meget fra år til år.

Match

Den mest succesrige måde at kvantificere den arktiske ozonnedbrydning på har været Match-teknikken. Match kombinerer beregninger af luftmassers bevægelser fra en dynamisk atmosfæremodel med målinger med ozonsonder.

Ozonsonder er elektrokemiske celler, der hæftes på en ballon sammen med en radiosonde til måling af meteorologiske data. Med disse kan man måle højdeprofilen af ozonindholdet op til cirka 35 kilometers højde (se figur 1). Bevægelsen af de luftmasser, der er blevet probet med én ozonsonde, beregnes for at forudsige, hvornår de passerer over en station, hvor en ny ozonsonde kan opsendes. Ved at se på forskellen i ozonkoncentrationer mellem de to ozonsonderinger kan ozonnedbrydningen bestemmes. Der findes omkring 30 stationer, som opsender ozonsonder på høje nordlige breddegrader, heraf to i Grønland: Pittuffik og Illoqqortoormiut (se figur 2). Ved at koordinere ozonsondeopsendelserne gennem hele vinter- og forårsperioden indtil den polare hvirvelstrøm bryder op, kan den akkumulerede ozonnedbrydning bestemmes.

Med Match-teknikken har man været i stand til at bestemme den arktiske ozonnedbrydning i de fleste år siden starten af 1990'erne. Ozonnedbrydningen varierer fra nogle få procent til over 30 % af den totale ozonkolonne [3,4]. Den hidtil største ozonnedbrydning på cirka 33 % blev observeret i 2005. Den kraftige ozonnedbrydning, der er observeret nogle år, skyldes tilstedeværelsen af PSC'er.

Polarstratosfæriske skyer

Stratosfærens indhold af vanddamp er meget lavt (4-5 ppm), og der kræves ekstremt lave temperaturer førend så små vandmængder kan fortættes til skyer. De

nødvendige temperaturer (under -78°C) er så lave, at de kun nås over de polare egne i vintermånederne. Men bliver temperaturerne lave nok, dannes PSC'er. Der kan dannes forskellige typer PSC partikler i den polare stratosfære: ispartikler, flydende partikler bestående af en blanding af vand, salpetersyre (HNO_3) og svovlsyre (H_2SO_4) samt faste partikler af salpetersyre-trihydrat ($\text{HNO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). På grund af den store højde, som PSC'erne dannes i, er de belyst af solen relativt længe efter at den er gået ned bag horisonten og PSC'erne kan da observeres som lysende skyer på en ellers mørk himmel, hvilket kan resultere i ganske imponerende scenerier (se figur 3 og figur 4).

Studierne af denne ret eksotiske skytype er motiveret af den store betydning, PSC'er har for nedbrydningen af ozon. Først og fremmest udgør PSC'er den krumtap, som dannelsen af de reaktive klor- og bromforbindelser, der er ansvarlige for ozonnedbrydning, drejer om. Disse klor- og bromforbindelser dannes ud fra CFC-forbindelser, der i mange år blev anvendt i stor stil i industrien. Disse stoffer er under langt de fleste forhold kemisk inaktive og var derfor meget anvendelige i f.eks. kølesystemer og som drivgasser i spraydåser. Men under særlige forhold kan CFC-forbindelser nedbrydes til reaktive komponenter. Dette foregår ved heterogene kemiske processer, altså processer, der kræver tilstedeværelsen af en overflade for at kunne forløbe. PSC'er bidrager netop med de nødvendige overflader til omdannelsen af inaktive CFC-forbindelser til reaktive klor- og bromforbindelser i stratosfæren.

PSC'er er altså direkte ansvarlige for dannelsen af de reaktive forbindelser, der nedbryder ozon. Men PSC'erne har også en indirekte virkning på ozonnedbrydningen, idet dannelsen af PSC'er binder vand og HNO_3 i skypartiklerne og derved fjerner dem fra gasfasen. Bliver PSC-partiklerne tilstrækkeligt store vil de under indvirkning af tyngdekraften sedimentere ud af stratosfæren. Dette vil have en forstærkende effekt på ozonnedbrydningen, idet vand og en række nitratforbindelser kan reagere med de skadelige klor- og bromforbindelser og binde dem i mindre reaktive reservoirformer.

Ønsker man at vurdere ozonnedbrydningen er det altså nødvendigt at have et godt estimat af dannelsen af PSC'er. Dette er imidlertid forbundet med en del udfordringer, idet dannelsesmekanismen for PSC'er ikke er klarlagt. Dette er et emne, der forskes en del i og eksperimentelt studeres dannelsen af PSC'er både gennem observationer af faktiske PSC'er og gennem forsøg med PSC-dannelse i skykamre. PSC'er observeres dels ved hjælp af satellitter, dels ved hjælp af lidarmålinger, hvor man retter laserlys mod områder med PSC'er og studerer det tilbagespredte lys, der giver informationer om skypartiklernes beskaffenhed. Endelig studeres PSC'er gennem eksperimenter hvor man ved hjælp af udstyr anbragt på balloner eller fly laver direkte målinger af PSC'ernes sammensætning, temperaturer, luftens vanddampindhold etc. Alle disse målinger kan dernæst sammenlignes med fysiske mo-

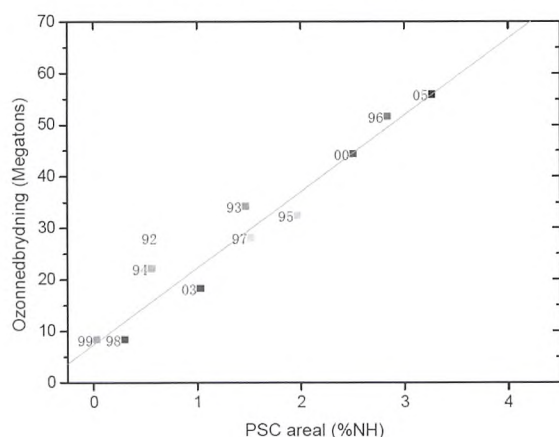
deller for dannelsen af PSC'er og dermed bruges til at be- eller afkræfte teorier om deres dannelse [5].

Sammenhæng mellem ozonnedbrydning og PSC'er

Ved hjælp af resultaterne fra Match og beregninger af hvor store arealer, der er kolde nok til dannelse af PSC'er, har man fundet en lineær sammenhæng mellem en vinters totale ozonnedbrydning og mængden af PSC'er gennem hele vinteren [6] (se figur 6).



Figur 5. Opsendelse af ballon til observationer af polarstratosfæriske skyer i Kiruna. Foto Niels Larsen.

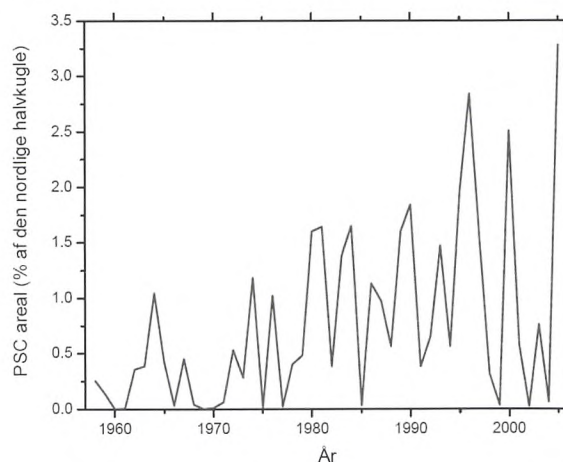


Figur 6. Den totale ozonnedbrydning gennem hver vinter som funktion af arealet af polar stratosfæriske skyer. Årstal for de enkelte punkter er angivet.

Sammenhængen er forbløffende tæt, idet andre faktorer såsom vulkanske aerosoler, denitrifikation og tid og sted for PSC'erne også har indflydelse på ozonnedbrydningen. Men den lille spredning tyder på at disse ting enten korrelerer med PSC-arealet eller ophæver hinanden. Som vi ved, har mængden af CFC'er (som i den studerede periode har været relativt konstant) også indflydelse på den arktiske ozonnedbrydning, men er med de nuværende værdier ikke den begrænsende faktor. Ved meget lavere CFC-mængder vil den lineære relation bryde sammen. Relationen viser dog, at i de kommede par årtier vil mængden af PSC'er være overordentlig vigtig for den arktiske ozonnedbrydning.

Som beskrevet ovenfor er det især stratosfærens temperatur og indhold af vanddamp, der er vigtige for PSC-dannelsen. Mængden af PSC'er er steget siden

1960'erne (se figur 7). Det kan skyldes blandt andet forøget drivhuseffekt. Når der stråles mere varme tilbage til Jorden, bliver stratosfæren koldere, hvilket fremmer dannelsen af polarstratosfæriske skyer. Mens de nederste lag af atmosfæren kan imødesee en øget opvarmning som følge af stigende mængder af drivhusgasser i atmosfæren, forventes stratosfæren at blive koldere, idet en del af den energi, der på nuværende tidspunkt er til rådighed for opvarmning af stratosfæren, fremover vil blive absorberet af drivhusgasser i de nedre lag af atmosfæren og opvarme denne i stedet. Desuden kan et ændret klima have indvirkning på stratosfærens indhold af vanddamp. For øjeblikket ses indikationer på en øget tilførsel af vand til stratosfæren, hvad der må forventes at accelerere PSC-dannelsen yderligere. De mekanismer, der er ansvarlige for tilførslen af vanddamp til stratosfæren, er endnu ikke klarlagt og der forskes i disse år intenst i at forstå disse mekanismer.



Figur 7. Størrelsen af arealet, hvor det er koldt nok til dannelse af polarstratosfæriske skyer som funktion af tiden.



Figur 8. Ballonopsendelser fra Brasilien.

Vanddamp

Transport af vanddamp til stratosfæren foregår i troperne hvor luftmasserne løftes fra troposfæren til stratosfæren, hvorefter en langsom cirkulation bringer luftmasserne mod polområderne hvor de atter synker ned. Dehydreringsprocesserne i forbindelse med luftens opstigning gennem det kolde tropiske tropopauselag, og den tilhørende dannelse af tynde cirrusskyer, er

kontrollerende for vanddamptilførslen til stratosfæren. Omfanget af, og detaljerne i, de processer der danner disse cirrusskyer, samt de mikrofysiske processer der foregår inden i skyerne, er nøglespørgsmål i stratosfæreforskningen som søges belyst ved at sammenholde in situ målinger i de højere tropiske luftlag med detaljerede mikrofysiske simuleringer. DMI har deltaget i store EU-koordinerede observationskampagner med ballonopsendelser fra Brasilien i 2004 og Vestafrika i 2006. Undersøgelserne tyder på at kraftige tropiske tordensystemer kan bringe vanddamp højt op i stratosfæren [7], men tilbage står en række ubesvarede spørgsmål om hvordan det foregår i detaljer samt hvor ofte det forekommer, og altså hvor stor en mængde vand det drejer sig om.

Fremtiden

Udledningen af de ozonnedbrydende CFC-forbindelser er i det store og hele stoppet som følge af det internationale samfunds indgreb. Indholdet af de skadelige stoffer i stratosfæren aftager svagt og forventes i løbet af de næste 50-100 år at falde til et før-industrielt niveau. Ikke desto mindre er det ikke uden problemer at forudsige gendannelsen af ozonlaget i de kommende årtier, ikke mindst på grund af den betydning, som PSC'erne har for de ozonnedbrydende processer.

Ozonlaget genoprettes i en atmosfære, som er påvirket af klimaforandringer, og dermed er der ingen sikkerhed for, at ozonlaget helbredes fuldstændigt, eller i givet fald hvornår. I de første par årtier vil konkurrencen mellem aftagende mængder af CFC'er og muligt stigende mængder af PSC'er være dominerende. Dette kan føre til år med stor arktisk ozonnedbrydning, muligvis større end vi hidtil har set. På længere sigt vil andre stoffer som methan, lattergas og vanddamp få større betydning. Endelig er også ændringer i atmosfærens cirkulation væsentlig.

Forståelse af de fysiske og kemiske processer i stratosfæren og deres effekt på ozonlaget og klimaændringer er nødvendige, hvis estimater af fremtidige niveauer af ozon og UV-stråling skal være troværdige. Foreløbig har forskningen ført os fra Arktis til Ækvator.

Litteratur

- [1] E. C. Weatherhead and S. B. Andersen (2006), "The search for signs of Recovery of the Ozone Layer", *Nature*, **441**, 39-45.
- [2] B. M. Knudsen and S. B. Andersen (2001), "Longitudinal variation of springtime ozone trends", *Nature*, **431**, 699-700.
- [3] M. Rex et al. (2006), "Arctic winter 2005: Implications for stratospheric ozone loss and climate change", *Geophys. Res. Lett.*, **33**, L23808.
- [4] T. Christensen et al. (2005), "Vortex-averaged Ozone losses in the winter 2002/2003", *Atmos. Chem. Phys.*, **5**, 131-138.
- [5] S.H. Svendsen et al. (2005): "Influence of mountain waves and NAT nucleation mechanisms on polar stratospheric cloud formation at local and synoptic scales during the 1999-2000 Arctic winter". *Atmos. Chem. Phys.* vol **5** nr 3, 739-753.
- [6] M. Rex et al. (2004), "Arctic ozone loss and climate change", *Geophys. Res. Lett.*, **31**, L04116, doi:10.1029/2003GL018844.
- [7] J. K. Nielsen et al. (2006), "Solid particles in the tropical lowest stratosphere", *Atmos. Chem. Phys. Diss.*, **6**, 9003-9032.



Signe Bech Andersen er forsker ved DMI's program for atmosfæreprocesser. Hun arbejder især med målinger af ozonlaget i Grønland samt tendensstudier af stratosfærisk ozon.



Synne Høyer Svendsen er forsker ved Danmarks Klimacenter på DMI. Hun har under sit ph.d. studium ved program for atmosfæreprocesser arbejdet med polarstratosfæriske skyer og deltaget i målekampagner i Kiruna.



Tina Christensen er forsker ved DMI's program for atmosfæreprocesser. Hun arbejder blandt andet med arktisk ozon og vanddamp i tropenerne. Var i sommeren 2006 i Niger i Afrika og måle cirrusskyer.

PFEIFFER VACUUM

NYHED

SENSATION:

**En og samme vacuumpumpe fra
1000 til 10⁻⁵ mbar**

**OnTool™
Booster**

Ring for yderligere information

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

KIF 15 år: Tillykke med jubilæet!

Af Nils O. Andersen, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet

Jeg har lovet at fortælle lidt om forhistorien, der førte frem til udfangelsen af KIF og prøve at sætte aktiviteten i et bredere nationalt perspektiv. Det hele startede i 1990'erne, hvor jeg fungerede som formand for Dansk Fysisk Selskab. Planlægningsrådet for Forskning (PRF) vedtog i slutningen af 1988 at iværksætte en udredning om kvinder i naturvidenskab og teknologi. Baggrunden for udredningen var den tydelige forskel på de to køns interesse for at påbegynde teknisk/naturvidenskabelige uddannelser, et udviklingstræk som Danmark deler med en række vesteuropæiske lande, men ikke alle. Udredningsopgaven blev overdraget til lektor, mag. scient. Mette Vedelsby, som i perioden fra 1/8-1990 til 1/8-1991 udarbejdede en fyldig rapport, *Myter og Realiteter: Kvinder i naturvidenskabelige og teknologiske uddannelser* [1]. Rapporten kortlægger rekrutteringsmønstret for mænd og kvinder til en lang række længerevarende naturvidenskabelige og teknologiske uddannelser i Danmark i perioden 1979 til 1990 samt udviklingen i kandidatproduktionen for disse fag i samme periode. Herudover behandles studiefrafald på de forskellige uddannelsessteder og uddannelser, og der gøres op med forskellige myter om naturvidenskabelige og tekniske fag.

Delvis parallelt med Mette Vedelsbys arbejde beskæftigede en arbejdsgruppe under Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab sig med forskerrekrutering. Et af resultaterne af arbejdsgruppens arbejde var et omfangsrigt statistisk materiale til belysning af rekrutteringssituationen [2,3].

Da jeg selv siden omkring 1970 periodevis har arbejdet med statistik over kandidatproduktion og beskæftigelse for universiteternes kandidater i de matematisk-fysisk-kemiske fag, fulgte jeg Mette Vedelsbys arbejde med interesse, ligesom jeg indgik i Videnskabernes Selskabs arbejdsgruppe. Som studienævnsformand i en kort periode i slutningen af 1980'erne havde jeg et nært samarbejde med især to af de faglige vejledere, Hanne Andersen og Katrine Bohus Madsen. Vi fik lyst til at afprøve nogle af idéerne fra Mette Vedelsbys arbejde i form af et studiestartprogram for kvinder på MFK-fagene. Programmet finansieredes af Naturvidenskabeligt Uddannelsesråd, ved ansøgning til den daværende formand Jens Peter Jacobsen. Programmet afvikledes primært i perioden 1990-1991 og resulterede i rapporten *Kvinder på Naturvidenskab: Studiestartprogram for kvinder på mat-fys-kemi fagene* [4]. Da vi ved afslutningen fortsat havde lidt ubrugte midler tilbage af bevillingen, besluttede vi at arrangere et seminar for en lille indbudt kreds på Gentofte Hotel den 4.-5. december 1992 med titlen *Rekruttering af kvinder til universitetsstillinger: Hvordan kommer vi videre?* Program for seminaret med en del af det præsenterede materiale er samlet i en rapport [5]. Seminaret skulle markere afslutning og perspektivering af studiestartprogrammet, og især det aspekt, der dukkede op som et centralt emne under programmet, nemlig (mangelen på) rollemodeller i uddannelsesmiljøet, eller hvad vi dengang kaldte *identifikationsobjekter*. Udover indlæg om de forskellige aktuelle rapporter til belysning af emnet fra Sheila Tobias (Tucson, USA), Birgit Løgstrup (FPR), Else Hoffmann (Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab) Mette Vedelsby, Hanne Andersen og Flemming Nicolaisen (Det naturvidenskabelige Fakultet, KU) vil jeg især fremhæve tre:

Trine Møgelbergs indlæg: *USA – Et år set med danske øjne*, hvor hun beskrev sine erfaringer som specialestuderende ved University of Minnesota i Minneapolis-St. Paul, Bente Lilja Bye fra Norges Forskningsråd, hvor hun påpegede at rekrutteringsproblematikken kun kan håndteres effektivt, hvis der udmeldes vilje hertil fra regering og Storting, og Annik Magerholm Fett, Norsk Fysisk Selskab, med indlægget *Hvad fagene kan gøre: Fysikknettverk*. Her beskrev Annik hvorledes idéen med et netværk for kvindelige fysikere blev taget op i sommeren 1988 under årsmødet i Norsk Fysisk Selskab. Et forberedende arbejde ledte til en formel stiftelse den 21. juni 1989. Jeg skal ikke her referere fra indholdet af det meget inspirerende indlæg, med en enkelt udtagelse som jeg bed særligt mærke i: Annik viste en overhead med fordelingen på hovedfag af netværkets medlemmer: Her var den dominerende top inden for Biofysik, en uddannelse som på det tidspunkt ikke fandtes formelt i det danske uddannelsessystem. Det gjorde vi så noget ved snart efter.

Dette er ikke stedet for en omfattende historik vedrørende rækken af undersøgelser af kønsaspektet af rekrutteringsproblematikken til de videregående uddannelsers lærerkorps inden for (især) de naturvidenskabelige og ingeniørvideenskabelige uddannelser. Der er udkommet at imponerende antal udredninger, oftest af overbevisende kvalitet og af stor dokumentarisk værdi. Arbejdet har imidlertid kun sat sig beskedne spor i dagens virkelighed. Det er svært at fraskrive sig den tanke, at det er en særlig dansk specialitet at anvende rapportskiveri som surrogat for beslutninger i vanskeligt håndterbare spørgsmål.

Jeg vil her blot trække en enkelt rapport ud af stakken, idet jeg selv havde forløbet inde på livet. 1. februar 1994 skrev den daværende undervisningsminister Ole Vig Jensen et brev til rektorerne ved de højere uddannelsesinstitutioner, hvori han opfordrede dem til "*at analysere, hvilke eventuelle barrierer der måtte være inden for rekruttering af kvinder – og for den sags skyld også af mænd – inden for områder, hvor rekrutteringen til de videnskabelige stillinger har været kønsmæssigt meget skævt fordelt*". Jeg var på det tidspunkt næstformand i Naturvidenskabeligt Uddannelsesråd nedsat af Undervisningsministeriet. Rådet besluttede – ihukommende Bente Lilja Byes erfaringer fra Norge – at udarbejde en grundig dokumentation til ministeren af den danske situation og belyse denne ved udenlandske sammenligninger [6]. Hovedkonklusionen på analysen var denne (citater): *Naturvidenskabeligt Uddannelsesråd anbefaler derfor at der – den dag ændringer skønnes ønskelige – etableres et antal faste stillinger på lektorniveau, som er øremærkede til rekruttering af egnede kvinder inden for fagområder, hvor kvindeandelen i lærerstaben er særligt lav i forhold til andelen af fagets studerende. Rådet foreslår ikke en permanent ordning med mindstekvoter for antallet af kvinder blandt universitetslærerne*. Da ministre meget forståeligt ikke kan lide uforberedt at blive taget på sengen af kvikke journalister med spørgsmål vedrørende rådgivende ministerielle udvalgs anbefalinger, valgte rådet at sende rapportudkastet til ministeren inden sommerferien med varsel om senere offentliggørelse i september. Spændt ventede vi på ministerens reaktion over sommerferien: Der kom overhovedet ingen tilbagemelding ... (I retrospekt var dette nok en hovedårsag til, at jeg besluttede at trække mit kandidatur

til såvel formandsposten i rådet som fortsat medlemskab og i stedet indtræde i ledelsen af Niels Bohr Institutet, som på det tidspunkt stod over for en række interessante udfordringer.)

Der er fortsat på en række uddannelser en meget markant forskel på sammensætningen af lærerstaben og sammensætningen af de uddannelsessøgende, også når man tager tidsforsinkelsen fra kandidatuddannelse til fast ansættelse i betragtning. Skævheden ses ikke blot på ubalancen mellem mandlige og kvindelige ansatte, den gør sig også gældende når man betragter rekrutteringen af andengenerations indvandrere, som er særligt talrige blandt de studerende på de naturvidenskabelige, sundhedsvidenskabelige og ingeniørvideenskabelige uddannelser (En effekt jeg tilskriver, at man på disse uddannelser – lidt firkantet udtrykt – kan blive akademiker på én generation, hvis man er kvik og flittig).

Man kan naturligvis spørge hvorfor skævhed i rekruttering overhovedet er et problem. Der kan ligge mange forskellige motiver bag et svar på dette afhængig af den enkeltes udgangspunkt. Selv har jeg været hovedfags- og ph.d.-vejleder for en lang række fremragende kvindelige studerende gennem årene og undervejs får man stærke meninger om, at disse skal have samme adgang til spektret af spændende beskæftigelsesmuligheder inden for naturfagene som deres mandlige medstuderende, samt desværre også erfaringer med, at dette ikke altid er tilfældet. Når man i udlandet fra politisk hold gennem årene har behandlet emnet med alvor (Thatcher og Kohl tog markante initiativer, to personprofiler som man vist ikke traditionelt forbinder med progressivitet) skyldes det, at man ser skævheden som et spild af menneskeligt talent og følgelig et nationaløkonomisk tab.

Kan det mon være, at de danske formelle regler om ligestilling i praksis cementerer en reel uligestilling? Der er vist i dag ingen som vil påstå, at de klart kan gennemskue problemkomplekset. Men man behøver ikke altid at forstå et problem for at gøre noget ved det (Jeg bemærkede engang til et symposium om FREIA-programmet, at hvis brandvæsenet havde denne holdning, ville der ikke være et hus tilbage i byen). Så der er fortsat brug for KIF! Jeg har fra sidelinien med stor fornøjelse set rækken af veltilrettede KIF-

årsmøder, læst serien af indholdsrige nyhedsbreve, og erfaret om rækken af andre glimrende initiativer i netværkets regi. Så når KIF fylder 30 år i 2022 tror jeg vi kan konkludere, at tingene flyttede sig hurtigt i de sidste 15 år end i de første.

Litteratur

- [1] Mette Vedelsby (1991), Myter og Realiteter: Kvinder i naturvidenskabelige og teknologiske uddannelser, Forskningspolitisk Råd (211 sider)
- [2] Forskerrekruttering I: Aldersfordeling og mobilitet i de videnskabelige stabe ved universiteterne i København, Odense og Århus (Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab, 1992, 89 sider)
- [3] Forskerrekruttering II: Interviews, forskningspolitiske overvejelser, modeller for stabsfornyelse, mobilitetsfremme og forbedring af kønsprofilen (Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab, 1993, 88 sider)
- [4] Hanne Andersen & Katrine Bohus Madsen (1991), Kvinder på Naturvidenskab: Studiestartprogram for kvinder på mat-fys-kemi fagene, Københavns Universitet (21 sider).
- [5] Rekruttering af kvinder til universitetsstillinger: Hvordan kommer vi videre?, Københavns Universitet, 1992.
- [6] Rekruttering af kvinder til Dansk Naturvidenskab, Naturvidenskabeligt Uddannelsesråd, Undervisningsministeriet, 1995 (22 sider).



Nils O. Andersen er professor i fysik ved Niels Bohr Institutet og for tiden dekan for Det Naturvidenskabelige Fakultet, Københavns Universitet.

Mælkevejens centrum – breddeopgave 26 med didaktisk kommentar

Af Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, RUC.

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

Her bringes løsning og kommentarer til opgaven fra nr. 3, 2006, samt en ny opgave. Opgaven var denne breddeopgave fra RUC (nr. 26 i rækken i KVANT):

26. Mælkevejens centrum

Ved at opmåle omløbstiden for de inderste stjerner i

Mælkevejen som funktion af afstanden til centret for Mælkevejen har man kunnet konstatere tilstedeværelsen af en tilnærmelsesvis punktførmig masse i centrum (et sort hul). Hvordan varierer omløbstiderne med afstanden? Hvordan ville sammenhængen have været, hvis massefordelingen havde været udsmyrt i den centrale del af Mælkevejen?

Løsning

Vi vil for nemheds skyld regne med, at stjernerne tilnærmelsesvis bevæger sig i cirkelbaner. Omløbstiden T for en stjerne med massen m , der i afstanden R kredser omkring den tilnærmelsesvis punktførmige masse M , er da givet ved:

$$mR \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 = \frac{GmM}{R^2} \quad (1)$$

hvor G er gravitationskonstanten. Heraf fås:

$$T^2 = \frac{(2\pi)^2}{GM} \cdot R^3 \quad (2)$$

Altså en sammenhæng imellem T og R svarende til Keplers tredje lov for planeterens bevægelser omkring Solen.

Hvis derimod massen i den centrale del af Mælkevejen havde været udmurt med massetætheden ρ , så ville omløbstiden være givet ved:

$$mR \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 = Gm \cdot \frac{4}{3}\pi R^3 \frac{\rho}{R^2} \quad (3)$$

hvoraf:

$$T^2 = \frac{(2\pi)^2}{\frac{4}{3}\pi G\rho} \quad (4)$$

Altså en omløbstid, der er uafhængig af afstanden til Mælkevejens centrum. I stærk kontrast til (2).

Kommentarer

1. Observationerne af de inderste stjerner i Mælkevejen har først kunnet lade sig gøre inden for de seneste år. Selvom teorien er på breddeopgaveniveau er det derfor af nyere dato, at sammenhængen (2) (fremfor f.eks. (4)) mellem de inderste stjerners omløbstider og deres afstande til Mælkevejens centrum har kunnet konstateres. Og dermed tilstedeværelsen af en stor centralmasse i Mælkevejens centrum, hvis størrelse fremgår af (2).

2. På breddemodulkurset på RUC er der indlagt et mindre forløb i astrofysik. Dets omfang er otte gange tre konfrontationstimer, som leveres af en særlig fagkyndig i astrofysik. Forløbet er der bl.a. af hensyn til de studerende, der skal være gymnasielærere. Og tidligere var nogle af eksamensopgaverne emneorienteret imod astrofysik. I modsætning til de øvrige eksamensopgaver, der altid har været kompetenceorienterede i deres karakter.

Formålet med breddemodulkurset er populært sagt, at de studerende skal trænes i at tænke som en fysiker. Herudover skal kurset styrke deltagernes viden om og forståelse af et bredt udsnit af fysiske fænomener og teorier indenfor klassisk og moderne fysik. I kurset behandles der centrale begreber fra følgende fysikdiscipliner: Klassisk mekanik, hydrodynamik, relativitetsteori, termodynamik og statistisk fysik, elektrodynamik, optik, kvantefysik, samt (summerisk)

atom-, kerne-, partikel- og faststoffysik – og endelig altså astrofysik.

Umiddelbart understøtter formålet at træne de studerende i at tænke som fysikere og formålet at orientere de studerende bredt i fysikkens fænomener og teoriunivers hinanden. Opøvelsen af kompetencen at kunne tænke som en fysiker kræver et øvelsesteræn fra fysikpensummet at træne i. Og kompetenceorienteringen inviterer til at der trækkes linier i det store pensum, så skoven kan ses på trods af de mange træer. Men, hvad angår typen af eksamensopgaver (med al deres styrende virkning), så erfarede vi dengang vi til eksamen stillede emneorienterede astrofysikopgaver parallelt med de øvrige kompetenceorienterede eksamensopgaver, at der må gøres et valg. Selvom det ikke er muligt at skille pensum og kompetencer fra hinanden mere end det er at skille ordforråd og sprogbeherskelse fra hinanden, så gav det anledning til helt forskellige typer opgaver, når fysikkompetencer skulle opfattes som midler til pensumbeherskelse (af astrofysik) som hovedmålet for undervisningen, eller når pensumstilegnelse (af det øvrige pensum) omvendt skulle forstås som et middel under vejs til mere almene fysikkompetencer som hovedmålet for undervisningen.

Da vi ønskede at fastholde breddekurset som et kompetenceorienteret kursus (imod at lære at tænke som en fysiker), og da eksamenopgavetypen er det vigtigste styringsredskab til at sikre den orientering, besluttede vi for en del år siden at tydeliggøre ambitionen med kurset yderligere ved at ophøre med faste astrofysikopgaver. Ligesom der ikke fast er opgaver i kursets øvrige deldiscipliner. Til gengæld har vi gjort os umage med at finde på opgaver, hvor astrofysik (på linie med de andre deldiscipliner) er øvelsesterænet for træningen i at tænke som fysiker. Opgaven her er et eksempel herpå.

Breddeopgave 27. Nedbremssning af neutroner

Til næste nummer af KVANT kan læserne eventuelt overveje løsningen til denne eksamensopgave fra sommereksamen 2006, nr. 27 i rækken her i KVANT:

Lette kerner er bedre til nedbremssning af neutroner i reaktorer end tunge kerner. Hvordan afhænger det maksimale forholdsmæssige energitab af en neutron ved et elastisk sammenstød med en kerne af dennes masse? Begrund svaret.

Løsning og kommentar bringes i næste nummer.

Aktuelle bøger

Af Michael Cramer Andersen og Jens Olaf Pepke Pedersen, KVANT

Naturen i Danmark – Geologien

Hovedredaktør: Kaj Sand Jensen, Gyldendal 2006, 552 sider, 699 kr. inkl. moms. Se www.gyldendal.dk

Det andet bind af fem om "Naturen i Danmark" behandler det danske områdes landskabsmæssige grundlag gennem mere end 500 mio. år. Danske forskere fortæller her om hvordan jordskorpebevægelser, klimaforandringer og naturlige, kemiske processer har skabt vores landskaber, som de ser ud i dag.

"Geologien" beskriver geologiens historie, fra 1600-tallet og frem, og Jordens opbygning generelt. I en række kapitler

beskrives forskellige aspekter af de geologiske processer, der har været med til at forme Danmark og dets omgivelser.

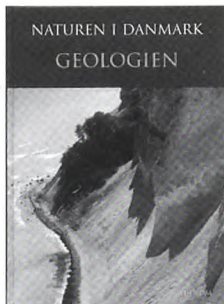
Kapitlet om "Klimaets naturlige variationer" er nok det mest interessante for den fysikinteresserede. Her forklares f.eks. de astronomiske faktorer – ændringer i Jordens akse og formen af Jordens bane – meget pædagogisk. Det danner en god baggrund for den aktuelle diskussion af klimaændringer og global opvarmning.

Bogen beskriver også "Menneskets brug og misbrug af de geologiske dannelser", herunder f.eks. de danske olieletter og det danske grundvand. I bogens sidste afsnit behandles "Fremtidens klima, råstoffer og landskaber".

Det er en yderst flot bog. Hvis man interesserer sig

for Danmarks geologi, finder man næppe en bedre bog om emnet. Bogens opbygning i temaer gør det nemt at finde emner af speciel interesse. Det globale perspektiv er grundigt behandlet og geologien som videnskab er beskrevet både i tekst og billeder. Billedsiden er meget vellykket. I samme serie er udkommet "Havet", og tre bind er planlagt om "Det åbne land", "De ferske vande" og "Skovene". Hele serien koster 2.995 kr.

MCA



Klima, kold krig og iskerner

Forfatter: *Maiken Lolck*, Aarhus Universitetsforlag 2006, 168 sider, 178 kr. inkl. moms. Se www.unipress.dk

Mange specialeopgaver bliver næppe læst af en større kreds udover censor og vejleder, men for Maiken Lolck er det lykkedes at få sit speciale udgivet. Specialet blev skrevet for et par år siden ved Afdelingen for Videnskabshistorie på Aarhus Universitet og en omarbejdet udgave er nu blevet til en velskrevet og spændende bog, som Aarhus Universitetsforlag har udgivet.

Bogen følger historien om dybdeboringerne i den grønlandske indlandsis og starter med Willi Dansgaard, der som ung fysiker manglede anvendelser for et nyanskaffet og dyrt massespektrometer. Han begyndte derfor i 1952 at indsamle regnvandsprøver i sin have i Herlev, og en analyse viste senere, at der var en sammenhæng mellem fordelingen af iltisotoper i regnvandet og lufttemperaturen. Denne opdagelse blev startskuddet til et succesfuldt danske forskningsprojekt, som nu har strakt sig over 50 år.

Titlen refererer dels til, at Dansgaards opdagelse blev anvendt på de grønlandske iskerner til at skaffe os viden om klimaets variationer gennem de sidste 100.000 år, og dels til, at økonomiske og politiske forhold, og herunder ikke mindst den Kolde Krig, havde afgørende indflydelse på forskningens udvikling. En drivkraft bag den første dybdeboring i slutningen af 1960'erne var således USAs militære interesser i projektet Ice Worm, hvor man ville skjule atomare missiler under Indlandsisen.

Det er lykkedes Maiken Lolck at grave nogle meget underholdende fortællinger frem, med både store og små historier, som f.eks. forløbet omkring besættelsen af det første danske professorat i geofysik. Niels Bohr havde forinden argumenteret for, at professoratet skulle oprettes i magnetisme, med det vist ikke helt ukendte argument, at man havde en fremragende mand indenfor området (nemlig fysikeren Niels Arley), som man havde svært ved at få placeret. Dette politiske spil kom til at gå ud over en anden og mere oplagt kandidat til professoratet, nemlig Inge Lehmann, der var internationalt anerkendt for sine seismologiske studier. På grund af Niels Bohrs støtte til Arley blev denne nemlig indstillet af et flertal i bedømmelsesudvalget. Det gav dog så megen ballade i Fakultetsrådet, at Arley til sidst trak sit kandidatur, og Fakultetsrådet valgte så den nemme løsning slet ikke at besætte professoratet, som herefter først blev opslået igen 12 år senere.

Maiken Lolck påviser i bogen, hvordan de mange ydre faktorer – som amerikanernes interesse for Grønland – samt økonomiske, politiske og teknologiske forhold påvirkede iskerneforskningen. Men også hvordan danske forskere, og især Willi Dansgaard, formåede at udnytte de gunstige forhold og dermed bragte Danmark i fronten af et spændende forskningsområde.

JOPP

KVANT har modtager flere bøger end der er plads og tid til at omtale – *Stephen Hawking* og *Leonard Mlodinow*: "Hawkings uendelige univers", Gads Forlag; *Finn Elvekjær* og *Torben Benoni*: "Fysik AB bogen 2", Systime samt *Lars Lindberg Christensen*: "The Hands-on Guide for Science Communicators", Springer.

KVANT-nyheder

Af *John Rosendal Nielsen* og *Sven Munk*, KVANT

Universets Calciumindhold overrasker

ASTROFYSIK. Astronomer fra Nederlands Institut for Rumforskning (SRON) har opdaget, at mængden af calcium i Universet er halvanden gang større end antaget i vores teoretiske modeller. Astronomerne er kommet til denne konklusion efter observationer med ESA's XMM-Newton røntgen rumteleskop.

De tungere elementer såsom grundstofferne ilt, kulstof og jern er alle dannet i supermassive stjerner, der ender som supernovaer. Derved kan de elementer bliver spredt i Universet og bliver vigtige byggesten for nye stjerner, planeter og livet. Der kendes endnu ikke andre måder, hvor disse tunge elementer kan dannes. Det er derfor vigtigt, at man bestemmer mængderne af disse tunge elementer for at forstå supernovaerne.

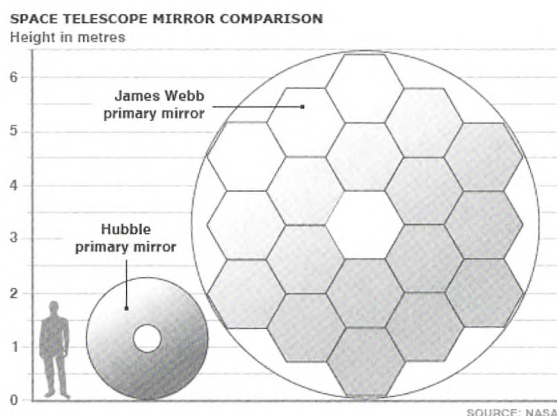
Hollænderne har undersøgt stofmængderne fra Type Ia supernovaer, der opstår ved at to stjerner i omløb omkring

hinanden – typisk en kompakt hvid dværg og en almindelig ledsagerstjerne. Den hvid dværg tiltrækker stof fra ledsagerstjerne i en sådan grad, at strålingstrykket fra kerneprocesserne i kernen af den hvide dværg ikke længere ikke stå imod tyngdekraften fra tiltrukket stof, og dermed eksploderer den hvide dværg som en supernova. Ved at benytte ESA's XMM-Newton rumteleskop har de bestemt mængden af ilt, neon, silicium, svovl, argon, calcium, jern og nikkel i 22 galaksehobe. Det anslås at de har set restprodukter fra omkring 100 tusinde millioner supernovaer. Da de sammenlignede de målte mængder af calcium med mængderne af calcium i de teoretiske modeller opdagede de, at der er halvanden gang mere calcium i Universet end antaget i de teoretiske modeller for supernovaer. Der er stadig meget, vi ikke ved om supernovaer, men formodentligt kan dette resultat bidrage til en bedre forståelse af disse fænomener.

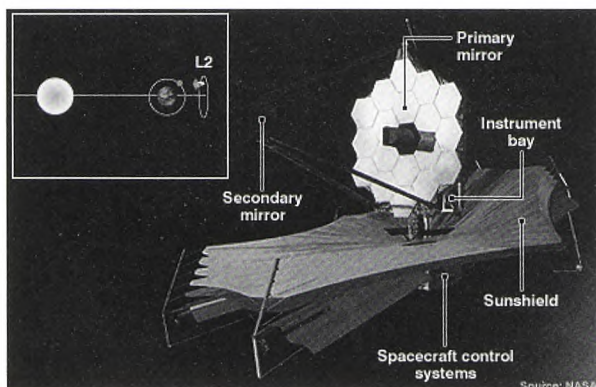
Kilde: News, 6. feb. www.esa.int/esaCP/SEMMMC4ENXE_index_0.html

WEBB-teleskopet godt på vej

ASTRONOMI. Et nyt rumteleskop (James Webb Space Telescope – JWST) er under opbygning. Satellitten, som bærer teleskopet, skal efter planen opsendes med en Ariane 5 i 2013. Med en spejldiameter på 6,6 m (se billedet) forventes det, at blive muligt at se endnu længere tilbage mod Universets skabelse. Jagten på fremmede verdener kan også blive mere intensiv. Selve spejlet er opbygget af 18 hexagonale elementer, som netop er ved at blive færdiggjort med slibning og polering. Hvert af de 18 elementer består af Beryllium og vejer 20 kg. Man har tidligere haft gode erfaringer med netop dette metal som spejlmateriale.



Satellitten skal placeres mellem Solen og Jorden i Lagrange punkt 2, hvilket er 1,5 mio. km fra Jorden. For at reducere IR-strålingen fra selve spejlet holdes temperaturen på 40 K.



Her besøges rumteleskopet på dets plads mellem Jorden og Solen.

Kilde: NASA og <http://news.bbc.co.uk/1/hi/science/nature/6340703.stm>

Kvantecomputer ... virkelig?

KVANTEFYSIK. Et firma i Vancouver, D-Wave, har luftet nogle af sine fremtidsplaner. I løbet af 3 år skal der bygges en special-purpose kvantecomputer, der skønnes at kunne benyttes til løsningen af visse simuleringsproblemer inden for fysikken. Begrebet – a “noisy” piece of quantum hardware – er brugt som karakteristik.

Som en særlig kvalitet ved det nye computer-koncept fremhæves det, at de logiske operationer er baseret på kvantemekanisk tunneffekt. Hermed skulle systemet blive mere robust end ved brug af f.eks. kvantemekanisk entanglement.

At der allerede om et par år skulle være en fungerende kvantecomputer begrundes med det enkle design. En analog chip lavet af lavtemperatur superledere er kernen i systemet. Ganske vist arbejder regnekredsløbet ved 4 K, men der

kræves ingen lasere, vakuumudstyr eller andet eksotisk grej. Kredsløbet er konstrueret sådan, at det egner sig for lithografisk produktionsteknik. Mere om kredsløbets funktion i ref. [1]

Er meddelelserne forstået rigtigt, så vil firmaet ikke producere computer-hardware ud over til eget brug. Det vil sige, at man vil sælge “løsning af umulige matematiske opgaver”.

Inden der går for meget selvsving i sagen om de nye kvantecomputere, bør man nok lige kaste et blik tilbage i historien.

IBM havde et stort projekt med superledende elektronik for en del år siden (i 1970'erne). Efter ret betydelige investeringer konkluderede man, at det næppe kunne føre til kommercielle produkter. Denne form for elektronik indeholdt superhurtige kredsløb (pikosekunder). At kredsløbene skulle afkøles til ekstremt lave temperaturer og samtidig have forbindelse med et tastatur ved stuetemperatur illustrerer en del af problematikken. Det var heller ikke let at masseproducere de superledende logiske kredsløb. Men selvfølgelig: aldrig sige aldrig.

Bernardo Barbiellini har lavet et resume over arbejdet med kvantecomputere. Der er her, så vidt det kan bedømmes, gode referencer til andre forskere.

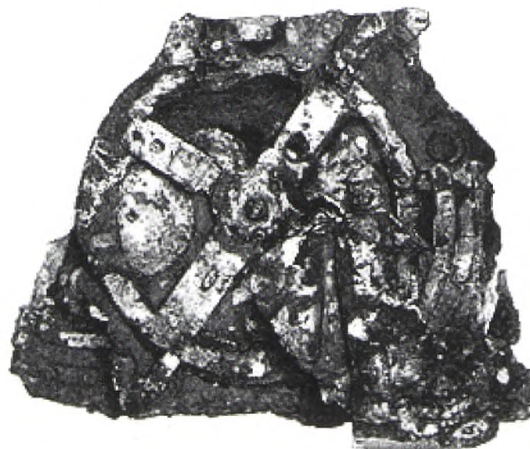
Kilder: [1] <http://stardec.hpcc.neu.edu/~bba/RES/QCOMP/QCOMP.html>;

Nyhedspræsentation, <http://www.technologyreview.com/Infotech/14591>

Gamle grækere hypnotiserer

ASTRONOMI. Fundet for 100 år siden af et “mekanisk ur” i et vrage på bunden af havet mellem Kreta og Peloponnes vækker stadig undren. “Uret” er ikke et ur, men et mekanisk regneværk til at bestemme planeternes position på himlen. Det mest utrolige er dog, at det er lavet af grækere for 2000 år siden. To tusind! Lidt mere præcist: 80 f.Kr.

Da dykkere undersøgte et gammelt græsk skibsvrag fandt de noget metallisk, som de ikke kunne identificere nærmere. Billedet viser det største af de mange bjærgede bronzestykker.



Fundet lagde beslag på hyldeplads de næste 50 år, uden at man nåede nogen afklaring med dette instruments formål. Omkring dette tidspunkt blev metaldelene udsat for en gennemlysning med røntgenstråling. Først da man i 1971 kunne lave gamma-radiografi begyndte strukturen af den indkapslede mekanisme at tegne sig.

Spekulationerne har været mange og der har været udtrykt skepsis m.h.t. alderen af den finmekaniske konstruktion. På vore breddegrader skal man til årene omkring 15-1600 for at finde tilsvarende.

Fordi formålet med mekanikken i starten var så uklar, etablerede man “Antikythera Mechanism Research Project”.

Analyser og spekulationer er nu så fremskredne, at man papirmæssigt (tegning) har rekonstrueret hele mekanikken. Således er det godt gjort, at mekanikken kunne forudberegne måneformørkelser med stor nøjagtighed.

Vil man se en tegning af den rekonstruerede mekanik kan man benytte indgangen til mere om antikythera-fundet (web-adressen nedenfor).

Kilde: <http://www.kythera-family.net>

Fysik i fantasiland

SCIENCE FICTION. Hvem vil ikke gerne kunne rejse tilbage i tiden? Eller med femdobbelts lyshastighed? Hvad med at skyde farlige kometer i småstykker? Der laves film inden for genren SF (science fiction), hvor sådanne ønsker er helt banale – og gerne opfyldes.

For ganske almindelige fysikere kan sådanne om-tolkninger af naturlovene fremstå som lidt af en prøvelse. Under mottoet "Insulting Stupid Movie Physics" er der etableret en lille organisation, som vil lette arbejdet med at analysere SF-film. Både unge og gamle kan sikkert ud fra princippet "find-fem-fejl" have udbytte af at se sådanne film med kritiske øjne. På denne måde kan både skoleelever og kritiske journalister få større viden om fysik.

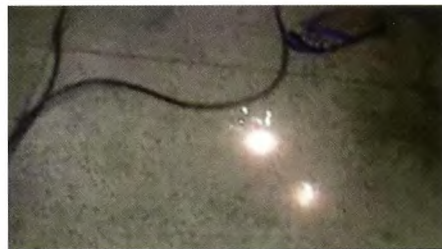
Kilde: <http://www.intuitior.com/moviephysics>

Kuglelyn gnistrer i laboratoriet

PLASMAFYSIK. Kuglelyn har været omgæret af en vis mystik, og mange antog fænomenet som en indbildning på trods af flere observationer.

Men nu et par brasilianske forskere forsøgt at tømme kuglelynene. De to, Gerson Paiva og Antônio Pavao, har skabt et kuglelyn med en levetid på 8 sek. Dette er så vidt

vides en rekord – skriver New Scientist. Man kan selv se eksperimentet filmet på YouTube (hvor nedenstående billede er taget fra).



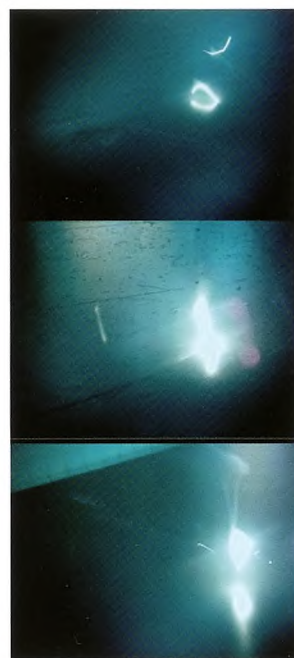
Ifølge en teori fremsat af to forskere fra New Zealand, John Abrahamson og James Disniss fra Canterbury Universitet i Christchurch, opstår kuglelyn, når lynet slår ned i jord med indhold af kisel, hvorved der dannes siliciumdampe. Når dampene afkøles, kondenseres siliciumet til bolde med ladninger på overfladen, og det varme silicium gløder når det kombineres med ilten fra atmosfæren.

Det er denne teori, som Pavao har testet. Kernen i forsøget er at fordampe Silicium, så der dannes en kugle af Si-damp. En tynd Si-skive, med en tykkelse på kun 0,35 millimeter, blev anbragt mellem to elektroder, hvorefter der blev sendt en strøm på 140 A gennem Si-skiven, som derved blev opladet.

Over de næste sekunder flyttede de elektroderne lidt fra hinanden, hvorved siliciumet kunne fordampe i det elektriske felt. Der blev dannet lysende kugler – kuglelyn – på ca. 40 mm i diameter, svarende til bordtennisbolde og de eksisterede i op til 8 sekunder. Ud fra deres blåhvide eller orangehvide farver, anslår Pavao, at de må have en temperatur på omkring 1700 °C.

Kilde: New Scientist www.newscientist.com/article.ns?id=mg19325863.500&feedId=online-news.rss20; YouTube www.youtube.com/watch?v=WnZrtQvGWLg

Billederne herunder viser kuglelyn skabt i laboratoriet.



First announcement

Nordic Network of Women in Physics

3rd Workshop

International Advisory Committee:

- Ass. professor Dorthe N. Madsen
- Ass. professor Ritva Serimaa
- Professor Elisabeth Rachlew
- Professor John Renner Hansen
- Professor Anne Borg
- Professor Cecilia Jarlskog

Local Organizing Committee:

- Karin Nordstrøm Andersen (Chair)
- Cathrine Fox Maule
- Ramona Mateiu
- Alexandra Boltasseva
- Inge Rasmussen
- Johannes Andersen
- Karina Lindberg

The workshop objectives are

- To train, encourage and retain female Ph.D. students and postdocs
- To allow students and young researchers to find female advisors, mentors and role models in their field
- To allow female physicists at all career stages to exchange information and experience and to establish contacts with each other

The workshop program includes

- plenary talks by Meg Urry and Naomi Halas
- parallel sessions
- poster sessions (with award for the best poster)
- plenary session on gender issues
- practical training workshops
- networking

Technical University of Denmark
Lyngby, Denmark
16-17 August 2007

Registration deadline JUNE 15 2007 at <http://www.mic.dtu.dk/norwip>



Hubble bestemmer massen af massive stjerner

I den åbne stjernehop Pismis24 troede man indtil for nyligt, at der lå den tungeste stjerne i Mælkevejen. Den massive stjerne hedder Pismis24-1, og man antog, at den skulle veje 200-300 solmasser. Men astronomen Jesús Maíz Apellániz fra Andalusiske Institut for Astrofysik i Spanien har ved hjælp af Hubble teleskopet opdaget, at Pismis24-1 snarere er to separate stjerner med en masse på hver 100 solmasser. Observationerne antyder, at det måske ligefrem

kan være tale om et system af tre stjerner hver med en gennemsnitlig masse på 70 solmasser. Det er usædvanligt at have så mange tunge stjerner i samme hob. For hver stjerne der fødes med en masse på 65 solmasser eller mere, fødes der 18.000 stjerner med én solmasse. Derfor er massive stjerner meget sjældne i Mælkevejen. Massive stjerner lever heller ikke særligt længe. Deres levetid er typisk få millioner år, hvilket er relativt kort. Derefter bliver de til en supernova for at ende som et sort hul.



Stjernehopet Pismis24 befinder sig i Skorpionen og ligger 8.000 lysår fra Jorden i centrum af tågen NGC6357, der har en udstrækning på én grad på himlen. Den intense ultraviolette stråling fra stjernerne opvarmer den omliggende gas og danner nærmest en boble i NGC6357. Dele af tågen er ioniseret af de yngste (og de blåligste) tunge stjerner i Pismis24. (NASA/ESA HST).