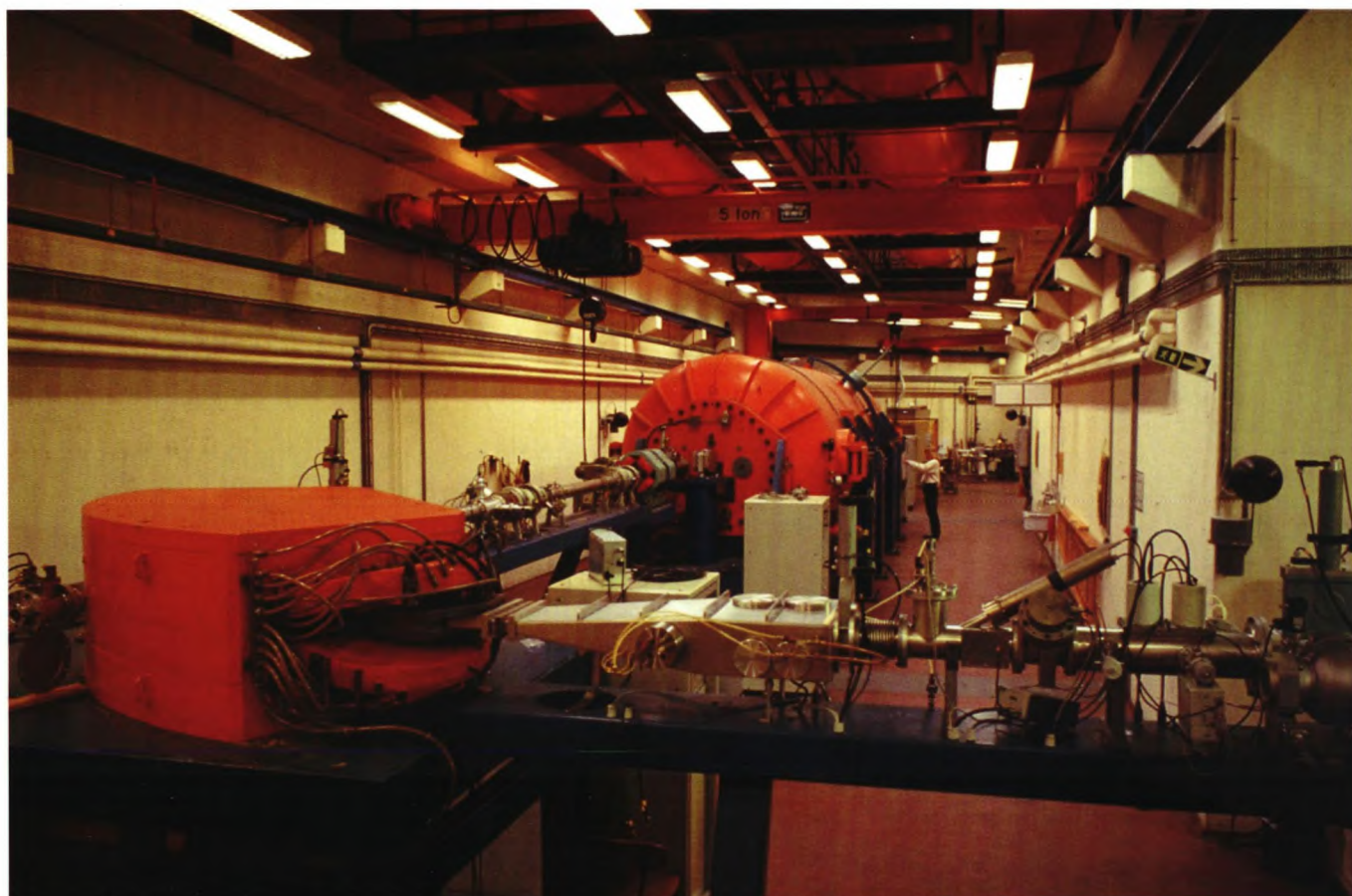


KVANT

April 2001 1

Tidsskrift for Fysik og Astronomi 12. årgang



- DE FORSVUNDNE VIKINGER PÅ GRØNLAND •
- ÆNDRINGER I HAVNIVEAU – ET SIKKERT KLIMATEGN •
- KONKURRENCE MELLEM TRE GRUPPER • NOBELPRISEN I KEMI 2000 •
- LÆSERREJSE TIL SYDAFRIKA – OPLEV SOLFORMØRKELSEN 21. JUNI MED KVANT •
- ER FYSIK I FARE ELLER FARET VILD? • NYHEDER FRA KVANT, AS, DFS, DGF OG SNU •

LØSSALGSPRIS: 35 KR

KVANT

Tidsskrift for Fysik og Astronomi

Ørsted Laboratoriet, Niels Bohr Institutet
Universitetsparken 5
DK-2100 København Ø

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

Udgives af
Astronomisk Selskab
Dansk Fysisk Selskab
Dansk Geofysisk Forening
Selskabet for Naturlærens Udbredelse

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

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

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

Priserne er excl. moms og for reproklart materiale. Henv. om annoncer til redaktøren, tlf. 35 32 05 73 / fax 35 32 05 76. Henv. vedr. abonnement til forretningsfører Lene Kørner tlf. 35 32 07 62 (koerner@math.ku.dk).

Oplag: 3.000. Tryk: P. J. Schmidt A/S,
Vojens. ISSN 0905-8893



Produktionsplan

Nr. 2-01 udkommer ca. 1. juni
Nr. 3-01 udkommer ca. 15. september
Nr. 4-01 udkommer ca. 15. december
Deadline for mindre bidrag og annoncer er ca. en måned før, længere artikler skal modtages mindst to måneder før.

Indhold:

Temanummer om geofysik

Kvant markerer med dette nummer, at Dansk Geofysisk Forening har valgt at bruge bladet som medlemsblad. Artiklen på næste side udspringer således af et foredrag i Dansk Geofysisk Forening i december sidste år, hvor Jan Heinemeier fortalte om ^{14}C -datering og de forsvundne vikinger på Grønland. Forsidebilledet viser tandemacceleratoren på Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet, som bliver brugt til ^{14}C -datering samt til grundforskning indenfor atomfysik, kernefysik og faststoffysik.

På side 30 forklarer Niels Kristian Højerslev og Ole Andersen, hvorledes satellitmålinger af havoverfladen kan bruges som indikator på klimaforandringer, og på side 14 offentliggør Aksel Wiin Nielsen en model, der kan bruges til at beskrive konkurrence mellem tre grupper i f.eks. botanik, zoologi og økologi – eller i forskningen.

Derudover bringer vi i dette nummer en artikel om Nobelprisen 2000 i Kemi (side 10), og på bagsiden bringer Per-Anker Lindgård en stemningsberetning fra fysikernes verdenskongres i Berlin.

Som en nyskabelse i Kvant har vi på side 19 et rejsetilbud til læserne om at komme med til Sydafrika for at opleve sommerens solformørkelse!

I resten af 2001 udkommer Kvant som tre temanumre om henholdsvis astronomi, klima og undervisning. Læs mere om de kommende numre på side 27.

Hvad isotoperne fortæller om de forsvundne vikinger på Grønland

Jan Heinemeier og Niels Rud 3

Breddeopgaver

Jens Højgaard Jensen 9

Nobelprisen i kemi 2000: Ledende polymerer

Jeppe Madsen og Sune Lund Jensen 10

Konkurrence mellem tre grupper

Aksel Wiin Nielsen 14

Boganmeldelse: "Universet" 18

Oplev solformørkelsen i Afrika 21. juni! 19

Nyt fra Astronomisk Selskab 20

Nyt fra Selskabet for Naturlærens Udbredelse 20

Nyt fra Dansk Fysisk Selskab 21

Nyt fra Dansk Geofysisk Forening 22

Løsninger og kommentarer til breddeopgaver

Jens Højgaard Jensen 26

Kvant i 2001 - astronomi, klima og undervisning 27

Kvant-nyheder

Michael Cramer Andersen 28

Ændringer i havniveau – et sikkert klimategn

Niels K. Højerslev og Ole B. Andersen 30

Er fysik i fare eller faret vild?

Per-Anker Lindgård Bagsiden, (fortsættes side 23)

Hvad isotoperne fortæller om de forsvundne vikinger på Grønland

Jan Heinemeier og Niels Rud, AMS ^{14}C Dateringslaboratoriet, Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet.

Grønland blev i vikingetiden koloniseret af norske og islandske bønder, der grundlagde bygder med gårde, kirker og klostre, der bestod i henved et halvt årtusind. Men engang i 1400-tallet affolkedes kolonierne og forsvandt. Hvorfor bukkede nordboerne under, medens eskimobefolkningen trivedes og bredte sig? Det er en af de store gåder i europæisk historie. Der har været gjort mange forsøg på at løse gåden og forklare hvorfor nordbokolonierne måtte give op, uden at spørgsmålet er blevet endeligt afklaret. I det følgende fortælles om en naturvidenskabelig tilgang til problemet, som kom i stand ved et tværfagligt samarbejde mellem antropologen Niels Lynnerup fra Panum Institutet, arkæologen Jette Arneborg fra Nationalmuseet, geologen Árny E. Sveinbjörnsdóttir fra Islands Universitet og fysikerne Niels Rud og Jan Heinemeier fra AMS ^{14}C Dateringslaboratoriet, Aarhus Universitet.

Danmark råder over en enestående samling af skeletrester fra nordbograve, fremdraget ved Nationalmuseets udgravninger i kirkegårde i de gamle kolonier i Grønland, der har stået på gennem 80 år. Dette knoglemateriale er nu blevet underkastet en omfattende isotopanalyse, der har kunnet afgøre hvilken type føde, hver enkelt individ har indtaget, samtidig med at knoglerne er blevet ^{14}C -dateret ved hjælp af accelerator-massespektrometri (AMS). Vi kan ikke hævde, at målingerne har ført til en løsning af spørgsmålet om nordboernes forsvinden, men de har gjort det muligt at udelukke nogle hypoteser. Isotopmålingerne har således påvist, at nordboerne langsomt men sikkert har ændret kostvaner. I Landnamtiden omkring år 985 bestod kosten af 80% landbrugsprodukter og 20% føde fra det omgivende hav, men efterhånden spillede havets produkter en større og større rolle, således at billedet henimod slutningen af perioden var vendt helt om – i 1400-tallet levede nordboerne af 80% marin føde. Lidt forenklet udtrykt: De startede som bønder, men endte som fiskere. Det har været hævdet af amerikanske arkæologer, at nordboerne bukkede under, fordi de var kulturelt ufleksible og ikke kunne eller ville tilpasse sig. Den hypotese kan nu afvises.

Nordbokolonierne

I følge sagaerne førte Erik den Røde år 985 eller 986 en lille gruppe vikinger til sydvestkysten af Grønland for at grundlægge en europæisk bondekoloni. Området foran de grønlandske gletschere kunne naturligvis kun give grundlag for en agerbrugsøkonomi, der var baseret

Box 1. Kulstof – ^{14}C metoden

Kulstof-14 datering af materiale af biologisk oprindelse er baseret på måling af materialets indhold af den radioaktive kulstofisotop ^{14}C , der produceres i atmosfæren af kosmisk stråling og derfra via planternes fotosyntese indgår i alle fødekæder på landjorden og i havene. Produktionen af ^{14}C opretholder en kvasi-stationær ligevægt i atmosfæren og i de levende organismer, hvor isotopforholdet $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ er ca. $1,2 \times 10^{-12}$. Når en organisme dør, brydes ligevægten og ^{14}C koncentrationen aftager med halveringstiden 5730 år. Måling af den aktuelle ^{14}C koncentration fører til en bestemmelse af alderen, dvs. den tid, der er gået siden organismens død. Da atmosfærens $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ forhold har varieret betydeligt (op til 10%) gennem tiderne, er den eksponentielle henfaldslov uanvendelig til beregning af alderen, som i stedet bestemmes ved sammenligning med nøjagtige målinger af ^{14}C i årringe i træ med dendrokronologisk bestemt alder. Denne såkaldte træingskalibrering rækker ca. 10.000 år tilbage i tiden. Da ^{14}C i træringe ikke aftager strengt monotont med alderen, vil usikkerheden på den kalibrerede alder for en given ^{14}C -måleusikkerhed variere afhængigt af hvor på kalibreringskurven man befinder sig. Dateringer kan foretages 30–40.000 år tilbage, dog må man for målinger i det ukalibrerede område angive en såkaldt "konventionel ^{14}C alder" baseret på en antagen standardværdi for atmosfærens $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ -forhold.

på husdyrhold. Men til trods for de ugæstfri omgivelser og den fjerne beliggenhed havde denne europæiske forpost gode forbindelser tilbage til Europa – der var regelmæssig sejlads mellem Grønland, Island, Norge og resten af Europa. Det var vikinger, der fra baser i Grønland opdagede Amerika næsten 500 år før Columbus' historiske opdagelsesrejse i 1492.

Kolonien begyndte at gå i opløsning i midten af 1300-tallet, da den nordligste del, Vesterbygden, blev opgivet og de grønlandske nordboer synes at være helt forsvundet, også fra det sydligere Østerbygden, på et tidspunkt i 1400-tallet. Hvad der egentlig skete, er stadig en gåde og har i tidens løb været genstand for heftig debat. Der har været nævnt årsager som forvær-

ret klima, overgræsning, epidemier, indavl, engelske sørøvere, fjendtlige eskimoer, fremmed konkurrence på handelen, bortfald af eksportmarkedet for hvalrostand – eller en kombination af dem alle.

Hidtil har kendskabet til den norrøne kulturs udvikling i Grønland hovedsageligt været baseret på skrevne kilder og udgravninger af ruinerne af nordboernes bygder (bygninger, gårde) og kirkegårde. Resultaterne af udgravninger af nordbogårdernes møddinger fortolkes som vidnesbyrd om en økonomi baseret på husdyrhold og sælfangst, men det er svært at udlede kvantitative resultater, da der altid vil være usikkerhed om, hvor stor en del af knoglerne fra de forskellige fødeemner, der er endt på møddingen, og i hvilket omfang de er bevaret. Et eksempel er fiskeben, der hurtigt forvitrer i arkæologiske lag, hvis de overhovedet når frem – de er skattede fødeemner for f.eks. fugle, hunde og grise. Den kendsgerning, at netop fiskeben mangler i fund fra møddingerne, har fået især amerikanske arkæologer til at hævde, at nordboerne ikke kunne overleve, fordi de ikke udnyttede havets ressourcer. Som vi skal se senere, er der faktisk en simpel forklaring på de manglende fiskeben.



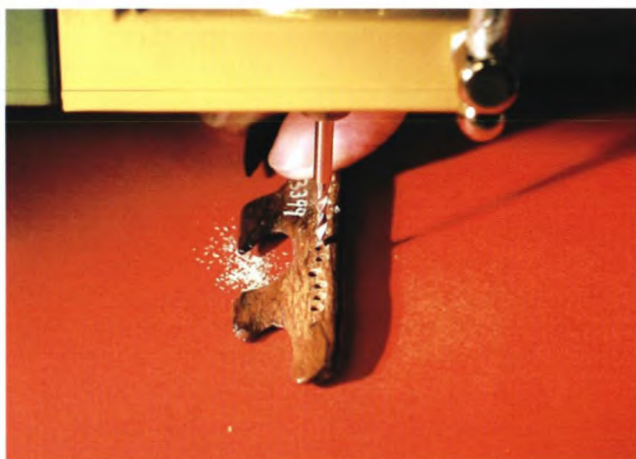
Figur 1. Et helt ribben af spædbarn ved siden af et knoglefragment, der repræsenterer den stofmængde, der er tilstrækkelig til en ^{14}C -datering med acceleratormetoden. I hele barnets skelet ville der ikke være nok materiale til en traditionel ^{14}C -datering.

Endnu sværere er det at se, om der har været tale om en udvikling i fødeunderlaget, f.eks. som tilpasning til ændrede livsbetingelser – ikke mindst fordi de arkæologiske dateringer er indirekte, baseret på de skriftlige kilder og identifikation af de enkelte ruiner ved sammenligning med beskrivelserne i kilderne.

Naturvidenskabelige dateringer og isotopundersøgelser

Der har således været hårdt brug for en mere direkte og naturvidenskabelig tilgang. Af gennemgående daterbart materiale har der næsten kun været menneskeknogler til rådighed, da gravgaver ophører med kristen-

dommens indførelse kort efter Landnam. Da der til en traditionel ^{14}C -datering (se Box 1 og 2) medgår mindst 1 gram kulstof fra knoglens kollagen, altså det meste af f.eks. et lårben fra et voksent menneske, har man stort set afstået fra at foretage dens slags dateringer på den enestående samling af nordboknogler (dele af skeletter fra 450 mennesker), som findes på Panum Institutet. Knoglematerialet er resultatet af Nationalmuseets udgravninger, som Poul Nørlund startede i 1921 og som stadig pågår. Samlingen giver en enestående dækning af en hel kultur, fordi stort set alle kirkegårde kendt fra de skriftlige kilder er repræsenteret.



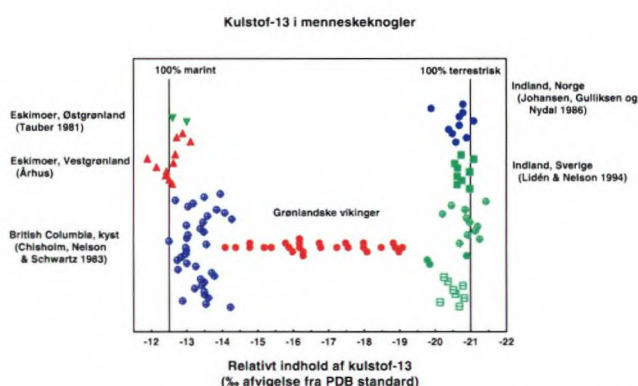
Figur 2. Prøveudtagning til AMS ^{14}C -datering og analyse for stabile isotoper af en harpunspids af ben ved udboring med 2 mm bor. Prøver af knogler udbores på samme måde. Kollagen udtrækkes af knogleprøven og forbrændes til kuldiioxid, som analyseres. Erfaringen har vist, at forholdet mellem kulstofisotoper bevares intakt i kollagenet.

Indførelsen af den nye AMS-teknik til ^{14}C datering (se Box 2 og [1]) har medført et gennembrud for knogledatering, idet der til hver datering med AMS-metoden medgår mindre end en tusindedel af den prøvemængde, der kræves til en traditionel ^{14}C datering. Der kan altså laves dateringer på selv ganske små knoglefragmenter (100 mg) med under 1 mg kulstof fra kollagen (figur 1) og der kan endda opnås en meget høj grad af sikkerhed ved flere dateringer på den samme knogle uden at der ødelægges nævneværdigt af det uerstattelige arkæologiske materiale (figur 2).

For AMS Laboratoriet var det faktisk en af de hidtil største udfordringer, da vi fik henvendelse fra Niels Lynnerup og Jette Arneborg om et dateringsprojekt og isotopundersøgelser på vikingeknogler fra den norrøne periode i Grønland. Målet var at dække nordboperioden tidsmæssigt og med en vis geografisk (Østerbygd/Vesterbygd) og social variation. Til formålet var udvalgt 27 menneskeknogler, 6 tekstiler og en enkelt koknogle.

Vanskelighederne var indlysende: Der stilles meget høje krav til præcision i dateringerne, når der skal fastlægges en kronologi inden for den korte koloniserings-

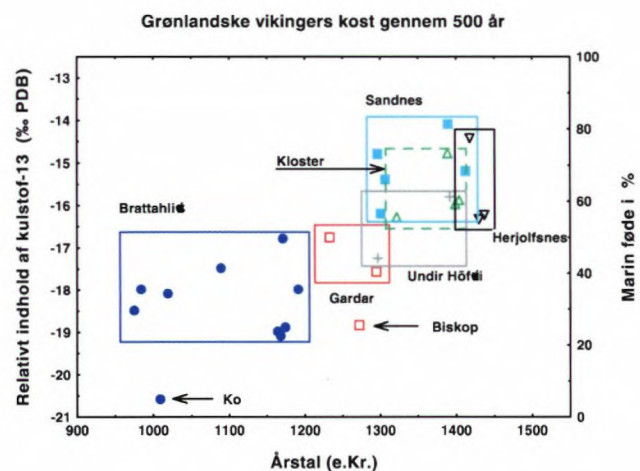
periode på bare 400–500 år. Ved dateringer af mennesker, der har haft adgang til føde fra havet, ligger der yderligere en principiel vanskelighed i at den marine fødekæde har en tilsyneladende ^{14}C -alder, der er omkring 400 år højere end den tilsvarende (samtidige) terrestriske, fordi kulstofets residens i verdenshavene er meget større end i atmosfæren og biosfæren. Det vil sige, at knoglerne af en viking, der måtte have levet udelukkende af sæl og fisk fra havet, vil se ca. 400 år ældre ud i en ^{14}C -datering end en tvilling, der har levet udelukkende af fårekød og mælk. Hvis vi ikke kender forholdet mellem den marine og den terrestriske fødeandel, kan en meget “marin” nordbo fra slutningen af perioden komme til at se ud, som om han er fra Landnamstiden.



Figur 3. Figuren viser, hvor tydeligt $\delta^{13}\text{C}$ (x-aksen) kan skelne mellem mennesker, der har spist henholdsvis landføde og havføde (y-aksen bruges kun til gruppering af de enkelte dataserier). Forhistoriske mennesker fra indlandet i Norge og Sverige ligger helt til højre på figuren med en meget “terrestrisk” $\delta^{13}\text{C}$ -værdi på -21 promille, mens grønlandske eskimoer og indianere fra Canadas vestkyst ligger langt til venstre med de mest marine $\delta^{13}\text{C}$ -værdier omkring $-12,5$ promille. Vikingerne i Grønland dækker næsten hele det mellemliggende område. Det tolker vi som at befolkningens marine fødeandel strækker sig fra 20% og helt op til 80% marin føde – en enestående spændvidde i kostvaner for en befolkning, der er så koncentreret geografisk, kulturelt og tidsmæssigt.

Ud over anvendelse af gentagne ^{14}C -målinger på den enkelte knogle for at opnå høj præcision og sikkerhed i dateringerne lå løsningen i at måle forholdet $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ mellem de stabile kulstofisotoper. Dette forhold angives af praktiske grunde som $\delta^{13}\text{C}$, der udtrykker isotopforholdets relative afvigelse fra en standard (se Box 3). At $\delta^{13}\text{C}$ -værdien er forskellig for den terrestriske og den marine fødekæde blev tidligt erkendt af Henrik Tauber (leder af ^{14}C Laboratoriet ved Nationalmuseet gennem mange år) og anvendt til en omtrentlig vurdering af den marine fødeandel for arkæologiske menneskekogler [2,3].

For at gennemføre projektet var det en nødvendig forudsætning, at det faktisk er muligt at gennemføre en detaljeret, kvantitativ beregning af den marine fødeandel ud fra den målte isotopsammensætning af kulstoffet i knoglernes kollagen og dermed beregne den nøjagtige korrektion (den såkaldte reservoirkorrektion) af ^{14}C alderen på grund af den “gamle” havføde. “Du er hvad du spiser” skal altså gælde helt bogstaveligt, hvad angår isotopsammensætningen.



Figur 4. $\delta^{13}\text{C}$ -værdier i grønlandske vikingeskeletter som funktion af dødstidspunktet, bestemt ved hjælp af ^{14}C . På den højre akse er $\delta^{13}\text{C}$ oversat til det beregnede procentvise marine indhold i personens kost. Symbolerne referer til resultater fra de enkelte (indrammede) kirkegårde. Figuren viser, at de store forskelle i kostvaner svarer til en markant stigning i udnyttelsen af ressourcer fra havet i løbet af tiden i Grønland. Skelettet fra Gardar, der er mere terrestrisk end de øvrige, er en biskop (begravet med sin stav), der formentlig stadig er præget af kosten fra sit hjemland, Norge.

At to mennesker, der har de samme kostvaner, virkelig får ens $\delta^{13}\text{C}$ -værdier, antydes af en sammenstilling af $\delta^{13}\text{C}$ -værdier på arkæologiske knogler, målt af internationale laboratorier og AMS Laboratoriet i Århus (figur 3). De “terrestriske” mennesker fra det indre af Norge og Sverige har en meget snæver, entydig $\delta^{13}\text{C}$ -fordeling omkring -21 promille, mens eskimoer, der er sammenfaldende tidsmæssigt og geografisk med nordboerne i Grønland, har en snæver, “marin” $\delta^{13}\text{C}$ -fordeling omkring $-12,5$ promille, i overensstemmelse med en arkæologisk begrundet forventning om en (næsten) rent marin levevis. På figuren ses, at kystindianere fra British Colombia, der også er meget marine, udviser en større spredning i $\delta^{13}\text{C}$ som følge af, at de har haft større adgang til terrestrisk føde. Spredningen afspejler individuelle forskelle i valget af føde.

Kulstof-13 og vikingernes kost

På samme diagram (figur 3) ses $\delta^{13}\text{C}$ -målingerne på de grønlandske vikinger. Målingerne er foretaget med høj præcision af Árný E. Sveinbjörnsdóttir med massespek-

Box 2. Kulstof – 14 datering med tandem-accelerator

Ved den traditionelle ^{14}C -metode bestemmes ^{14}C -koncentrationen ved tælling af betapartikler fra ^{14}C i en gastæller. Metoden blev opfundet og udarbejdet i årene 1947–51 af Libby i USA. Det første land uden for Amerika, der indførte metoden, var Danmark, der oprettede et ^{14}C -laboratorium på Nationalmuseet i 1951 – iøvrigt kraftigt støttet af Niels Bohr. Den lange halveringstid (5730 år) for ^{14}C gør radioaktivitetsmåling meget ineffektiv, idet der kræves prøver på mindst 1 gram kulstof samt lange måletider. Imidlertid lykkedes det for fysikere i Canada og USA i 1977 at måle $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ -forhold ved direkte massespektrometri ved hjælp af en tandemaccelerator, hvorved effektiviteten kan reduceres så meget, at kravet til prøvestørrelsen kan reduceres til 0,1 mg. Metoden betegnes accelerator-massespektrometri (AMS). Massespektrometrisk måling af ekstremt lave $^{14}\text{C}/^{12}\text{C}$ -forhold i området 10^{-12} – 10^{-15} forudsætter en fuldstændig elimination af urenheder på massetal 14 (som f.eks. ^{14}N og molekylerne $^{14}\text{CH}_2$, ^{13}CH og Li_2), som kun kan opnås med en tandemaccelerator. Usikkerheden i en AMS-måling kan bringes ned på 0,2%, svarende til 20–30 ^{14}C -år. Tandemacceleratoren på Institut for Fysik og Astronomi ved Aarhus Universitet har siden 1984 udgjort den instrumentelle basis for AMS ^{14}C dateringslaboratoriet, som er et tværfagligt projekt finansieret af Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd (SNF) og Det Naturvidenskabelige Fakultet. Der udføres dateringer på fortrinsvis arkæologiske og geologiske prøver. Interessen for dateringer har oversteget alle forventninger, idet der for tiden dateres ca. 1000 prøver om året. Tandemacceleratoren er en veteran i dansk fysik, som i 1958 indkøbtes til Niels Bohr Instituttet og blev i 1973 overtaget og forbedret af Fysisk Institut i Århus. Der har vist sig voksende problemer med driften af den gamle og nedslidte maskine, hvorfor muligheden for anskaffelse af en moderne, automatiseret accelerator til laboratoriet i øjeblikket undersøges.

trometeret på Science Institute i Reykjavik som led i et fast etableret dateringssamarbejde med AMS Laboratoriet i Århus. Resultatet er slående: Vikingerne dækker næsten hele området mellem de terrestriske mennesker i Norge og Sverige og de marine eskimoer på Grønlands sydvestkyst. Oversat til fødesammensætning svarer det til hele intervallet fra 20% til 80% i marin fødeandel.

Der er tale om en helt usædvanligt stor variation i fødeunderlag for én kultur i en meget begrænset tidsperiode. Det kunne skyldes individuelle præferencer evt.

i forbindelse med social lagdeling, eller der kunne være tale om en tidsudvikling, f.eks. som følge af den stadige forringelse af det regionale klima gennem perioden, som den seneste danske iskerneforskning har vist [4]. For at løse spørgsmålet kræves nøjagtige ^{14}C dateringer, der er korigeret for reservoir-effekten af det beregnede indhold af "gammel" marin føde for hvert individ.

Kulstof-13 og nøjagtige ^{14}C dateringer

Her er vi blevet hjulpet af et helt usædvanligt heldigt fund fra kirkegården ved det, der er blevet identificeret som Herjolfsnes – den sydligste af de norrøne bosættelser, etableret af handelsmanden Herjolf, og som forventes at være en af de seneste bebyggelser i funktion. Ved udgravningen i 1921 blev der sammen med tre skeletter tæt ved hinanden fundet de uldklæder, der var brugt ved begravelsen af mangel på træ til kister, og som tydeligvis var bevaret af permafrosten. Klæderne giver en enestående mulighed for at kontrollere den korregerede ^{14}C -alder af knoglerne. ^{14}C -datering af et enkelt par uldtråde fra hver dragt viser at gravene er samtidige som forventet ud fra den indbyrdes placering.

Da fåreuld er terrestrisk er der ikke brug for reservoirkorrektion og alle tre grave er dermed dateret til 1430 e.Kr. med en usikkerhed på ± 15 år – faktisk foreløbigt den seneste sikre datering af nordboernes tilstedeværelse i Grønland. Ét af skeletterne, en ung kvinde (20–25 år), havde en ukorrigeret ^{14}C alder, der var 420 år ældre end klæderne, hvilket ville placere hendes død kort efter Landnam, mens de to andre skeletter, et barn og en ældre kvinde, var omkring 250 år ældre end klæderne. Imidlertid viste $\delta^{13}\text{C}$ -analyse af knoglerne et marint indhold på næsten 80% for den unge kvinde og ca. 55% for de to andre. Selv om beregningerne er mere komplicerede, er løsningen i forenklet form således: Ved at fratrække den tilsvarende brøkdel af en fuldt marin reservoiralder på 450 år for hvert af de tre individers ^{14}C dateringer, bliver de alle tre samtidige med klæderne. Da det marine indhold er meget forskelligt, giver det tillid til at metoden virker til detaljerede individuelle korrektioner.

Efter at parametrene hermed var lagt fast, kunne vi korrigere alle knogledateringerne i undersøgelsen på tilsvarende måde. De er afbildet, kalibreret i kalenderår, på x-aksen i figur 4, mens y-akserne viser henholdsvis den målte $\delta^{13}\text{C}$ -værdi og den heraf udledte marine fødeandel i procent.

Bemærk, at de tidligste dateringer af menneskeknogler netop ligger i Landnamstiden (der begyndte 985 eller 986 e. Kr. ifølge de skriftlige kilder). Knoglerne stammer fra kirkegården omkring et ganske lille anlæg, som arkæologerne har identificeret som resterne af den første kirke. Ifølge sagaerne blev den anlagt af Erik den Rødes kone Tjodhilde i nærheden af hans gård ved Brattahli og er dermed et af de tidligste norrøne anlæg i Grønland. Dateringen af en okseknogle (der jo som terrestrisk dyr ikke behøver nogen korrektion),

fundet i en grav på samme kirkegård, understøtter de tidlige menneskedateringer og sandsynliggør, at identifikationen af Tjodhildes kirke er korrekt. Selv om de tidlige menneskeknogler kun er omkring 20% marine, er det helt afgørende at anvende den tilsvarende reservoirkorrektion. Ellers ville dateringerne placere de første bosættere 150 år tidligere end de historiske oplysninger tillader.

Nordboerne skifter til føde fra havet

Nu hvor kronologien ligger fast, kan vi af figur 4 se, at de store forskelle i de undersøgte menneskeknoglers marine indhold repræsenterer en markant stigning i nordboernes afhængighed af havføde i løbet af perioden fra Landnam til byggerne affolkes 4–500 år senere. I begyndelsen er fødesammensætningen omkring 20% marin – nærmest som hos samtidige nordmænd. I slutningen af perioden er der sket en tilpasning til marine ressourcer – omend kun op til 80% af det niveau, vi ser for de samtidige eskimoer. Om denne dramatiske ændring i nordboernes levevis i løbet af nogle få hundrede år skyldes et pres fra et forværret klima må fremtidig forskning afgøre. Men denne undersøgelse kan under alle omstændigheder tilbagevise eksisterende spekulationer om, at nordboerne bukkede under, fordi de enten ikke kunne eller ikke ville tilpasse sig koldere tider ved at gå over til at udnytte havets rige ressourcer.

Fremtidig isotopforskning

Undersøgelsen har vist, at der er et væld af informationer og analysemuligheder i sådanne isotopundersøgelser. Det er også blevet klart for os, at en nærmere kvantitativ forståelse kræver undersøgelser af de stabile isotopers udvikling gennem fødekæderne – den marine og den terrestriske. Vi har derfor inddraget konservator Jeppe Møhl fra Zoologisk Museum i København og professor i arkæometri Erle Nelson, Vancouver, i et samarbejde, der støttes af Carlsbergfondet, om isotopundersøgelser af arkæologisk knoglemateriale fra nordboernes husdyr og fangst dyr ud over skeletter af nordboer og eskimoer. Dyreprøverne skal dække stort set hele fødeunderlaget for såvel nordboer som eskimoer og repræsentere en variation i tid, i lokalitet (Østerbygd/Vesterbygd), art (hest, ko, får, ged, svin, hund, rensdyr, hare, ulv, moskus, hvalros, flere hvalarter og de fem relevante særlarter) samt sociale forskelle i de gårde, som husdyrene har tilhørt. Knoglerne findes på Zoologisk Museum i København. Hvor $\delta^{13}\text{C}$ i knoglerne giver information om, hvilket reservoir kulstoffet stammer fra, forventes tilsvarende målinger af $\delta^{15}\text{N}$ (se Box 3) at give information om dyrets niveau i fødekæden. Populært sagt er det nøglen til at forstå om et menneske har levet af fisk eller af sæler, der selv æder fisk. Målingerne af $\delta^{13}\text{C}$ og $\delta^{15}\text{N}$ udføres for øjeblikket i henholdsvis på massespektrometrene i henholdsvis Reykjavik og Vancouver, men vil for fremtiden også kunne udføres på AMS ^{14}C Date-

ringslaboratoriet i Århus, der netop har indkøbt et nyt massespektrometer bevilget af Forskningsrådets program for kostbart udstyr.

Box 3. Stabile isotoper

Naturligt kulstof består af to stabile isotoper, ca. 99% ^{12}C og 1% ^{13}C . Isotopforholdet i en kulstofprøve udtrykkes konventionelt som en $\delta^{13}\text{C}$ -værdi, hvor $\delta^{13}\text{C}$ er defineret som den relative afvigelse af prøvens $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ -forhold fra en standard (karbonatmineralet PDB). $\delta^{13}\text{C}$ udtrykkes sædvanligvis i promille. Masseforskellene betyder, at $\delta^{13}\text{C}$ undergår ændringer i kemiske reaktioner som f.eks. fotosyntesen (isotopfraktionering). Da fotosyntesen følger forskellige reaktionsskemaer for planter på land og i havet, vil fødekæderne i de to miljøer udvise forskellige $\delta^{13}\text{C}$ -værdier. Typiske værdier for humant knoglekollagen er $\delta^{13}\text{C} = -21$ promille for ren terrestrisk føde og $\delta^{13}\text{C} = -12,5$ promille for ren marin føde.

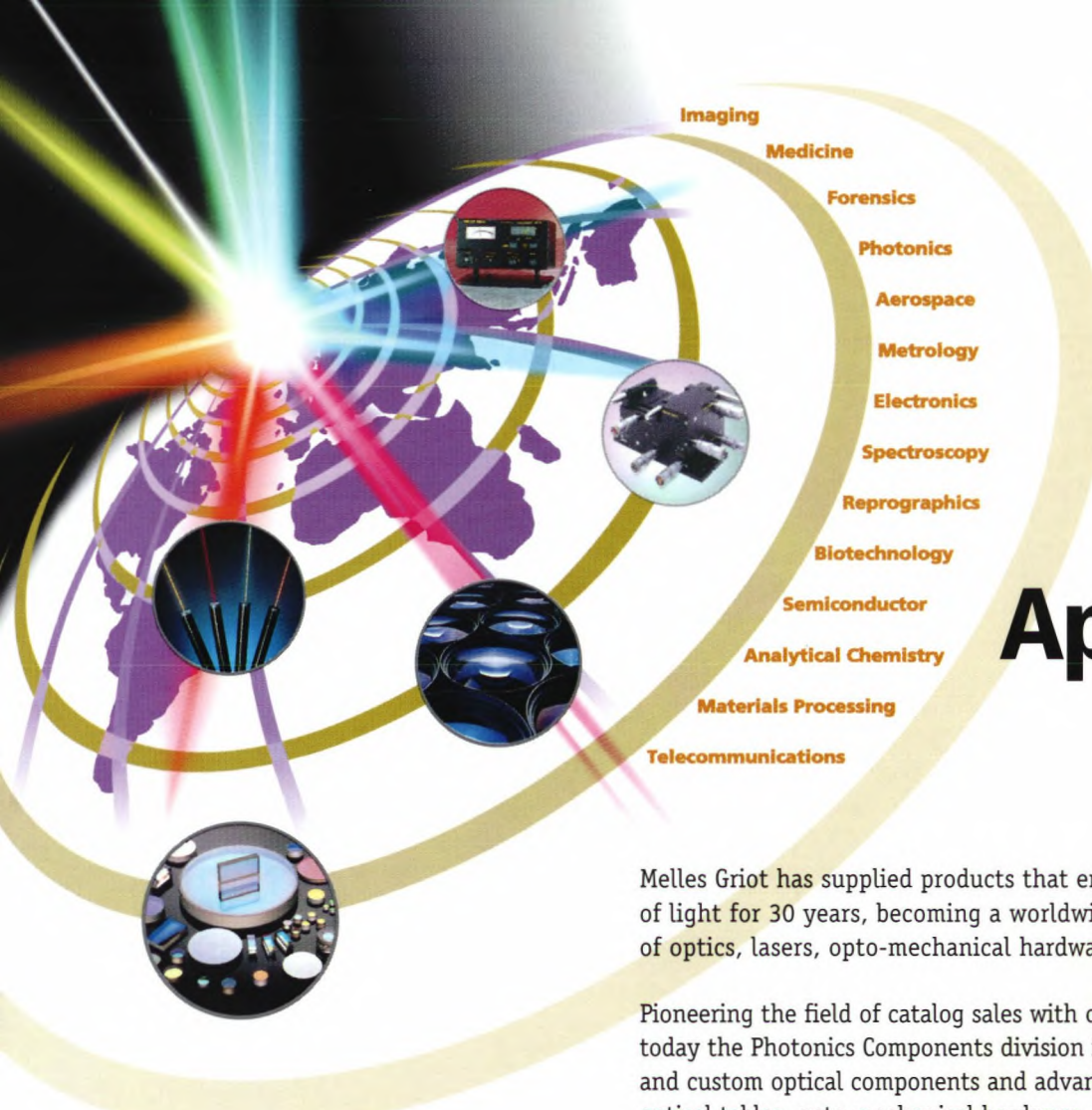
På analog måde udtrykkes isotopfraktionering af kvælstofisotoper ved $\delta^{15}\text{N}$ -værdien, den relative afvigelse af $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ -forholdet fra en standard (atmosfærisk luft).

Som en tidlig sidegevinst i dette projekt har $\delta^{13}\text{C}$ -målinger allerede vist, at nordboernes hunde har været endnu mere marine end deres herrer. Heraf kan man slutte, at de manglende fiskeben ikke blot kan skyldes bevaringsforholdene i møddingen – de er formentlig aldrig nået så langt.

En af de vigtige konsekvenser af isotopundersøgelserne kan blive en bedre teknik til reservoirkorrektion af ^{14}C dateringer af arkæologiske knogler af mennesker fra det danske område. Det er i virkeligheden sværere at håndtere end det grønlandske, fordi både fisk fra fjordområder og ferske søer kan have ekstremt høje reservoiraldre sammenlignet med åbne havområder, men indbyrdes forskellige $\delta^{13}\text{C}$ -signaler. Løsningen kan vise sig at ligge i en kombination af målinger af såvel $\delta^{13}\text{C}$ som $\delta^{15}\text{N}$.

De beskrevne arkæologiske anvendelser af isotopundersøgelser til præcise dateringer og fortolkninger af kostvaner er i virkeligheden rent fænomenologiske på empirisk basis. Det mest spændende ved den planlagte undersøgelse kan vise sig at være en langt mere grundvidenskabelig forståelse af de biologiske og økologiske processer, der er årsag til de observerede isotopsignaler.

Resultaterne af isotopmålingerne på nordboskeletterne er fremlagt i en artikel i fagtidsskriftet Radiocarbon [5].



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

the Practical Application of Light

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

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

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

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

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

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

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

Denmark

Stenagervej 13
DK-4100 Ringsted, Denmark

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

Sweden

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

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

Photonics

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



MELLES GRIOT

www.mellesgriot.com

Referencer:

- [1] J. Heinemeier, H. L. Nielsen og N. Rud (1992) "Kulstof-14 datering med accelerator", *Naturens Verden*, bind 10, side 371–379.
- [2] H. Tauber (1989) "Stabile isotoper sladrer om forhistoriske kostvaner", *Naturens Verden*, bind 7, side 258–265.
- [3] H. Tauber (1981) "¹³C evidence for dietary habits of prehistoric man in Denmark", *Nature*, bind 292, side 332–333.
- [4] D. Dahl-Jensen, K. Mosegaard, N. Gundestrup, G. D. Clow, S. J. Johnsen, A. W. Hansen og N. Balling (1998) "Past temperatures directly from the Greenland ice sheet", *Science*, 282, side 268–271.

- [5] J. Arneborg, J. Heinemeier, N. Lynnerup, H. L. Nielsen, N. Rud og Árný E. Sveinbjörnsdóttir (1999) "Change of diet of the Greenland Vikings determined from stable carbon isotope analysis and ¹⁴C dating of their bones", *Radiocarbon*, bind 41, side 157–168. Artiklen kan rekvireres i pdf-format fra forfatteren, jh@ifa.au.dk. Den vil senere blive lagt ud på AMS ¹⁴C laboratoriets hjemmeside www.c14.dk

Om forfatterne:

Jan Heinemeier er lic. scient. og lektor i fysik. Han er leder af AMS ¹⁴C dateringslaboratoriet, Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet.

Niels Rud er cand. scient. og lektor i fysik, Institut for Fysik og Astronomi, Aarhus Universitet.

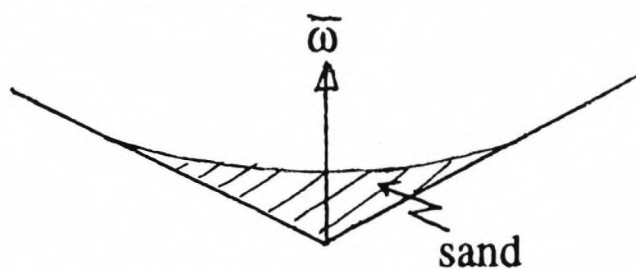
Breddeopgaver

Jens Højgaard Jensen, IMFUA, Roskilde Universitetscenter.

Breddeopgave 5 og 6

Denne gang er der valgt to breddeopgaver ud. Opgave 5, som er fra sommereksamen 1996, hører til i den nemme afdeling. Opgave 6, som er fra sommereksamen 1999, er i modsætning hertil en af de matematisk besværlige inden for genren. De to opgaver bringes således sammen for at vise nogen om variationen i sværhedsgraden af opgaverne, som RUC's breddekursus er bygget op omkring.

Opgave 5 lyder: *Er modstanden størst i en 60 W's eller en 40 W's pære? Begrund svaret*



Figur 1. Tegning til opgave 6.

Opgave 6 lyder: *Hvor meget sand kan en glat roterende tragt (jvf. figuren) indeholde uden at der slyn- ges sand ud af tragten? Begrund svaret.*

Løsninger og kommentarer findes på side 26.

Dybfryseren i udhuset

I december-nummeret af KVANT stillede vi bredeop-

gaven (nr. 4):

Hvor mange gange større er strømforbruget om vinteren af en dybfryser placeret i køkkenet fremfor i udhuset? Begrund svaret.

Den udfoldede version af opgaven lyder:

Varmepumpen (kompressoren) i en dybfryser udfører pr. tidsenhed arbejdet A . Herved fjernes der pr. tidsenhed varmemængden Q_i fra dybfryserens indre, der har den absolutte temperatur T_i . Samtidigt afleveres der pr. tidsenhed varmemængden Q_o til omgivelserne, der har den absolutte temperatur T_o . Dybfrysertemperaturen T_i holdes konstant.

1) Hvor stor er A udtrykt ved Q_i og Q_o ?

Den størst mulige effektivitet af varmepumpen svarer til den situation, hvor entropien, der fjernes fra det indre af fryseren pr. tidsenhed, er lige så stor som entropien, der tilføres omgivelserne pr. tidsenhed.

2) Hvor stor er Q_o udtrykt ved Q_i , T_i og T_o i dette grænsetilfælde?

3) Hvor stor er A udtrykt ved Q_i , T_i og T_o i grænsetilfældet?

Varmemængden, der skal fjernes fra fryserens indre pr. tidsenhed, er lig med den varmemængde, der siver ind fra omgivelserne gennem isoleringen pr. tidsenhed. Denne antages at have størrelsen $K(T_o - T_i)$, d.v.s. proportional med temperaturforskellen mellem det indre og omgivelserne. Proportionalitetskonstanten K afhænger af isoleringen af dybfryseren.

4) Hvor stor er A udtrykt ved K , T_i og T_o ?

Størrelsen af $T_o - T_i$ er om vinteren ca. 40 grader, hvis dybfryseren er placeret i køkkenet, og ca. 20 grader, hvis dybfryseren er placeret i udhuset.

5) Hvad er forholdet mellem strømforbruget, eller rettere sagt A , ved de to placeringer?

Fortsættes side 26.

Nobelprisen i kemi 2000: Ledende polymerer

Jepppe Madsen og Sune Lund Jensen, Københavns Universitets Symbion afdeling.

Nobelprisen i kemi 2000 blev delt mellem

Professor Alan J. Heeger fra University of California, Santa Barbara, USA,
Professor Alan G. MacDiarmid fra University of Pennsylvania, USA, og
Professor Hideki Shirakawa, University of Tsukuba, Japan
"for opdagelsen og udviklingen af elektrisk ledende polymerer".

Elektrisk ledende plastik

Plastik der er i stand til at lede elektrisk strøm – dette vil nok skurre i ørerne på mange. Vi er vant til, at metaller er ledende, medens stort set alle andre faste stoffer er isolerende. Årets nobelpristagere er belønnet for deres opdagelse og videreudvikling af polymerer – en bred betegnelse for stoffer, der blandt andet omfatter plastik – der kan lede elektrisk strøm. Som de første fremstillede de i laboratoriet de rene isomere former af *polyacetylen* og udviklede en metode til at forøge polyacetylens – og senere andre polymerers ledningsevne, således at man i dag kan fremstille plastik med en ledningsevne der nærmer sig metaller.

Materialers ledningsevne

Når man sætter en spænding over en modstand viser det sig rent eksperimentelt at mange materialer følger Ohms lov:

$$U = IR \quad (1)$$

hvor U er spændingsfaldet, I er strømstyrken og R er modstanden. R er også givet ved

$$R = \frac{L}{\sigma A} \quad (2)$$

hvor σ er materialets ledningsevne, L er længden af ledningen og A er arealet af ledningen. Ledningsevnen er endvidere givet ved

$$\sigma = nZ_e\mu \quad (3)$$

hvor n er antallet af ladningsbærere i materialet, Z_e er ladningen (i elementarladninger) og μ er mobiliteten.

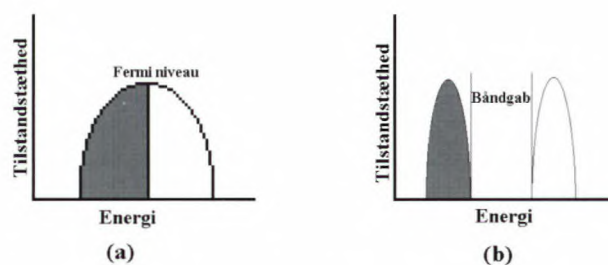
Når et stof udsættes for et elektrisk felt, vil elektronerne blive skubbet modsat feltets retning. Det giver

en strøm i retning af feltet (elektronladningen er negativ). Elektronerne vil spredes af defekter og vibrationer i stoffet. Konkurrencen mellem acceleration og spredning bestemmer hvor hurtigt elektronerne kan bevæge sig i stoffet: jo længere tid mellem spredninger jo større mobilitet.

Hvad bestemmer materialernes elektriske egenskaber?

Elektronernes energiniveauer i faste stoffer er kvantiserede, ligesom de er det i atomer. Det betyder at kun bestemte energier er tilladte. De kvantiserede energier i atomer er meget skarpt defineret, adskilt af brede intervaller i energi, hvori der ikke kan findes elektron-tilstande. I modsætning hertil findes der i faste stoffer brede intervaller, såkaldte energibånd, af tilladte energier for elektroner, adskilt af intervaller uden tilladte elektronenergi, såkaldte båndgab.

Stoffets ledningsevne bliver i meget høj grad bestemt af hvilke energitilstande i båndene, der er fyldt op med elektroner. Energitalstandene for elektroner er fyldt op nedefra, med en elektron i hver tilstand, i overensstemmelse med Pauli-princippet, der siger at to elektroner ikke kan være i samme tilstand. Hvis denne opfyldning slutter midt i et energibånd, bliver stoffet en leder, og det vil være godt til at lede elektrisk strøm. Et elektrisk felt vil da let kunne excitere elektroner fra besatte til frie tilstande – det koster næsten ingen energi. Dette er illustreret på figur 1a for tre-dimensionelle materialer.



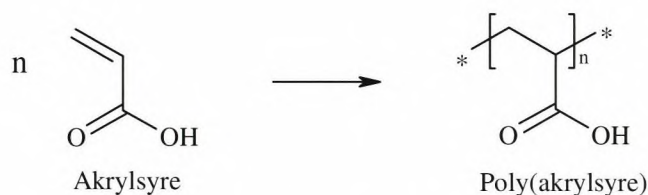
Figur 1. Båndstrukturer af (a) metal, (b) halvleder. Her ses det karakteristiske båndgab i (b) der eksisterer i halvledere og isolatorer, men som ikke eksisterer i ledere (a) som f.eks. kobber.

Elektron-tilstandene bærer impuls, og i ledere vil et elektrisk felt excitere elektroner op i tilstande med impuls modsat feltets retning (det giver en strøm i feltets retning). I modsætning hertil vil elektroner i en isolator eller halvleder fylde et bånd helt op, så båndgabets mellem to bånd også bliver et gab i energi mellem be-

satte og ubesatte tilstande (figur 1b). I en isolator er dette gab meget stort, og et elektrisk felt har ingen chance for at excitere elektroner hen over det. I en halvleder er båndgabet væsentligt mindre, og termisk bevægelse kan excitere elektroner op i tilstande over båndgabets, hvor de kan medvirke til at bære strøm. Det efterlader huller i det ellers fyldte bånd, og de huller kan fungere som positive ladningsbærere.

Polymerer

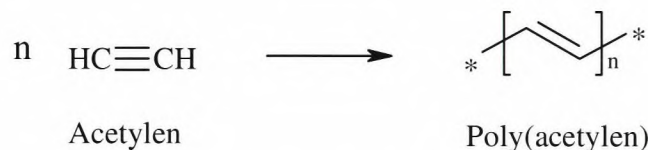
En polymer er et meget stort molekyle (10^2 – 10^7 f.eks. kulstofatomer), der består af mange ens enheder, kaldet monomerer, der er bundet sammen ved en kovalent kemisk binding. En polymer fremstilles ved en såkaldt polymerisationsreaktion, hvor en dobbeltbinding i monomeren brydes og de overskydende elektroner danner kemiske bindinger til andre monomerer, hvorved en lang kæde kan dannes. Et eksempel er dannelsen af polyakrylsyre ud fra akrylsyre (se figur 2).



Figur 2. Reaktionsligning for en typisk polymerisationsreaktion, hvor monomerer bindes kemisk sammen til polymerer. I figur 2, 3 og 6 hentyder de firkantede parenteser, stjernerne og n til, at hele enheden gentages n gange.

Ledende polymerer

Dannelsen af polyacetylen ud fra acetylen er et andet eksempel (se figur 3):

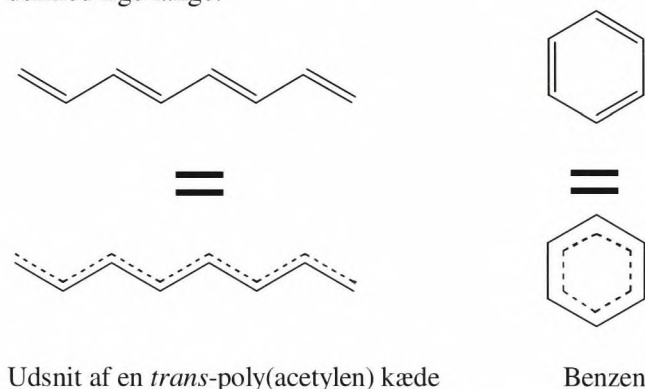


Figur 3. Simplificeret reaktionsligning for fremstilling af polyacetylen. Ofte bruges uorganiske komplekser til at katalysere reaktionen, så man får isomert rene stoffer.

Polyacetylen har, som skitseret i figur 4, skiftevis dobbelt- og enkeltbindinger. Et sådant elektronsystem kalder man konjugeret. Et velkendt eksempel på et konjugeret system er benzen (se figur 4).

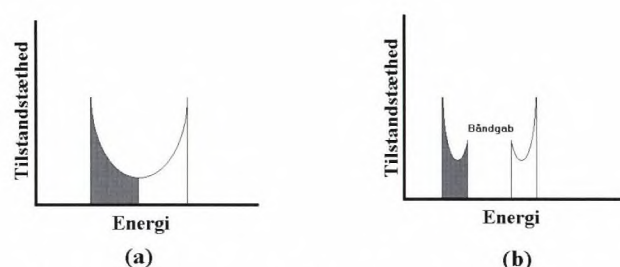
En simpel beskrivelse (f.eks. som beskrevet med "Hückelteori") af elektronstrukturen i et konjugeret

system vil være, at de "overskydende" elektroner fra dobbeltbindingerne er delokaliserede over hele molekylet. Bindingerne ville være uskelnelige og dermed lige lange.



Figur 4. Afbildning af benzen og polyacetylen på to måder, der er ens, idet de har et kontinuert elektronsystem, hvor de "overskydende" elektroner fra dobbeltbindingerne er delokaliserede over hele molekylet.

Hvis de overskydende elektroner var delokaliserede langs kæden, ville man have en en-dimensional leder med en elektronstruktur som skitseret på figur 5a.



Figur 5. Peierls ustabilitet bevirker, at der i konjugerede systemer er et båndgab som i (b). Uden dette ville alle bindinger være lige lange og systemets ledningsevne ville være langt højere (a).

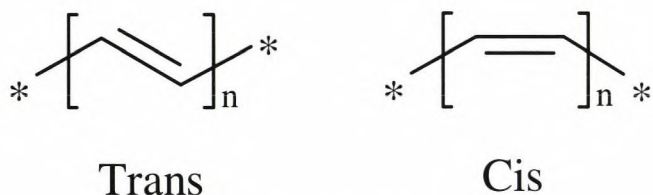
På denne ses intet båndgab, derfor skulle en sådan struktur forventes at have metalliske egenskaber.

I praksis vil elektronstrukturen i et konjugeret system se ud som på 5b; der vil opstå et båndgab. Dette skyldes, at bindingerne, på trods af konjugeringen, ikke vil være lige lange – de vil alternere en smule. Denne effekt kendes som Peierls ustabilitet. De øgede kræfter mellem atomerne, der opstår ved alterneringen, opvejes af elektronernes lavere energi. Således fås en halvleder med det karakteristiske båndgab.

Polyacetylen kan forekomme i både *trans*- og *cis*-isomere, idet der ikke er fri drejelighed omkring en dobbeltbinding mellem to kulstofatomer, og den lange kæde vil være hindrende for rotation omkring enkeltbindingerne:

I 1974 syntetiserede Hideki Shirakawa som den første, de enkelte isomere former af polyacetylen med passende høj grad af krystallinitet [3], således at det var muligt at måle ledningsevne for de rene *trans*- og *cis*-

former. Han konstaterede at de begge var halvledere i deres rene form, og at trans-formen havde den bedste ledningsevne af de to.



Figur 6. De to isomere af polyacetylen er hverken kemisk, optisk eller elektrisk ens.

I 1977 opdagede nobelpristagerne, at hvis man udsatte polyacetylen for chlor-, brom- eller ioddamp, kunne man forøge ledningsevnen med op til én milliard gange, og dermed gøre polyacetylen til en egentlig leder. Senere har de fundet ud af at optimere systemerne og således opnået ledningsevner der nærmer sig kobbers, se tabel 1.

Ledningsevne i forskellige materialer ved stuetemperatur	
Cis-Polyacetylen	$1,7 \times 10^{-9} \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$
Trans-Polyacetylen	$4,4 \times 10^{-5} \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$
Trans-Polyacetylen (14% AsF ₅ -dopet)	$10^3 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$
Trans-Polyacetylen (5% Br-dopet)	$0,50 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$
Trans-Polyacetylen (23% Br-dopet)	$0,40 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$
Trans-Polyacetylen (22% I-dopet)	$30 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$
Til sammenligning	
Teflon	$10^{-18} \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$
Metallisk kobber	$10^6 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$
(TTF)(TCNQ)-et Bechgaard salt	$10 \Omega^{-1}\text{cm}^{-1}$

Tabel 1. Ledningsevnen σ ved stuetemperatur for en række ledende polymerer. Desuden er angivet ledningsevnen for en del kendte materialer man kan sammenligne med.

At forøge en polymers ledningsevne ved at fjerne eller tilføje elektroner til systemet kaldes doping. Udsættes systemet for halogener, sker der formelt en oxidation, hvilket vil sige, at elektroner fjernes fra kæden. Dette efterlader huller i kæden. Disse huller vil kunne flyttes langs kæden, hvis det udsættes for et elektrisk felt.

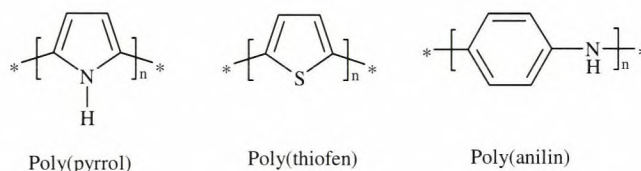
Det er også muligt at dope kæden med elektron-donorer og lave en formel reduktion med øget ledningsevne til følge. Dette ses dog sjældent i praksis.

Siden 1980'erne har nobelpristagerne studeret andre former for polymerer, f.eks. polypyrroler og polythiofener. Disse har kun ledningsevner omkring 10^2

Ω/cm , men er til gengæld lettere at syntetisere. Samtidig er de stabile i atmosfærisk luft.

Anvendelsesmuligheder

Mulighederne for at anvende ledende polymerer i forskellige sammenhænge ser meget lovende ud. Set ud fra et industrielt synsvinkel er kombinationen af den lette forarbejdning af polymerer og materialernes elektriske egenskaber en stor fordel. Fremstilling af traditionelle halvlederkomponenter kræver høje temperaturer, meget rene udgangsmaterialer og sætter store krav til de omgivelser, hvor de forarbejdes (i absolut støvfri laboratorier). Ledende polymerers tolerance under fremstillingen er væsentlig større. De kan fremstilles ved lave temperaturer, bearbejdes med traditionel procesteknik og er mere tolerante overfor urenheder.



Figur 7. Kemiske formler for tre ledende polymerer, hvoraf polyanilin allerede idag anvendes i industrien som et anti-statisk materiale i f.eks. gulvtæpper og kondomer.

Ledende polymerer er først for nylig begyndt at blive anvendt i praksis, men der er masser af ideer til anvendelse af materialerne og der er mange pilotprojekter i gang på nuværende tidspunkt.

Eksempler på anvendelser af de ledende polymerer er:

Kabler: Det er foreslået at anvende ledende polymerer i stedet for kobber i kabler. Fordelene ville være lavere vægt og højere brudstyrke.

Elektromagnetisk skærmning: Det øgede antal elektroniske komponenter i dagligdagen skaber øget elektromagnetisk stråling og de vil derfor interferere med hinanden, medmindre de er passende skærmet. Traditionelt er dette gjort ved at indkapsle komponenter i metalbure eller bure af polymerer fyldt med grafitpartikler (der er ledende). Det ideelle ville være at indkapsle disse i ledende polymerer. Der er dog endnu visse procestekniske problemer. Til radarkamouflage af militært isenkram er der fremstillet net af ledende polymerer.

Kapacitorer: At fremstille kapacitorer med stor kapacitet kræver stor overflade og et tyndt dielektrisk lag. Dette er traditionelt gjort ved at dække et metal med et tyndt isolerende lag af dets oxid, og så anvende en flydende elektrolyt som den anden elektrode. Dette har

den fordel, at kapacitoren reparerer sig selv, hvis der kommer ridser i oxidet. Ved at bruge en ledende polymer kan det samme opnås uden den flydende elektrolyt. Disse typer kondensatorer har haft pæn succes [2].

Antistatiske belægninger: Til antistatiske formål kræves kun en moderat ledningsevne, hvilket kan opnås på forskellige måder. Eksempelvis kan man fylde forskellige ledende stoffer i en polymer der ikke leder strøm. Anvendes ledende polymerer som fyld, kan man med lav fyldningsgrad opnå gode antistatiske egenskaber samt bibeholde materialets oprindelige egenskaber tilnærmelsesvis. Det er foreslået at anvende disse på TV-skærme for at modvirke statisk elektricitet. Ledende polymerer antages at være bedre end de traditionelle løsninger. Allerede nu anvendes polyaniliner som antistatiske elementer i gulvtæpper og kondomer.

Lysdioder: Der arbejdes med at anvende ledende polymerer til at lave lysdioder med. I modsætning til de siliciumbaserede lysdioder vil de være billigere at fremstille og de kan laves i flere farver. Visionen om at kunne fremstille store udfoldelige videoskærme, vil måske kunne realiseres i en ikke så fjern fremtid.

Molekylær elektronik: Det er måske dette område, der rummer de potentielt mest lovende anvendelsesmuligheder for ledende polymerer. Traditionel siliciumbaseret elektronik er blevet mindre og mindre, men det bygger dog stadig på krystaller af silicium af en vis størrelse. Kommer man passende langt ned, vil der være så få atomer, at man får egenskaber, der snarere kan henføres til de enkelte atomer end til krystallen. Her vil de traditionelle teknikker næppe virke mere, og der må nytænkning til. Drømmen er at designe de enkelte molekyler som komponenter, og forbinde dem med molekulære ledninger, der bestemt kunne være ledende polymerer. Dette er visionært, og det er ikke sikkert, at det er muligt. Det vil imidlertid være et kæmpe fremskridt i computerverdens jagt på mere ydeevne på mindre plads hvis det lykkedes.

Her er blot nævnt nogle eksempler på mulighederne for anvendelser af ledende polymerer. Der er mange flere, og der er et utal af forskergrupper over hele verden, der beskæftiger sig med emnet.

Her i Danmark bliver der også forsket i disse emner. F.eks. er der en gruppe på DTU der beskæftiger sig med polypyrrol med en hidtil uset høj konjugationsgrad.

På Risø er der et projekt kaldet "ARTMUS – Artificial Muscle", som støttes fra Forskningsstyrelsen gennem THOR-programmet (Technology by Highly Oriented Research). Projektets mål er at udvikle en

pålidelig kunstig muskel, som er blød og bøjelig, og hvis position og kraft kan kontrolleres nøjagtigt, blandt andet ved hjælp af ledende polymerer.

Selv om nobelpristagerne ikke var de første, der beskæftigede sig med ledende polymerer (se f.eks. [4]), har deres opdagelse dog været en skelsættende begivenhed i denne sammenhæng.

Referencer:

- [1] www.nobel.se. Referencen giver god introduktion til emnet og indeholder flere forslag til yderligere læsning.
- [2] S. Roth (1995) "One-Dimensional Metals: Physics and Materials Science", ISBN: 3527268758. Referencen er en lettilgængelig indgang til stoffet. Emnet er rimeligt dækket i enhver nyere introduktion til faststoffysik/kemi.
- [3] A. H. Shirakawa, E. J. Louis, A. G. MacDiarmid, C. K. Chiang og A. J. Heeger (1977) *Journal of the Chemical Soc. Chem. Comm.*, side 578–580.
- [4] John McGinness, Peter Corry og Peter Proctor (1974) *Science*, bind 183, side 853–855.



Jeppe Madsen er specialestuderende på Københavns Universitets Symbion afdeling, med speciale i polymerkemi.



Sune Lund Jensen er specialestuderende på Københavns Universitets Symbion afdeling, med speciale i materialekemi.

Konkurrence mellem tre grupper

Aksel Wiin Nielsen, *Geofysisk Afdeling, Niels Bohr Institutet for Astronomi, Fysik og Geofysik.*

I en tidligere artikel [1] behandlede et specielt tilfælde af konkurrence mellem tre grupper for at give et eksempel på begrænset forudsigelighed i ikke-lineære systemer. Den udvalgte model egnede sig til formålet, men er nok ikke den mest realistiske model til andre anvendelser, fordi modellen ser bort fra den påvirkning af en gruppe, som kommer fra det direkte samarbejde mellem de to andre grupper. Dette ses tydeligt i de grundlæggende ligninger, hvor ligningen for tidsændringen af, for eksempel, x ikke indeholder et led af typen (yz) . Den almindelige opførsel af modellen anvendt i den tidligere artikel kan findes i Beltramis bog [2].

Formålet med dette bidrag er at undersøge en model, som lægger hovedvægten på den savnede mekanisme i de tidligere modeller. Forfatteren har ikke fundet en tidligere behandling af netop denne model.

Der er mange anvendelser af modellen. Den kan bruges til at undersøge konkurrencen mellem tre plante- eller dyrearter, som lever i det samme begrænsede område og har fælles ressourcer, og den er også egnet til at beskrive indvirkningen af tre firmaer på hinanden i konkurrencen om deres del af markedet, når firmaerne har de samme eller lignende produkter. Sådanne konkurrencer behøver ikke at være begrænsede til det kommercielle marked, fordi modellen kan lige så godt kan anvendes på tre forskningsgrupper, som arbejder på det samme område. Et emne kunne for eksempel være samarbejdet i Ørstedeprojektet mellem Danmarks Meteorologiske Institut, Geofysisk Afdeling på Niels Bohr Institutet og Rumforskningsinstitutet.

Modellen bygger på, at hver gruppe har en indre dynamik, som er bestemt af et tilskud og et frafald, som kan være i personale og/eller ressourcer. Hver gruppe har en optimal størrelse, som den ville have, hvis den eksisterede i isolation. Denne størrelse bruges i det følgende som en normeringsstørrelse, således at gruppens indflydelse måles ved et tal mellem 0 og 1. I almindelighed indvirker eksistensen og virksomheden af de to andre grupper på den betragtede gruppe i en negativ retning.

Modellerne

Den mest almindelige model for den konkurrence, som er beskrevet i indledningen, ville være det følgende

ligningssystem.

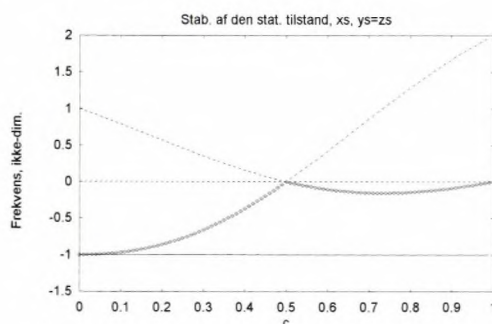
$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= x(1 - x - a_1y - b_1z) - c_1yz \\ \frac{dy}{dt} &= y(1 - y - a_2z - b_2x) - c_2zx \\ \frac{dz}{dt} &= z(1 - z - a_3x - b_3y) - c_3xy\end{aligned}\quad (1)$$

Den model, som i almindelighed er behandlet i litteraturen [3], indeholder ikke de led, som har koefficienterne c_1 , c_2 og c_3 . Den analytiske behandling bliver ret uoverskuelig, hvis man antager, at koefficienterne a_1 , a_2 og a_3 har forskellige numeriske værdier. Det samme gælder for koefficienterne b og c . Som vi skal se senere, kan sådanne antagelser have stor indflydelse på løsningernes almindelige opførsel.

I dette bidrag vil hovedvægten være på de bidrag, som kommer fra de påvirkninger, som indeholdes i de hidindtil udeladte led, som har koefficienterne c_1 , c_2 og c_3 . Ligningerne reduceres da til de følgende:

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= x(1 - x) - c_1yz \\ \frac{dy}{dt} &= y(1 - y) - c_2zx \\ \frac{dz}{dt} &= z(1 - z) - c_3xy\end{aligned}\quad (2)$$

Dette ligningssystem vil blive behandlet i det næste afsnit og belyst ved en række numeriske integrationer med hensyn til tiden. I dette afsnit skal vi se på det yderligere forenklede system, hvor de tre koefficienter er lige store, d.v.s. $c_1 = c_2 = c_3 = c$.



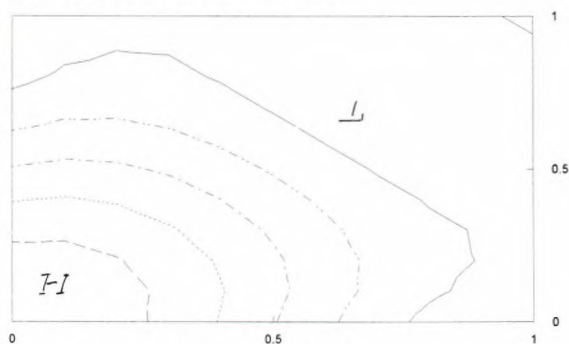
Figur 1. Frekvenserne som funktion af c , når x_s er forskellig fra $y_s = z_s$. Bemærk instabiliteten for alle c med undtagelse af $c = 1/2$.

Den normale strategi er først at finde de mulige stationære tilstande. Lidt aritmetik viser, at een af de stationære tilstande har samme værdi for de tre variable,

nemlig $1/(1+c)$. Dernæst søger man efter stationære tilstande, hvor kun to af de variable f.eks. y og z er ens. Lidt mere aritmetik giver værdierne $x_s = c/(1-c+c^2)$ og $y_s = z_s = (1-c)/(1-c+c^2)$. Der findes ingen stationære tilstand, hvor x_s , y_s og z_s har tre forskellige værdier.

Dernæst søger man at bestemme stabiliteten af de fundne stationære tilstande. Egenverdierne for den første stationære tilstand, hvor de tre variable har samme værdi, viser sig at være -1 og $(2c-1)/(c+1)$, hvor den sidste forekommer to gange. Det er da klart, at denne stationære tilstand er stabil, når $c < 1/2$ og ellers ustabil.

Bestemmelsen af egenverdierne for den anden stationære tilstand er lidt mere besværlig, og det viser sig, at det er mest praktisk at løse dette problem numerisk. Resultatet gives grafisk i figur 1. Den ene egen værdi er altid lig med -1 , svarende til stabilitet. Den anden egen værdi, angivet med punkter, er også negativ for alle værdier af c , men den tredje er positiv for alle værdier af c med undtagelse af $c = 1/2$. Denne stationære tilstand er derfor i almindelighed ustabil.



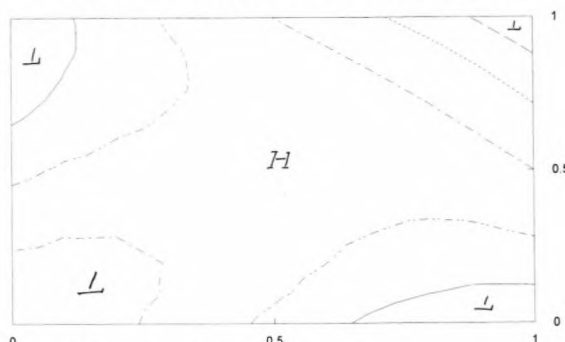
Figur 2. Isolinier for potential funktionen som funktion af x og y , når $z = 0.5$ og $c = 0.4$.

Disse resultater kan illustreres, fordi der i det specielle tilfælde, hvor c 'erne er lige store, findes en potential funktion. Man ser umiddelbart, at denne funktion er bestemt ved udtrykket givet i nedenstående ligning.

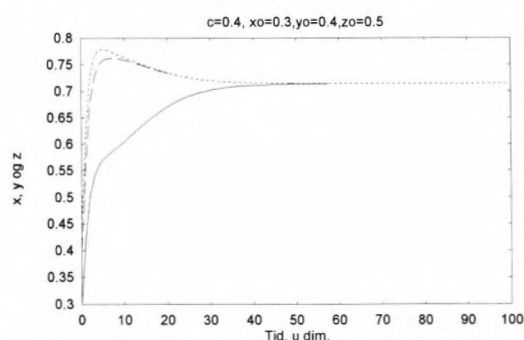
$$\phi = cxyz - (x^2 + y^2 + z^2)/2 + (x^3 + y^3 + z^3)/3 \quad (3)$$

Potential funktionen er vist i figur 2 for $c = 0.4$ og en konstant værdi af z , hvilket skulle svare til stabilitet af den stationære tilstand, hvor alle tre koordinater er $1/1.4 = 0.71$. Man ser, at et minimum findes i dette punkt. Figur 3 viser situationen for $c = 0.9$ svarende til en stationær tilstand med den fælles værdi på $1/1.9 = 0.53$. Som set på figuren er der et maksimum i dette punkt svarende til ustabilitet. Figur 4 viser en numerisk integration, hvor de forskellige grupper starter fra relativt små begyndelsesværdier med $c = 0.4$. Vi ser fra integrationen, at de alle ender på det samme niveau. Figur 3 viser også, at når man udfører en numerisk integration af ligningerne i det ustabile tilfælde, vil banekurven gå over kanten på enhedskvadratet, hvilket svarer

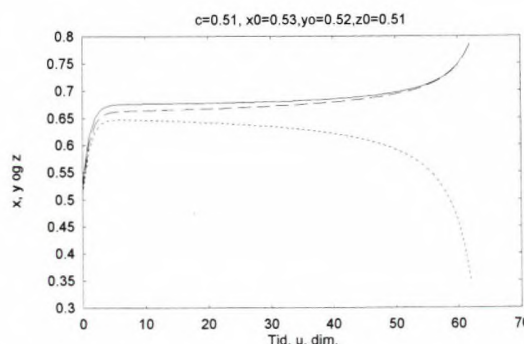
til at mindst een af grupperne er elimineret. Dette er illustreret i figur 5, hvor den numeriske integration er standset lige før een af grupperne er elimineret.



Figur 3. Som figur 2, men for $c = 0.9$.



Figur 4. De tre variable x , y og z som funktion af tiden for $c = 0.4$ og $x_0 = 0.3$, $y_0 = 0.4$ og $z_0 = 0.5$.



Figur 5. x , y og z som funktion af tiden for $c = 0.51$, $x_0 = 0.53$, $y_0 = 0.52$ og $z_0 = 0.51$.

De ovenstående eksempler er i overensstemmelse med analysen, som viser, at for $c < 1/2$ er der kun en stabil stationær tilstand, hvor de asymptotiske værdier er lige store, medens alle stationære løsninger er ustabile, hvis $c > 1/2$.

Specielle tilfælde

Stabilitetsanalysen forudsætter, at de små afvigelser fra den stationære tilstand er vilkårlige. Man skal derfor, som vi har gjort, starte fra en tilstand, hvor værdierne på de tre variable er forskellige. Hvis man ikke gør dette, kan systemet opføre sig på en helt anden måde. Figur 6 viser et eksempel, hvor begyndelsesværdierne alle er

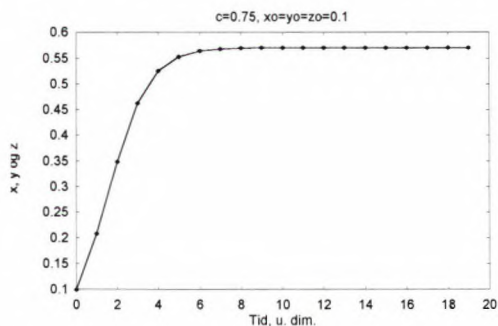
0.1, medens $c = 0.75$. Som man kan se fra figuren, er der en stabil tilstand, selv om stabilitetsanalysen kræver instabilitet. Årsagen er, at når $x_0 = y_0 = z_0$ er alle tre ligninger identiske, hvilket giver identiske nye værdier for hvert tidsskridt. De tre ligninger er derfor reduceret til kun een ligning, som er givet i (4).

$$\frac{dx}{dt} = x(1 - x) - cx^2 \quad (4)$$

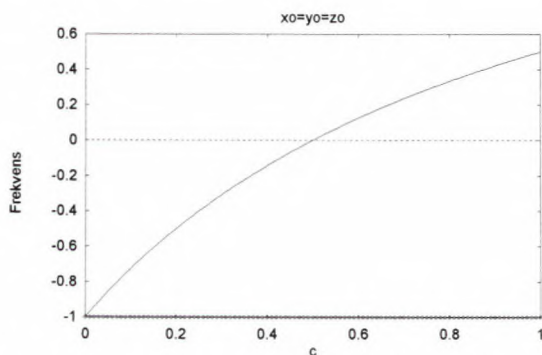
Ligning (4) kan integreres numerisk, men den kan også løses ved elementære metoder. Løsningen er angivet i ligning (5).

$$x = \frac{x_0}{[1 + (1 + c)x_0]e^{-t} + (1 + c)x_0} \quad (5)$$

Det ses da umiddelbart, at den asymptotiske løsning er $1/(1 + c)$. Disse overvejelser bekræftes af figur 6. Med hensyn til stabiliteten af denne ene stationære tilstand kan man umiddelbart løse frekvensligningen. Resultatet kan ses på figur 7, som viser, at der altid er en frekvens på -1 (stabil) og en anden frekvens, som bliver positiv, når $c > 1/2$.



Figur 6. x , y og z som funktion af tiden for $c = 0.75$, $x_0 = y_0 = z_0 = 0.1$.

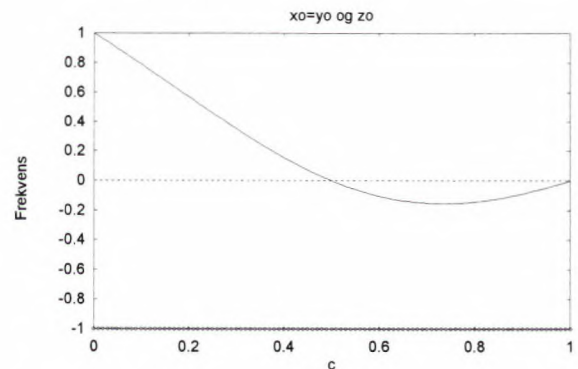


Figur 7. Frekvensen som funktion af c , når $x_0 = y_0 = z_0$. Bemærk instabiliteten for $c > 1/2$.

Et andet specialtilfælde indtræffer, når man vælger en begyndelsestilstand, hvor to af værdierne er ens. Også i dette tilfælde får man nye resultater, fordi man fjerner en frihedsgrad fra systemet, og der vil da kun være to uafhængige ligninger tilbage. Vi kan se på tilfældet, hvor $x_0 = y_0$, medens z_0 er forskellig fra disse værdier. Da de to første ligninger i dette tilfælde bliver

identiske, får man et system af kun to ligninger. Disse ligninger er givet i ligning (6).

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} &= x(1 - x) - cxz \\ \frac{dz}{dt} &= z(1 - z) - cx^2 \end{aligned} \quad (6)$$

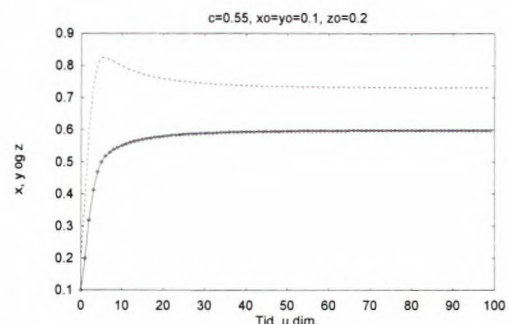


Figur 8. Frekvensen som funktion af c , når $x_0 = y_0$. Her er instabiliteten for $c < 1/2$.

De stationære tilstande kan umiddelbart beregnes, og de er angivet i ligning (7).

$$\begin{aligned} x_{1s} &= \frac{1}{1 + c} = z_{1s} \\ x_{2s} &= \frac{1 - c}{1 - c + c^2} \\ z_{2s} &= \frac{c}{1 - c + c^2} \end{aligned} \quad (7)$$

Stabiliteten er blevet beregnet, som en funktion af parameteren c . Resultatet ses i figur 8, som viser, at instabilitet er til stede for $c < 1/2$ og stabilitet for $c > 1/2$. Figur 9 viser resultatet af en numerisk integration for værdien $c = 0.55$, som ligger i det stabile område. Endelig viser figur 10 et tilfælde, hvor begyndelsestilstanden er den samme som i figur 9, men hvor $c = 0.45$. Da den eneste stabile tilstand i dette tilfælde er den, hvor alle tre værdier er ens, kommer man asymptotisk til den efter den numeriske integration og den fælles værdi er da lig med $1/(1 + c) = 0.69$.

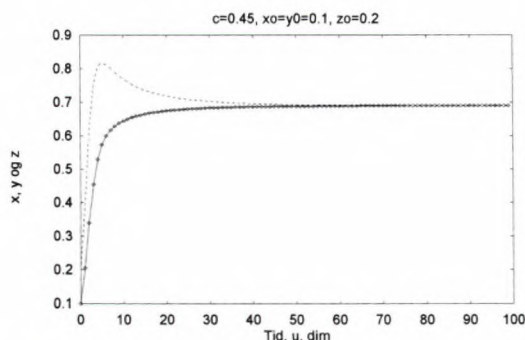


Figur 9. x , y og z som funktion af tiden for $c = 0.55$, $x_0 = y_0 = 0.1$ og $z_0 = 0.2$.

En mere almindelig model

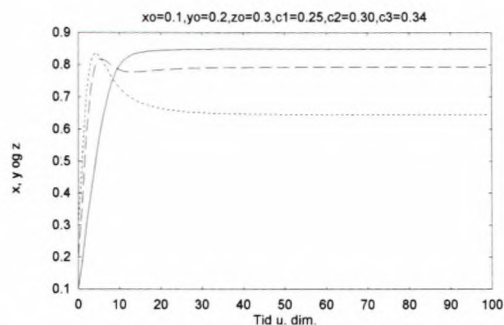
Den mest almindelige formulering i denne klasse af modeller er givet i ligning (1). I denne sektion skal vi undersøge en model, som er mere realistisk end den, som er behandlet i afsnit 2 og 3, idet man tillader forskellige koefficienter i de tre ligninger. Ligninger bliver da som angivet i (8).

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= x(1-x) - c_1 yz \\ \frac{dy}{dt} &= y(1-y) - c_2 zx \\ \frac{dz}{dt} &= z(1-z) - c_3 xy\end{aligned}\quad (8)$$



Figur 10. x , y og z som funktion af tiden for $c = 0.45$, $x_0 = y_0 = 0.1$ og $z_0 = 0.2$.

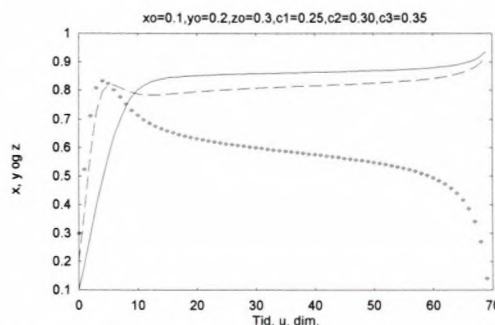
Denne uskyldigt udseende ændring i model-ligningerne har væsentlige ændringer i resultaterne. Der er f.eks. ikke længere en potentialfunktion. En bestemmelse af de mulige stationære tilstande bliver besværlig, og det samme gælder stabilitetsundersøgelser. Det er derfor mere nyttigt at behandle disse ligninger ved hjælp af numeriske integrationer, selv om man må udføre et stort antal af disse for at få et overblik over modellens opførsel.



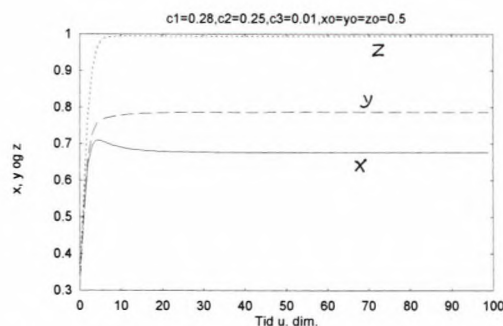
Figur 11. x , y og z som funktion af tiden for $x_0 = 0.1$, $y_0 = 0.2$, $z_0 = 0.3$, $c_1 = 0.25$, $c_2 = 0.30$, $c_3 = 0.34$.

Med erfaringerne fra den enklere model må man antage, at jo større den numeriske værdi er af koefficienten c_n for en given gruppe des større er muligheden for, at denne gruppe reduceres væsentligt eller bliver helt elimineret. Dette kan demonstreres med numeriske integrationer. Det antages, at grupperne ved begyn-

delsestidspunktet har værdierne $x_0 = 0.1$, $y_0 = 0.2$ og $z_0 = 0.3$, således at den tredje gruppe er den største. Det antages også, at $c_1 = 0.25$ og $c_2 = 0.30$. Man kan da spørge: Hvor store værdier af c_3 tillader modellen, hvis gruppe tre skal overleve? Figur 11 viser et tilfælde med $c_3 = 0.34$. Man kommer til en stationær tilstand, hvor z -værdien er den laveste, fordi den er påvirket af en c -værdi, som er større end de to andre. Figur 12 har $c_3 = 0.35$, og man er da nået til en værdi, hvor kurven for z -værdien går hurtigt nedad for at passere nulværdien efter et par tidsskridt. Fortolkningen er, at hvis samarbejdet mellem x - og y -gruppen er tilstrækkeligt effektivt, er de trods deres lave begyndelsessituation i stand til at udslette z -gruppen. Man kan dernæst spørge om begyndelsesværdien for z -gruppen har nogen indflydelse på dens overlevelse. De numeriske eksperimenter viser, at dette ikke er tilfældet for de valgte c -værdier. Man må derfor konkludere, at den asymptotiske stationære tilstand, som ses i figur 11, bliver ustabil, når c_3 overskrider tærskelværdien, som ligger mellem 0.34 og 0.35 i det valgte eksempel.



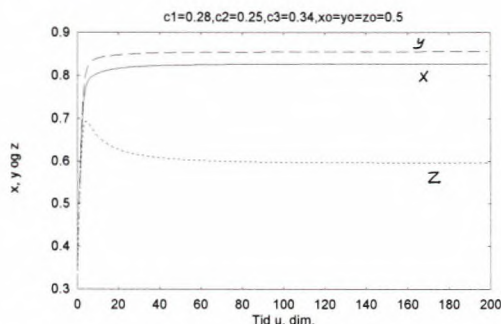
Figur 12. Samme værdier som i figur 12 med undtagelsen, at $c_3 = 0.35$.



Figur 13. En integration med $c_1 = 0.28$, $c_2 = 0.25$, $c_3 = 0.01$ med $x_0 = y_0 = z_0 = 0.5$.

Et sidste tilfælde vil blive illustreret med to forskellige figurer. I denne serie af eksperimenter er $c_1 = 0.28$ og $c_2 = 0.25$. Alle integrationer starter fra $x_0 = y_0 = z_0 = 0.5$. Det første eksperiment har $c_3 = 0.01$ og er illustreret i figur 13. Den meget lille værdi på c_3 forårsager, at z i meget stor udstrækning er bestemt af den indre dynamik, som ville give $z = 1$, hvis c_3 var lig med 0. Nu får vi en værdi, som er ca. 0.99. Trods denne ekstreme tilstand for den tredje gruppe klarer

de to andre grupper sig relativt godt, hvilket kan ses fra værdierne på x og y . Dernæst tager vi den størst mulige værdi, hvilket er $c_3 = 0.34$. Hvis $c_3 = 0.35$, får man instabilitet. Figur 14 viser, at i dette tilfælde er slutværdien for z lig med 0.6, medens x og y antager ret store værdier mellem 0.8 og 0.9.



Figur 14. Samme værdier som i figur 13 med undtagelse af $c_3 = 0.34$.

Afsluttende bemærkninger

Modeller af den type, som er behandlet her, finder anvendelse i botanik, zoologi og økologi. De kan også bruges på flere industrielle områder og i mere almindelige konkurrencesituationer. Selv om litteraturen [3] som regel behandler konkurrence mellem to eller tre grupper, fordi man lettere kan analysere modellens opførsel i disse tilfælde, er der intet, som forhindrer en udvidelse til konkurrence mellem mere end tre grupper. Ligningerne, som er angivet i ligning (1), kan behandles

ved hjælp af numeriske integrationer. Det vanskelige spørgsmål i sådanne undersøgelser er bestemmelsen af værdien på koefficienter, hvis antal hurtigt vokser, når man ønsker at behandle tilfælde med mange konkurrerende grupper.

Referencer:

- [1] A. Wiin-Nielsen (1998) "Begrænset forudsigelighed", *Kvant*, bind 9, nr. 3, (November), side 21–25.
- [2] E. Beltrami (1987) "Mathematics for dynamic modeling", *Academic Press*, 277 sider.
- [3] R. M. May (Red.) (1976) "Theoretical Ecology, Principles and Applications", *Blackwell Scientific Publications*, 317 sider.



Aksel Wiin-Nielsen er professor emeritus, Geofysisk Afdeling, Niels Bohr Institutet for Astronomi, Fysik og Geofysik.

Boganmeldelse: "Universet"

Christine Pepke Pedersen, 5d, Lillerød Skole.

Bogen er skrevet til "natur og teknik" i 5. og 6. klasse. Den handler om universet, planeterne, stjernerne, galakserne, asteroider og en masse andre ting. I bogen er der en masse flotte billeder af stjerner, planeter og asteroider, og der står en masse om årstider, månen og månens faser, liv andre steder, mælkevejen og andre galakser. I et af afsnittene om solen er der et billede af solen og en solstråle, som ligner en ildstråle der blæser ud af en skorsten. Bogen er god, men nogle ting er lidt svære at forstå, når man går i 5. klasse.

Der er også en figur med en astronom, der hedder Jørgen, som fortæller om astronomi og sit arbejde på mange af siderne. Jørgen er så skør, at jeg ikke tror på, at han findes i virkeligheden. Jeg synes det er sjovt at man kan forudsige de næste måne- og solformørkelser,

og at der på min 14 års fødselsdag i 2003 vil komme en solformørkelse.

Der er også nogle opgaver man kan lave. F.eks. er der et solur. Det har jeg godt nok ikke prøvet, men det ser spændende ud. Der er også nogle huskeregler, så man kan huske planeterne i den rigtige rækkefølge, men det kunne jeg nu godt i forvejen. Det undrer mig, at på billedet af planeten Venus har den en flot blå farve. Jeg troede, at den var orange, men der står ikke, hvorfor er den blå.

Jeg synes, at bogen skal have 4 stjerner ud af 5 stjerner.

"Universet", af Camilla Bacher, i serien "Naturlig Viis", 44 sider, 175 kr., Geografforlaget (www.geografforlaget.dk)

Tilbud til KVANT's læsere: Oplev den totale solformørkelse den 21. juni 2001 i Afrika

Torsdag den 21. juni i år kan vi opleve en total solformørkelse på den sydlige halvkugle. Formørkelsens største længde finder sted i Atlanterhavet vest for Angola, og varigheden er her 4m56.5s

Den sidste solformørkelsesekspedition som Astronomisk Selskab arrangerede var til den totale formørkelse i Ungarn den 11. august 1999. Både med hensyn til selve formørkelsen, men så sandelig også mht. det sociale blev det en succes. Derfor ønsker bestyrelsen, at undertegnede skal søge at gennemføre en ekspedition til Afrika i 2001. Bestyrelsen for Astronomisk Selskab ønsker også, at rejsen tilbydes medlemmer af Dansk Fysisk Selskab, Dansk Geofysisk Forening og Selskabet for Naturlærens Udbredelse. Det vil derfor glæde os meget, hvis KVANT's læsere også vil kunne deltage i denne oplevelse.

Dette har imidlertid ikke været problemfrit, da mit krav lød på at formørkelsen skulle opleves i Zambia – et sted, hvor infrastrukturen godt nok ikke er helt problemfri, men det er et område, hvor de klimatiske forhold er fine, og hvor røggen fra skovbrande er de mindste i denne del af området. Også krav til stabile politiske forhold har været til overvejelse, og dette peger også på Zambia.

Også den store interesse, der er for fra hele verden at drage til netop Zambia, har gjort det svært at skaffe flybilletter samt overnatningsfaciliteter. Da også priserne i Zambia/Zimbabwe-området er steget op til 5 gange det normale, har det været mere end vanskeligt at holde prisen nede på hvad, man synes kunne være rimeligt.

En rejse til et andet kontinent må selvfølgelig indeholde et væld af oplevelser også udover den totale formørkelse. Derfor er turen planlagt således at den byder på oplevelser af den fantastiske afrikanske natur. I Sydafrika vil det være naturligt at snuse til landets apartheid-historie og besøge en vingård. Selve den totale solformørkelse vil vi opleve fra et område, der ligger 60 km nord for Lusaka i Zambia. Safaritur kan købes mod tillæg i prisen.

Vi har arrangeret en rejse, hvor vi flyver til South Africa. Derfra tager vi på en ekskursion til Zambia, hvor så den totale formørkelse opleves. Prisen vil være i størrelsesordenen 23.400 kr. for en tur med en varighed på 12 dage. Prisen forudsætter, at der er mindst 20 deltagere. Det vil være muligt at forlænge rejsens South Africa-del med et par dage. Dette vil give mulighed for at besøge den meget fantastiske Kruger National Park med sin smukke natur og helt enestående flora og fauna.

Teknisk arrangør af rejsen er *Livingstone Safari*, H. C. Andersens Boulevard 42, 1553 København K, tlf. 3316 1916. Tilmelding foretages til bureauet med angivelse af, at du tilmelder dig Astronomisk Selskabs solformørkelsesekspeditionen. Du bedes også melde

dig hos undertegnede, da jeg vil arrangere et møde inden rejsen.

Tilmelding: **Hurtigst muligt**, da der kun er få flypladser tilbage til disposition!!!

Oplysninger om rejsen og selve solformørkelsen lægges løbende ind på Astronomisk Selskabs website: AS.dsri.dk.

Med venlig hilsen og på gensyn ved Solformørkelsen 2001 i Afrika

Knud Strandbæk

E-mail: sir.eclipse@europe.com, tlf. 7631 1000 (aften), mobil 4040 3700.

Fra Livingstone Safari's beskrivelse af rejsen:

Denne rejse er tilrettelagt med henblik på at opleve den totale solformørkelse, som finder sted i et bælte på tværs af det sydlige Afrika. Et af de bedste steder er ca. 60 kilometer nord for Zambias hovedstad, Lusaka. Her er solformørkelsen total og varer i 3m34s. Rejseleder på turen er Knud Strandbæk.

Hvad indkvartering angår, så bliver det en spændende og utraditionel rejse. I Zambia skal vi på rejsens første 2 dage bo i en teltlejr ca. 4 km fra Victoria Falls på Zambias side, og dernæst flytter vi til en beliggenhed ca. 60 km nord for Lusaka, hvor selve solformørkelsen finder sted. I begge områder er campen eksklusiv, forstået således, at den er bygget for os, og der er ikke andre deltagere. Indkvarteringen er komfortabel, dvs. med telte, der er 190 cm i højde, feltsenge, lampe og sovepose (linned er for koldt på denne årstid). Teltet har fortelt med stole og bord, og bagved er opstillet toilettelt og brusetelt pr. 4 deltagere. Der er ikke så meget luksus disse to første dage, men vi tilstræber, at det skal være et meget hyggeligt ophold. Nætterne i Zambia er kølige på denne årstid. Man skal regne med nattemperaturer på omkring +5°C. Dagtemperaturerne er 20–25°C. Der er 3 måltider om dagen, som tilberedes af vor kok. Efter opholdet i Zambia flyver vi til Sydafrika og Cape Town. Vi bor på det 4-stjernede Portswood Hotel, der ligger nær den populære havnefront "Victoria & Alfred". Dagene tilbringes med nogle gode udflugter til de bedste af de lokale seværdigheder.

Rejseplan: 17. juni, afrejse fra Danmark. 18. juni, Victoria Falls & Livingstone by. 20. juni, Lusaka (kørsel fra Livingstone til campen 60 km nord for Lusaka. Vi bor ca. 1 km fra centerlinien). 21. juni, Solformørkelse. 22. juni, Johannesburg. 23. juni, Cape Town (heldagsudflugter til vinlandet inkl. frokost samt til Kap det Gode Håb inkl. frokost). 27. juni, kørsel til lufthavnen sidst på dagen og hjemrejse. 28. juni, ankomst til Danmark.

Nyt fra Astronomisk Selskab

Astronomisk Selskab

Hjemmeside: AS.dsri.dk

Michael Quaade (formand)
Hviddingvej 48
2610 Rødovre

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

Hans Sørensen (kasserer)
Stavnsholtvej 32
3520 Farum

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



riet på 74 55 24 00.

Foredragsserien i København og Århus

I foråret har foredragsserien haft temaet "Det astrofysiske grundlag for liv". De to sidste foredrag i serien er:

Mars – hvorfor forsvandt vandet? Ved Jens Martin Knudsen. Mandag den 23. april i København og mandag den 30. april i Århus.

Livets oprindelse – hvor står vi i dag? Ved Arne Damm. Mandag den 30. april i København og mandag den 14. maj i Århus.

Begge steder starter foredragene kl. 19.15. I København afholdes foredragene i det store auditorium på Rockefeller komplekset, Juliane Maries Vej 30, medens foredragene i Århus afholdes i auditoriet på Matematisk Institut på Universitetet.

Foredrag om astronomi på Orion Planetarium

Den 5. april vil Dorthe Dahl-Jensen fra Københavns Universitet fortælle om *Is og vand i Solsystemet*.

Om foredraget: Is manifesterer sig på mange måder i vort solsystem. På Jorden spiller de store iskapper en vigtig rolle i vort klima system. Undersøgelser af isens flydeegenskaber giver en forbedret datering af iskerner og forståelse isens bevægelse i iskapperne. På Mars og på Jupiters måne Europa er der observeret is, der har givet anledning til spekulationer om der findes liv på disse steder. Isen på Mars nordpol består fortrinsvis af vand, men med et meget højt indhold af urenheder. På Europa er der observeret et lag is med en krakeleret overflade. Der spekuleres på om isen er 100 m eller 25 km tyk, og om der findes vand under isen.

Foredraget finder sted på Orion Planetarium i Sønderjylland og begynder kl. 19.15. Medlemmer af Astronomisk Selskab deltager gratis og kan bare dukke op. Andre kan tilmelde sig ved henvendelse til planeta-

Generalforsamling den 21. april i Århus

Astronomisk Selskabs generalforsamling vil finde sted lørdag den 21. april kl. 13.00 på Steno Museet, C. F. Møllers Allé 100, Universitetsparken, Århus. Dagsorden kan findes i medlemsbladet Knudepunktet nr. 1, 2001.

Inden generalforsamlingen afholdes en omvisning på museet kl. 11 med særlig vægt på astronomi. Guide er lektor i astronomi ved Aarhus Universitet, Bjarne Thomsen. Der skal betales entré 30 kr. (særpris) ved indgangen. Til selve generalforsamlingen er der naturligvis gratis adgang.

Inden generalforsamling vil der blive sørget for spisning i form af sandwiches. Hertil kræves tilmelding hos Hans Sørensen (e-mail eller tlf. 44 95 11 79) senest den 17. april.

Yderligere oplysninger om alle disse arrangementer er givet på foreningens hjemmeside: as.dsri.dk.

Nyt fra Selskabet for Naturlærens Udbredelse

Selskabet for Naturlærens Udbredelse

Hjemmeside: www.snu.nbi.dk

Professor Dorte Olesen (formand)
UNI-C
Vermundsgade 5
2100 København Ø
E-mail: bente.egaa@uni-c.dk
Tlf. 35 87 88 04



Kaos og orden i naturen

Forårets program har temaet "kaos og orden i naturen". I denne serie taler professor Søren Brunak, Center for Biologisk Sekvensanalyse, DTU, mandag den 23. april 2001 kl. 19.30 om emnet "ibiologi – om bioinformatik og det humane genomprojekt". Foredraget holdes på Geologisk Museum, og efter foredraget er der generalforsamling.

Det sidste foredrag er planlagt til 14. maj 2001. Oplysninger om dette foredrag kan læses på SNUs hjemmeside: www.snu.nbi.dk

Nyt fra Dansk Fysisk Selskab

Dansk Fysisk Selskab

Hjemmeside: www.nbi.dk/dfs
Henvendelser i forbindelser med
årsmødet 2001 bedes ske
via dfs@nbi.dk



Dorthe Posselt (formand)
IMFUFA, RUC
4000 Roskilde

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

Ole Bakander (ole.bakander@post.tele.dk)

Henrik Bruus (næstformand) (bruus@nbi.dk)

Karsten W. Jacobsen (Karsten.W.Jacobsen@fysik.dtu.dk)

Ole Mouritsen (ogm@fki.dtu.dk)

Erik Horsdal Pedersen (kasserer) (horsdal@ifa.au.dk)

Jens Juul Rasmussen (jens.juul.rasmussen@risoe.dk)

Poul V. Thomsen (pvt@ifa.au.dk)

DFS årsmøde 2001

Husk at fristen for tilmelding til DFS's årsmøde samt indsendelse af abstract er *tirsdag den 27. marts 2001*. Tilmeldinger modtages dog også efter denne dato så længe der er plads på hotellet, men man kan ikke søge om friplads som studerende efter tilmeldingsfristens udløb. Nærmere oplysninger, program og tilmeldingsskema findes på DFS's hjemmeside www.nbi.dk/dfs samt i Kvant nr. 4, december 2000. Inviterede foredragsholdere er bl.a. Jocelyn Bell Burnell, The Open University: *The physics of pulsars*, John L. Hutchinson, University of Oxford: *Electron microscopy of 1-D ionic crystal grown within single-wall carbon nanotubes*, Ben Mottelson, København: *Trapped bosons and fermions*, Laurens W. Molenkamp, Würzburg: *Spintronics* og Frank Jülicher, Paris: *Active sound detection by the ear*. En særlig session om fysikbaserede virksomheder i Danmark bliver arrangeret med speciel fokus på små, nye innovative virksomheder.

DFS generalforsamling 2001

Der indkaldes hermed til den årlige generalforsamling i Dansk Fysisk Selskab på Hotel Nyborg Strand, fredag den 1. juni 2001 kl. 13.15. Dagsordenen:

1. Formandens beretning
2. Godkendelse af regnskab
3. Forslag fra medlemmerne
4. Eventuelt.

En skriftlig udgave af formandens beretning vil blive bragt i næste nummer af Kvant.

Nis Bjerre 1955 – 2001

En meget trist nyhed nåede Dansk Fysisk Selskabs bestyrelse i starten af februar: Lektor Nis Bjerre, Aarhus Universitet er død 3. februar efter længere tids sygdom. Nis Bjerre var i perioden 1998–2000 kasserer for Dansk Fysisk Selskab. Som kasserer var Nis forbillig: omhyggelig uden at være pedantisk og altid med et stort overblik. Når Nis fremlagde regnskabet på den årlige generalforsamling forstod han at krydre fremlæggelsen med lune bemærkninger og små venlige hip.

Jeg kender Nis fra min studietid på Aarhus Universitet, hvor jeg gik til hovedfagseksamen i hans kursus i ikke-lineær optik. Også som eksaminator og underviser husker jeg ham som dygtig og velforberedt – han var krævende, men på en venlig måde. Da jeg efter nogle år igen mødte Nis til Dansk Fysisk Selskabs årsmøde var der sket meget i hans liv – han havde overvundet en svær sygdom, var blevet dr. scient. med disputatsen "Understanding small molecules" og han var blevet familiefar med tre børn. Sidstnævnte var det tilbagevendende tema under vores årlige snak under postersessionen på DFS's årsmøde. På årsmødet 2000 var det tydeligt, at Nis' helbred ikke var det bedste, men på karakteristisk vis afviste han enhver form for medynk og fandt de positive aspekter i sin situation. Desværre gik det hurtigt ned ad bakke med helbredet og Nis vil ikke være at finde til årsmødet 2001 – han vil blive savnet.

Dorthe Posselt

DFS kontingent 2001

Det er igen tid til opkrævning af kontingent til Dansk Fysisk Selskab og individuelt medlemsskab af European Physical Society. Kontingentsatsen for ordinært DFS medlemsskab er uændret 325 kr., mens kontingentsatsen for kandidat- og Ph.D.-studerende samt pensionister er sat op til 125 kr. Dertil kommer 270 kr., hvis du ønsker at være individuelt medlem af EPS. Årsagen til kontingentforhøjelsen for studerende og pensionister er ganske enkelt, at kontingentet skal kunne dække de rå omkostninger for DFS i forbindelse med et medlemsskab, herunder specielt udsendelse af Kvant. Sidste betalingsdag er mandag den 19. marts. Desværre er der en del af vores medlemmer, der ikke overholder betalingsfristerne. Det betyder ganske meget unødigt ekstraarbejde for os med at rykke for betalingen og fører i sidste ende til sletning af medlemsregisteret. Dermed mister man jo så også abonnementerne på Kvant og Europhysics News, samt muligheden for at deltage i DFS-årsmødet til reduceret pris. Dertil kommer at Dansk Fysisk Selskabs aktiviteter finansieres af medlemmernes kontingent. Det vil gøre det sikrere og lettere for alle parter, hvis I vil tilmelde jeres DFS

betaling til automatisk overførsel via PTG eller PBS. Hvis I betaler manuelt, SKAL det udsendte girokort benyttes. På de udsendte girokort eller opgørelse fra PTG/PBS er anført din medlemskategori samt hvilke sektioner, du er tilmeldt. Er der fejl heri, bedes du

give mig besked, gerne via e-post. *Bjarne Andresen*, registerfører, Ørsted Laboratoriet, Universitetsparken 5, 2100 København Ø, tlf. 35320470, fax 35320460, e-post: andresen@fys.ku.dk.

Nyt fra Dansk Geofysisk Forening

Dansk Geofysisk Forening

Hjemmeside: www.gfy.ku.dk/~dgf

Geofysisk Afdeling
Juliane Maries Vej 30
2100 København Ø
E-mail: dgf@gfy.ku.dk

Henning Haack (hh@savik.geomus.ku.dk)

Kristian Keller (krk@kms.dk)

Anders Svensson (as@gfy.ku.dk)

Generalforsamling

Der indkaldes hermed til Generalforsamling i Dansk Geofysisk Forening. Onsdag den 4. april 2001, kl. 18.30 i Auditoriet, Geofysisk Afdeling, Juliane Maries Vej 30, 2100 København Ø.

Dagsorden

1. Valg af dirigent
2. Formandens beretning
3. Fremlæggelse af regnskab
4. Valg af bestyrelse
5. Valg af revisor
6. Indkomne forslag
7. Eventuelt

Temaaften om Mars onsdag den 4. april 2001 kl. 19.30–21.30

Som noget nyt arrangerer Geofysisk Forening nu en temaaften hvor flere forskere vil fortælle om forskellige projekter omkring det samme tema. Vi har i første omgang valgt Mars som tema. Dels fordi der kommer en lind strøm af meget spændende resultater tilbage fra Mars i disse år og dels for at give et indblik i forskningen ved det nyoprettede Center for PlanETForskning på Københavns Universitet.

Den amerikanske sonde Mars Global Surveyor fuldførte den 31. januar 2001 en ny kortlægning af Mars overflade i hidtil uset detalje. Der er fundet utallige tegn på at der i en ikke for fjern fortid har været flydende vand på Mars overflade. Sonden har også konstrueret et højdekort vha. et laser-altimeter. Højdekortet har overbevist mange forskere om at der ikke bare har været rindende vand men ligefrem et ocean på Mars. Samtidigt diskuteres det stadig om en meteorit fra Mars

indeholder fossile bakterier.

Danske forskere fra det nye Planetcenter er involveret i flere projekter, der skal belyse Mars' klima, iskanterne og tilstedeværelsen af vand. Et af de mest brændende spørgsmål er naturligvis: Har betingelserne for liv været til stede på Mars?

Program

Dorthe Dahl-Jensen, Centerleder, Center for PlanETForskning: *Mars: Klimatisk udvikling og iskanter.*

Preben Bertelsen, Ph.D. studerende, Mars-Gruppen, Center for PlanETForskning: *Danske eksperimenter på Mars Pathfinder og Mars Exploration Rovers 2003: Hvor lang tid var der vand på Mars?*

Jens Martin Knudsen, Lektor emeritus, Center for PlanETForskning: *Sidste nyt om meteoritten ALH84001 – har der været liv på Mars?*

Foredrag om månen, onsdag den 2. maj kl. 16.30

Amir Khan, Geofysisk Afdeling, KU: *Har månen en kerne?*

Månen udgør den eneste planet foruden Jorden for hvilken der eksisterer seismiske data til at undersøge dens indre struktur. De seismiske data, som bl.a. udgør dybtliggende måneskælv, meteoritnedslag og nedslag af brugte månefartøjer, blev opsamlet af seismiske stationer opstillet under de amerikanske Apollo missioner i perioden fra 1969 til 1977. Analyser af disse data har resulteret i modeller af den seismiske bølgeudbredelseshastighed i Månens indre, som indirekte fortæller noget om dennes sammensætning. Viden om Månens indre er af afgørende betydning for teorier for dens dannelse og evolution.

Alle arrangementer foregår i Auditoriet, Geofysisk Afdeling, Juliane Maries Vej 30, 2100 København Ø. Alle er velkomne!

Dansk Geofysisk Forenings Rejselegat

I efteråret 2000 blev legatet tildelt Karen Guldbæk Schmidt, studerende ved KU, som deltog i AGU Fall Meeting i San Francisco med en poster med titlen "A Temperature Profile Model in Europa's Shell With Crystal Growth", og Anne Guldbæk Schmidt, studerende ved AU, der p.t. er på studieophold ved Michigan University, hvor hun laver elektronmikroskopi på lavaprøver fra Vestgrønland.

Legatet er for 2.-dels geofysikstuderende og uddeles to gange årligt. Læs mere på hjemmesiden: www.gfy.ku.dk/~dgf.

Er fysik i fare eller faret vild?

Tanker omkring Third World Congress of Physical Societies i Berlin

Per-Anker Lindgård, Afdelingen for Materialeforskning, Forskningscenter Risø.

Fortsat fra bagsiden

Der var også en flot, længere tale af F&U-ministeren, E. Bulmahn. En ung kvinde, der udstrålede stor autoritet og kompetence. Hun talte om fysik med en indsigt, ligefremhed og fasthed i stemmen, som kunne gøre mange fysikere til skamme – og dertil om politik og om nødvendigheden af at investere i fysik. For en dansker meldte forundringen sig. Man kom til at tænke på vores tilsvarende ministerium og dem der bestyrer det. Det har ovenikøbet netop skiftet navn fra Ministeriet for Forskning og Informationsteknologi til Ministeriet for Informationsteknologi og Forskning! Tanken strejfede også den kranke skæbne fysik nu har fået på Danmarks største Forskningsinstitut, Risø.

Den Tredje Verdens Kongres af de Fysiske Selskaber startede derefter. Det var den 3. i rækken, ikke for 3. verdens lande specielt. Den var arrangeret af EPS og DPG. Den blev holdt i det interessante gamle "Magnus" hus, som engang tilhørte den indflydelsesrige fysiker Magnus (bygget i slutningen af 1700 tallet). Det ligger lige overfor Pergamon museet, tæt ved Humbolt Universitet og alle de imponerende bygninger i græsk og klassisk stil i det gamle Berlin centrum. Interessant at en fysikprofessor dengang kunne have haft en så kæmpestor, elegant bolig lige i centrum. Omkring sig havde han en håndfuld elever, som så at sige alle er kendte. De var med til at lægge grundlaget for en ny måde at tænke på, at forstå og at forsøge.

Det er et paradoksalt aspekt af moderne fysik: der er så mange fysikere; og de fleste vil ikke blive husket om et par hundrede år. Men de er nødvendige for at opretholde den fra menigmand til direktører simpelthen forventede, men ikke gerne betalte, vækst i al teknologi, det være sig vedr. computer kraft eller fremstilling af fødevarer. Et andet er, at der er gået inflation i ordet forskning – snart bliver det vel betegnet som forskning at surfe på nettet (jfr. navneskiftet på vores ministerium). Der er noget at tænke over.

Der var ca. 100 deltagere lige fra USA med nogle af de ledende i AIP og APS og Japan, hvor de har to store fysiske selskaber (et applied) – fra Vest- og Øst-Europa, fra Kina, Asien, New Zealand og Syd Amerika til små eller næsten ikke eksisterende selskaber i Afrika. Jeg repræsenterede Dansk Fysisk Selskab og var med som bestyrelsesmedlem i EPS. Problemet var enstemmigt det samme: faldende interesse for fysik. Dog ikke lige voldsomt alle steder, og ikke så galt som i Tyskland. Alle talte om det helt store problem med at der

bliver mangel på kvalificerede lærere i fysik på så at sige alle niveauer. Det kan blive alvorligt for faget. Og koblet til dette problem: hvorfor kan man ikke få piger til at læse fysik. Ingen havde svaret.

Der var lige så stor enighed om at fysikere er yderst anvendelige og at der ikke er problemer med at få job, som sådan. Det blev generelt set som et gode og en værdifuld ballast for fremtiden at have en basal viden, som jo netop erhverves ved det krævende fysikstudium. Kun et enkelt (hollandsk) indlæg kom ind på, at måske burde man se på om de færdigheder der skattes så højt (evne til at være fleksibel, kreativ, at kunne lære nyt og generalisere ...) måske kunne indlæres mere direkte. Er det nødvendigt at skrive en Ph.D. afhandling om kvantefysik for at blive en dygtig pengemand på Wall Street. Jeg mener også, og gav udtryk derfor, at i flere tilfælde er fysikere faktisk "over-uddannede" til de mange jobs de faktisk kan få. Hvis man skal konkurrere med ingeniører ved vi jo, at af fagforeningsmæssige grunde vil lønnen ovenikøbet komme til at ligge lavere – i Danmark ihvertfald. Hvorfor ikke tage den slagne vej. Et andet aspekt er at en lang krævende akademisk uddannelse ikke længere sikrer rimelig adgang til et ønsket efterfølgende karriereforsøg. Man burde nok tage hele studiet op til revurdering!

I de Øst-Europæiske lande er der stadig en rimelig god (gammeldags) uddannelse, men et faldende antal studenter. Der synes at være noget af et problem med "brain-drain", især til USA, men også successivt fra Rusland til Polen, fra Polen til Tyskland osv. Der var en del uenighed om det var – eller for hvem det var – godt. Præsidenten for EPS, Sir Arnold Wolfendale, som har rejst meget i Øst-Europa, mener der bør gøres en (økonomisk) indsats fra de rige lande for at kompensere for tabet. Præsidenten for IUPAP, R. Richter (Nobelpristager fra USA) og faktisk flere fra Øst-landene talte stærkt for, at det er et uundgåeligt overgangsfænomen, til gavn for personlige kontakter, men at problemet ligger primært hos regeringerne i de berørte lande. De må skabe bedre forhold, hvis de vil holde på de bedste hoveder. Noget jeg kun kan være helt enig i, og som måske det lille rige Danmark også kunne lære noget af. Ikke helt uventet er det endnu værre i det lille rige New Zealand, hvor de jo har tradition for at gå i økonomisk meget små sko. Der er mantraet "nyttiggørelse af forskning" enerådende og ødelæggende, forstod jeg. Der var virkelig gode, velformulerede indlæg fra Afrika, hvor problemerne er de samme, men nok dog på et helt andet niveau.

Der blev også diskuteret andre emner, for eksempel den store revolution man må forvente med hensyn

til elektronisk kommunikation og publikation, for ikke at sige arkivering. Man kan jo læse 2000 år gamle papyrusruller, men ikke 15 år gamle elektroniske data, noget må gøres i en fart. Det er klart de elektroniske muligheder formindsker ikke mængden af papir. Mange af de store fysiske selskaber er rige og afhængige af publikationsvirksomheden. Nervøsiteten breder sig, hvorvidt de kan opretholde indtægterne. Der er også juridiske problemer, som kan blive ret ukontrollable med hensyn til lovgivning om ejendom af og adgang til databaser og registerlovgivningen i de forskellige lande. Der er folk i de fysiske selskaber, der tænker over disse ting for os. Men, der kan blive store ændringer i den måde fysikresultater bliver kommunikeret på inden for bare de næste få år. En debat om hvordan fysikerne helst ser problemerne løst ville nok være formålstjenlig.

Mødet afsluttedes med vedtagelse af tre resolutioner med henblik på at forsøge at påvirke regeringer og beslutningstagere ved at belyse problemet, fysik står i, og at tilskynde til at forbedre vilkårene for forskere og især lærere af fysik. De kan ses på EPS's hjemmeside: www.EPS.org. Det blev ydermere meddelt, at EPS vil arbejde på at gøre 2005 til et Verdens-år for fysik. Det er 100 året for Einsteins store teorier – både om kvante- og relativitets-ideerne. Der skulle så på internationalt plan laves store, interessante arrangementer for at synliggøre fysik som vigtig "rugekasse" – så ikke teknologien løber med hele æren og pengene tilmed. Bidrag dertil og ideer vil være velkomne.

Dette var en personlig redegørelse for mødet, krydret med en del egne betragtninger. Andre kunne sagtens have farvet det noget anderledes. Mødet var faktisk for mig overraskende inspirerende. Hvis IUPAP, EPS, AIP, APS, IOP, DPG og alle de andre Fysiske Selskaber kan stå sammen repræsenterer vi flere hundrede tusinde fysikere – med omgivelser og pårørende bliver det til millioner. Så begynder politikerne at lytte, som USA folkene sagde, og de er jo velkendte med lobbyismens vilkår. Det er tydeligvis et meget vigtigt arbejde, der foregår i de forskellige fysiske selskaber. Det er vigtigt at medlemmerne i Dansk Fysisk Selskab er bekendt hermed og at de også deltager aktivt i løsningen af de forskellige problemer, der viser sig i horisonten. I kan være med ved at skrive for eksempel i EuroPhysics News om jeres synspunkter på at bringe fysikken på rette spor.

Referencer:

- [1] Von Klitzing fortalte historien om en forsigtig, ung professor Planck, som ikke selv helt ville indrømme konsekvenserne af sin opdagelse, det

lille energikvant h , og slet ikke af sin interpolations formel, som kunne fitte hele frekvensafhængigheden af hulrumsstrålingen perfekt. Han savnede en forståelse, dvs. en udledning deraf på kendt basis. En god beskrivelse kan man finde i *Physics World*, December 2000, "Max Planck: the reluctant revolutionary" af Helge Kragh.

- [2] Jeg husker selv, da jeg var færdig med Universitetet, at være tyngt af begreber, som man kendte, eller var blevet indpodet til at mene, man skulle kende helt til bunds. Man turde næppe tænke på dem, slet ikke tage dem i sin mund før man var helt sikker. Pas på, ikke find på, var mantraet. Jeg husker min undren over at nogle (især ingeniører, på daværende Polyteknisk Læreanstalt havde de en anden vinkel – eller fysikere fra udlandet) med største lethed slyngede om sig med netop disse dybt ladede ord – det kunne være for eksempel superledning og BCS teorien. Eller bare middelfelt – vi var blevet indskærpede at det sandelig ikke var et felt, men toppen af et kvantemekanisk isbjerg. At bære rundt på sådan en tyngde er ikke befordrende for kreativ tænkning. Man kan eller behøver ikke køre hele vejen i første gear. Det man skulle have lært var, også at kunne bevæge sig raskt af sted i højeste gear om end på tyndere is for at fange en ide – det er der kreativiteten er. Det ville nok tiltale de driftige. Men sådan var det ikke – og er stadig ikke.

Forkortelserne står for:

AIP: American Institute of Physics.

APS: American Physical Society.

DPG: Deutsche Physikalische Gesellschaft.

EPS: European Physical Society.

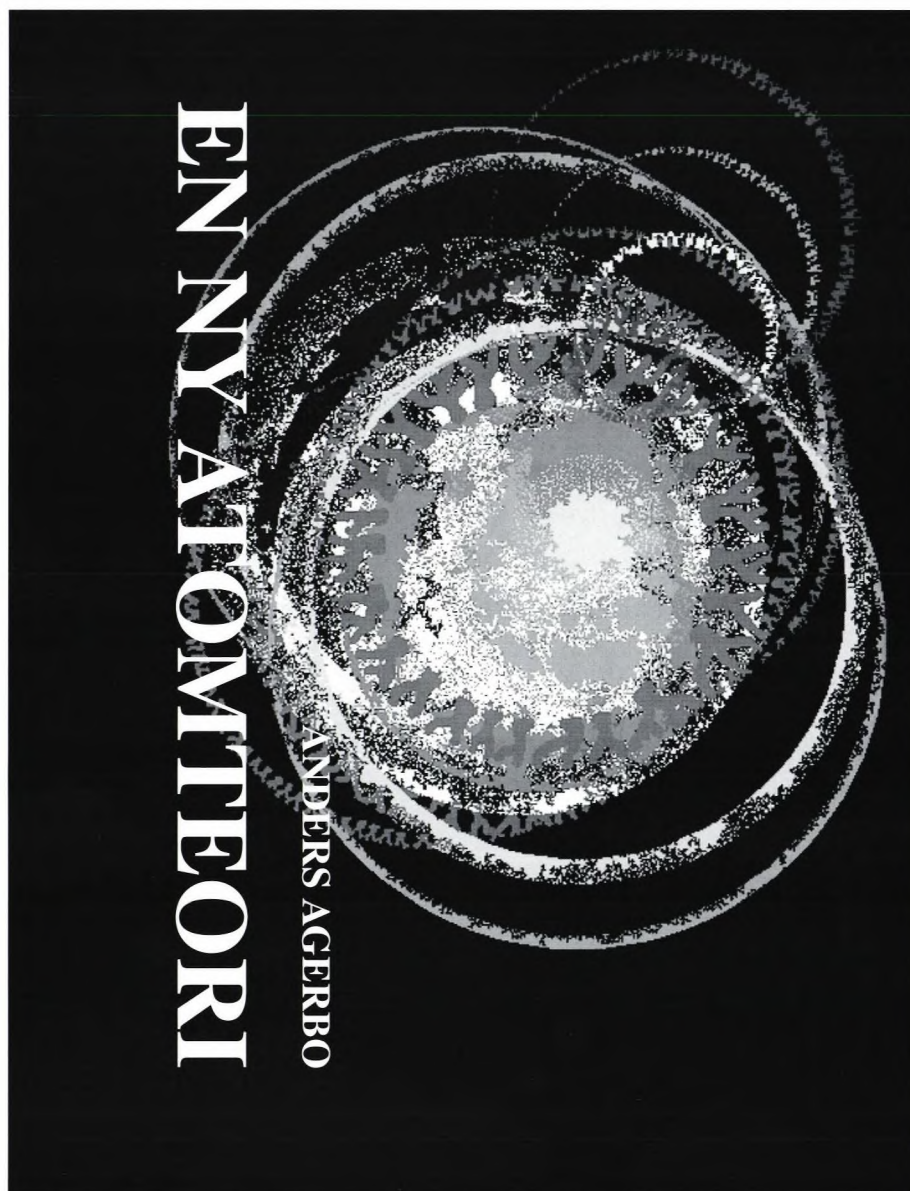
IOP: Institute of Physics (England).

IUPAP: International Union of Pure and Applied Physics.



Per-Anker Lindgård er seniorforsker, dr.scient., ved Afdelingen for Materialeforskning, Forskningscenter Risø, samt medlem af eksekutivkomiteen for det europæiske fysiske selskab (EPS).

EN EXCEPTIONEL NY ATOMTEORI!



-EN NY FILOSOFISK FUNDERET ATOMTEORI MED ET PSYKISK-SOMATISK GRUNDLAG, OG IKKE ET RENT SOMATISK ('MATERIELT') SOM DE HIDTIDIGE - EN TEORI SOM VIRKER BEDRE END KVANTEMEKANIKKEN I PRAKTISK ANVENDELSE, OG SOM SKELNER MELLEM BIOLOGISKE OG IKKE-BIOLOGISKE ATOMARE FORHOLD - ET PRAKTISK ANVENDELIGT ESTIMATIONSYSTEM TIL COMPUTERREGNEARK MEDFØLGER!

FÅS HOS BOGHANDLEREN FRA DEN 30. JANUAR 2001.

Kr.: 210,-

Løsninger og kommentarer til breddeopgaver

Jens Højgaard Jensen, IMFUFA, Roskilde Universitetscenter.

Fortsat fra side 9

Da svarene på delspørgsmålene er 1) $A = Q_o - Q_i$, 2) $Q_o = Q_i(T_o/T_i)$, 3) $A = Q_i(T_o - T_i)/T_i$, 4) $A = K(T_o - T_i)(T_o - T_i)/T_i$ og 5) $A_{køkken}/A_{udhus} = 4$, er strømforbruget af dybfryseren placeret i køkkenet om vinteren 4 gange større end ved udhusplaceringen.

Kommentar

Det intuitive svar, som ser bort fra temperaturforskellens indvirkning på effektiviteten af kompressoren som varmepumpe, er, at det nok kræver den dobbelte effekt at holde temperaturforskellen mellem dybfryserens indre og dens omgivelser dobbelt så stor. Men sådan er det altså ikke. Heller ikke i praksis ifølge en redegørelse fra Husholdningsrådet, der, hvis jeg husker rigtigt, netop sagde en faktor fire. Det er således ikke helt ved siden af, som gjort, at læne sig op af det reversible grænsetilfælde ved besvarelsen af opgaven.

Det er bevidst, at den effekt, der skal til for at drive dybfryseren, i breddeopgaven er kaldt strømforbrug svarende til almindeligt sprogbrug. På samme måde som matematikbeherskelse ikke skal være bundet til, at den uafhængige variabel hedder x , den afhængige y og den vilkårligt valgte konstant a , skal fysikbeherskelse også kunne skue igennem varierende symboler og sprogbrug.

Den udfoldede version af dybfryseropgaven er som sagt lavet som kontrast til den åbent formulerede breddeopgave som bidrag til dialog med de studerende om, hvad der er flaskehalsen for at opleve fysik som et aktivt og udadrettet tænkeapparat. Der ligger selvfølgelig også en indirekte kritik af fremherskende opgavetyper i fysikundervisningstraditionen gemt i modstillingen, selvom den udfoldede opgave er på grænsen til at være en karikatur. Under alle omstændigheder har sættet af udfoldede opgaver været meget befordrende for forståelsen hos de studerende af plottet for breddekurset på RUC.

Løsning og kommentar til breddeopgave nr. 5 side 9

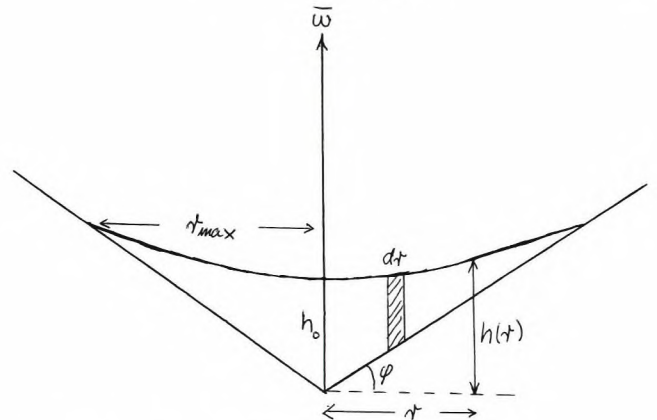
Fra $P = UI$ og $U = RI$ fås $R = U^2/P$. Da U er den samme for de to pærer, nemlig netspændingen, er modstanden R altså størst, når P er mindst, dvs. i 40 W's pæren.

Det er ikke fysikken, der vanskeligheden i denne opgave. Formlerne $P = UI$ og $U = RI$ er velkendte fra gymnasiet. Vanskeligheden består først og fremmest i at identificere, hvad der i problemet har rollen som uafhængig variable (P), hvad der har rollen som afhængig variable (R), hvad der har rollen som konstant (U), og at I er en størrelse, man skal skaffe sig af med. Som omtalt hører opgaven til blandt de nemme breddeopgaver. Ved eksamen blev den rigtigt besvaret af næsten alle. Man skal imidlertid ikke undervurdere vanskeligheden ved at stille formelt skarpt på selv ret simple problemer, når de ikke leveres i en formel form. Mit gæt er, at kun et fåtal af de studerende på den naturvidenskabelige basisuddannelse på RUC ville kunne løse opgave, selvom de kunne huske gymnasieformlerne.

Løsning til breddeopgave 6 side 9

Hvor meget sand tragten kan indeholde uden at der slynges noget ud, må alene afhænge af hældningen ϕ , vinkel-frekvensen ω og tyngdeaccelerationen g . Det følger af dimensionsgrunde heraf, at formelen for det maksimale volumen som funktion af ϕ , ω og g nødvendigvis må have udseendet:

$$V_{\max} = f(\phi) \left(\frac{g}{\omega^2} \right)^2 \quad (1)$$



Figur 2. Figur til løsning af opgave 6.

For at finde funktionen $f(\phi)$ er det nødvendigt at regne: Sandoverfladen er vinkelret på det samlede kraftfelt i det medroterende system, dvs.:

$$\frac{dh}{dr} = \frac{r\omega^2}{g}, \quad (2)$$

hvoraf

$$h(r) = h_0 + \frac{1}{2} \frac{\omega^2}{g} r^2. \quad (3)$$

I det almene tilfælde, hvor der godt kan være mindre sand i tragten end det maksimalt mulige, er $r_{\max}$ (jævnfør figuren) fastlagt ved skæringsbetingelsen:

$$h_0 + \frac{1}{2} \frac{\omega^2}{g} r_{\max}^2 = r_{\max} \tan \phi \quad (4)$$

Ved den på figuren antydede integration fås den almene sammenhæng mellem volumen, h_0 og $r_{\max}$:

$$V = \int_0^{r_{\max}} 2\pi r(h(r) - r \tan \phi) dr = 2\pi \left(\frac{1}{2} h_0 r_{\max}^2 + \frac{1}{8} \frac{\omega^2}{g} r_{\max}^4 - \frac{1}{3} (\tan \phi) r_{\max}^3 \right), \quad (5)$$

som ved indsættelse af h_0 fra (4) giver

$$V = \pi r_{\max}^3 \left(\frac{1}{3} \tan \phi - \frac{1}{4} \frac{\omega^2}{g} r_{\max}^2 \right). \quad (6)$$

Fordelingen af sandet i tragten kan derfor i almindelighed for et givet volumen findes ved at bestemme $r_{\max}$ af (6) og herefter h_0 af (4). Betingelsen for at sandet ikke skrider udad er, at komposanten langs tragten af det samlede kraftfelt ved det yderste sandkorn ikke er udadrettet:

$$g \sin \phi > r_{\max} \omega^2 \cos \phi. \quad (7)$$

Det maksimale volumen er således givet ved $r_{\max} = g/\omega^2 \tan \phi$, som indsat i (6) giver

$$V = \frac{\pi}{12} \left(\frac{g}{\omega^2} \right)^3 \tan^4 \phi. \quad (8)$$

Funktionen $f(\phi)$ er altså $\frac{\pi}{12} \tan^4 \phi$.

Kommentar til opgave 6

Efter at opgaven havde været stillet til eksamen blev jeg gjort opmærksom på, at stablingsfænomenerne i granulære medier også i det foreliggende tilfælde kan give anledning til lidt af hvert. Der er faktisk i litteraturen rapporteret om andre sandfordelinger i roterende tragte end den ovenfor beregnede. Så opgaven havde været stillet mere indiskutabelt, hvis der i opgaveteksten havde stået vand, hvor der står sand.

For de studerende ved eksamen gjorde det ikke nogen forskel, at den handlede om sand og ikke om vand. Og i den situation er jeg ikke så ked af det diskutabile i opgaven. For den senere brug af opgaven i undervisningen er det diskussionsåbnende i den en fordel, når diskussionen – som her – kan ske i sammenhæng med klarhed på visse præmisser (sand=vand). For de studerende ved eksamen bestod hovedvanskelighederne dels i at udføre de nødvendige matematiske manipulationer, dels i at få opstillet de udtryk, der skulle manipuleres med. Der var ingen, der nåede frem til facit, selvom flere var i stand til at anføre rigtige løsningsstrategier. Opgaven er således som typeopgave betragtet uhensigtsmæssig besværlig i forhold til det matematiske træningsniveau hos de studerende på breddekurset.

I almindelighed er det vanskeligere at finde på nemme breddeopgaver som opgave 5 end breddeopgaver som opgave 6, hvor fysifiseringen og matematiseringen kan komme til at drukne i teknikaliteter. En af grundene til at eksamenen i breddekurset er uden hjælpemidler er, at det gør det nemmere at stille enkle opgaver. Behovet for afstand til medbragte lærebøger kan nemt komme til at presse opgaverne i retning af teknisk betonedede raffineringer.

Kvant i 2001 – astronomi, klima og undervisning

Tycho Brahe (1546–1601)

Den 24. oktober er det 400 år siden, at den danske astronom Tycho Brahe døde. Han byggede som bekendt (i årene 1576–1597) et astronomisk observatorium på øen Hven, og hans målinger af planeten Mars' bevægelser blev siden brugt af Kepler til at finde de grundlæggende love for planeternes bevægelser.

Kvant markerer 400 året i næste nummer med en samling astronomiartikler. Vi kan allerede nu nævne, at vi bl.a. bringer Jens Martin Knudsens afskedsforelæsning om "Planeten Mars og væksten af orden i Universet". Vi får også anden del af Palle Møller og Johan Fynbos artikel om galakser i det tidlige univers (1. del er trykt i Kvant nr. 4, december 2000). Desuden skriver Kay Akselbo om "Bevidsthed, fysik og kosmologiske principper".

En artikel om Nobelprisen 2000 i fysik, som der ikke blev plads til denne gang kommer også i næste nummer.

Globale klimaændringer?

Til sommer udkommer den 3. rapport fra FN's klimapanel, og vi følger emnet op i Kvant med et udvidet temanummer om Jordens Klima. Udgivelsen af dette nummer sker med støtte fra "Copenhagen Global Change Initiative" (COGCI).

Undervisning i fysik og astronomi

Årets sidste Kvant beskæftiger sig med undervisningen i fysik og astronomi. Vi undersøger situationen og nogle af de mange nye initiativer i folkeskolen, gymnasiet og på universiteterne.

Abonnement på Kvant

Du modtager gratis Kvant som medlem af en af foreningerne AS, DFS, DGF eller SNU. Indmeldelse i foreningerne kan ske ved henvendelse til kontaktadressen i rubrikkerne "Nyt fra ...". Det koster 270 kr. om året at være medlem af AS, 325 kr. om året at være medlem af DFS (dog 125 kr. for pensionister), 225 kr. om året hos DGF og 150 kr. om året at være medlem af SNU. Unge under uddannelse slipper dog med 120 kr. hos AS, 175 kr. hos DGF, 125 kr. hos DFS og 75 kr. hos SNU.

Det er også muligt alene at tegne abonnement på Kvant for 135 kr. om året. Det kan gøres ved henvendelse til Lene Kørner, Matematisk Institut, Universitetsparken 5, 2100 København Ø (kørner@math.ku.dk), tlf. 35 32 07 62 eller via hjemmesiden www.nbi.dk/dfs/KVANT. Tegner du abonnement nu, får du tilsendt nærværende nummer samt de sidste tre numre i 2001.

Flytning skal meddeles postvæsenet, men du må gerne give samtidig besked til Lene Kørner.

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

Køb af classesæt eller tidligere numre af bladet kan ske ved henvendelse til kvant@nbi.dk. Et stort udvalg af ældre numre, samt alle de seneste års Kvant, bortset fra nr. 1 år 2000 og nr. 3 år 1998, kan leveres. Prisen er 20 kr. pr. stk. Et classesæt á 30 stk. koster 450 kr.

Oscillationer målt på overfladen af gammel stjerne

Danske og internationale forskere har "taget pulsen" på en anden stjerne ved at måle oscillationer på overfladen af stjernen Beta Hydri, der er 24 lysår væk. Med det Anglo-Australske teleskop observerede de stjernen i fem nætter med et utrolig præcist instrument og fandt, at den svingede med en periode på 17 min. mod Solens ca. 5 min. Overfladeoscillationerne på Solen er målt meget præcist af SOHO-satellitten: Solen har små svingninger med perioden 5 min. Ved større bølger, "solskælv" har man opnået uvurderlig information om Solens indre. Dette håber man at gøre med andre stjerner også.

Stjernen minder om Solen men er ca. 7 mia. år og kan derved bidrage til forudsigelsen af Solens fremtid. Ud fra computer-modeller skal Solen om 6–7 mia. år vokse mere end 100 gange hvorved dens overflade vil nå længere ud end Jordens bane. Forskerne havde forventet, at en gammel stjerne ville have en langsommere overfladesvingning, omkring 15–20 min. hvilket nu er bekræftet og forskerne kan begynde at sige noget om forholdene inde i stjernen. De danske forskere der har deltaget i målingerne er Jørgen Christensen-Dalsgaard og Hans Kjeldsen som i øjeblikket er ved at forberede en dansk satellit, RØMER, som er dedikeret til studiet af stjerneoscillationer.

Kilde: CNN News Februar 2001.

Laserlys bragt til fuld stop

Det er tidligere lykkedes den danske forsker Lene V. Hau, at sænke hastigheden af en laserpuls når den sendes igennem et Bose-Einstein kondensat (en kold gas af atomer). Nu er det lykkedes en konkurrerende gruppe, anført af Ron Walsworth og Mikhail Lukin, i et laboratorium på Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics at bremse lyset helt.

I en specielt prepareret gas af Rubidium atomer er laserpulsens gruppehastighed bremset til nul og informationen om lyset blev gemt som en kollektiv excitation, en "spin bølge" i Rubidium atomerne. Den atomare spin bølge er stabil og har lang levetid hvorfor det var muligt at trække lyset ud af atom-skyen igen. Lyspulsens havde samme egenskaber som før den blev sendt ind i kulden. Normalt vil atomer blot blive opvarmet når de beskydes med lys, og informationen blive til støj. Men når en kontrol laserstråle er indstillet på atom-gassen kan der opstå en tilstand kaldet "elektromagnetisk induceret transparens" (EIT). I denne tilstand bliver fotoner ikke absorberet. Det er ved at ændre og slukke for denne kontrol laserstråle, at laserpulsens er blevet bremset (et kohærent lyssignal omdannes til en

kohærent atomsky med spinbølger) og trækkes ud på et senere tidspunkt ved at åbne for kontrollaseren igen.

Lene V. Hau har opnået et tilsvarende resultat i sit laboratorium. Med de specielle egenskaber teknikken har, forventer man, at teknikken kan udvikles til lagring og behandling af foton kvantetilstande hvilket vil blive brugt i kvantecomputere og ved kvantekommunikation.

Kilde: AIP Physics News 521,
newton.ex.ac.uk/aip/physnews.521.html.

GAIA – den næste astrometriske satellit

GAIA er blevet valgt af ESA som hjørnestensmission med en planlagt opsendelse senest i 2012. GAIA vil videreføre arbejdet fuldført af den første astrometriske satellit, HIPPARCOS, der bl.a. resulterede i HIPPARCOS kataloget med meget nøjagtige målinger for 120.000 stjerner og desuden 2,5 millioner stjerner i Tycho-2 kataloget. HIPPARCOS har betydet et større fremskridt i nøjagtighed end man har opnået i de sidste 200 år med teleskoper fra Jordens overflade. GAIA vil overgå HIPPARCOS med et endnu større syvmileskridt. Satellitten vil detektere omkring en milliard stjerner og mange andre punktformede objekter på himlen. Det vigtigste videnskabelige formål er at opklare hele dannelsen af vores Mælkevejssystem og dets nuværende struktur. Missionen vil have enorm betydning for undersøgelser af stjernernes fysik og man vil opdage henved 20-30.000 nye planetsystemer udenfor vort eget solsystem (der kendes 50 systemer i dag). Yderligere vil banerne for asteroider der krydser Jorden blive bestemt bedre. Danske astronomer har bidraget afgørende med tekniske og videnskabelige forslag til den nye avancerede ESA satellit, især Erik Høg har været centralt placeret i GAIA-missionen lige fra idéfasen som han startede i 1990.

Kilde: Pressemød. Astronomisk Observatorium 11. nov.

Spor af magnetotaktiske bakterier i Mars-sten

Et internationalt forskningsteam har undersøgt Mars-meteoritten ALH 84001 og fundet kæder af magnetit krystaller som de hævder skyldes biologisk aktivitet. Lignende magnetit krystaller forekommer i "magnetotaktiske" bakterier fra Jorden der bruger dem som kompasser til at navigere i forhold til Jordens magnetfelt. Forskerne påpeger, at de 0,025 μm små magnetit-krystaller ville klumpe sammen hvis de lå udenfor en organisme. Magnetotaktiske bakterier kræver små mængder ilt og der har derfor sandsynligvis været aktive fotosyntetiske organismer på Mars for 3,9 mia. år

siden da magnetitkrystallerne trængte ind i stenen – måske ved et asteroide-nedslag. Det næste skridt er at lede efter rester fra bakterierne selv.

Kilder: www.rummet.dk, www.pnas.org, (PNAS vol. 98, no. 5, p. 2176-2181),

www.amesnews.arc.nasa.gov/releases/2001/01_11AR.html.

TopHat målinger af mikrobølgebaggrunden i hus

Den 4. januar 2001 blev TopHat ballonen succesfuldt opsendt fra Antarktis på sin færd rundt om sydpolen for at måle på den kosmiske mikrobølgebaggrundsstråling. Trods alvorlige vanskeligheder med manglende radiokontakt og for lidt flydende helium blev optimismen bevaret. De videnskabelige instrumenter hænger nede under en gondol fra en lille ballon og det hele er placeret på toppen af en større ballon.



Figur 1. TopHat under opsendelsen.

Det er første gang man placerer instrumenterne ovenpå bæreballeonen med frit udsyn til Universet. De tidligere ballonmissioner, MSAM 1 og 2 var blandt andet plaget af støj fra spredt stråling. TopHat er et amerikansk projekt med betydelig dansk deltagelse fra Dansk Rumforskningsinstitut der bl.a. har bygget spejlene. Turen rundt om sydpolen i 40 km højde tog omkring dobbelt så lang tid som de planlagte 2 uger. Da TopHat den 31. januar landede – et meget ufremkommeligt sted – ca. 400 km fra sydpolen, var harddiskene med de kostbare data heldigvis intakte. De indsamlede data er ved at blive analyseret.

Kilder: www.tycho.dk/nyheder (jan, feb); www.rummet.dk (TopHat tema); topweb.gsfc.nasa.gov.

Landing på asteroiden Eros

Den 12. februar 2001 lykkedes det at foretage en "blød landing" (med en hastighed af ca. 8 km/t) på asteroiden Eros. Landingen blev foretaget af rumsonden NEAR-Shoemaker som i godt et år har omkredset det lille himmellegeme og kortlagt det i stor detalje gennem mere end 160.000 billeder. Efter endt mission blev det besluttet at forsøge en landing og få nogle virkelige nær-

billeder i kassen. De mindste detaljer på nogle af billederne er omkring én meter. Efter landingen var der stadig radiokontakt med rumsonden og man forsøgte at lette en smule for at lande et andet sted. Rumsonden virker stadig og har bl.a. målt gamma stråling fra sin position på overfladen af asteroiden.

Kilde: www.tycho.dk/nyheder; www.nasa.gov.

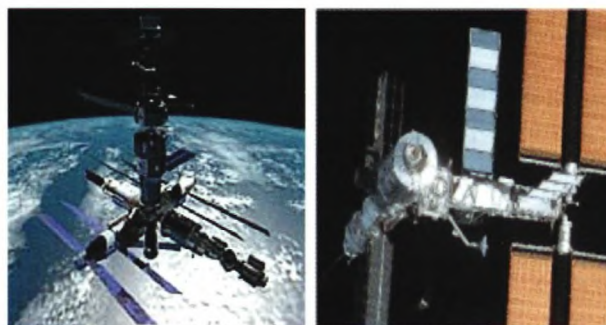
Finstrukturkonstanten meget konstant

Rødforskydningen af lyset fra fjerne galakser fortolkes som et udtryk for universets globale udvidelse. Hvis finstrukturkonstanten, $\alpha = e^2/\hbar c \cong 1/137,035999$, varierede lidt med tiden ville hele rødforskydningen ikke udelukkende skyldes udvidelsen. Nu har en gruppe af astronomer sammenlignet brints 21-cm emissionslinje målt på en fjern radiogalakse (lyset udsendt for 4,8 mia. år siden) med målinger i laboratoriet. De fandt, at eventuelle afvigelser skulle findes ude på femte decimal og at finstrukturkonstanten højst kan ændre sig relativt til dens nuværende værdi med: $\dot{\alpha}/\alpha = 3,5 \cdot 10^{-15} \text{ år}^{-1}$.

Kilde: AIP Physics News 517.

Rumstation generationsskifte

Om alt går efter planen vil den 15 år gamle og hæderkronede russiske rumstation MIR brænde op i atmosfæren når den 130 tons tunge station styrter ned over Stillehavet omkring den 20. marts 2001.



Figur 2. MIR (1986-2001) og ISS (1998-).

Afløseren, Den Internationale Rumstation ISS, er allerede under opbygning. De første moduler: Zarya, Zvezda, Unity og to bomdele har netop fået monteret "Destiny-laboratoriet" og den faste besætning på tre astronauter kan nu foretage videnskabelige forsøg mens de venter på de næste moduler. Rumstationen vejer allerede 112 ton, er knap 50 m lang og bevæger sig rundt om jorden på godt 1,5 time med en hastighed af ca. 7,7 km/s. I april opsendes robotarmen som skal foretage dele af den videre samling. Rumstationen vil fuldt udbygget (omkring 2004) blive større end en fodboldbane.

Kilde: www.ing.dk/tema/iss/.

KVANT-nyheder på nettet: www.nbi.dk/dfs/ny/

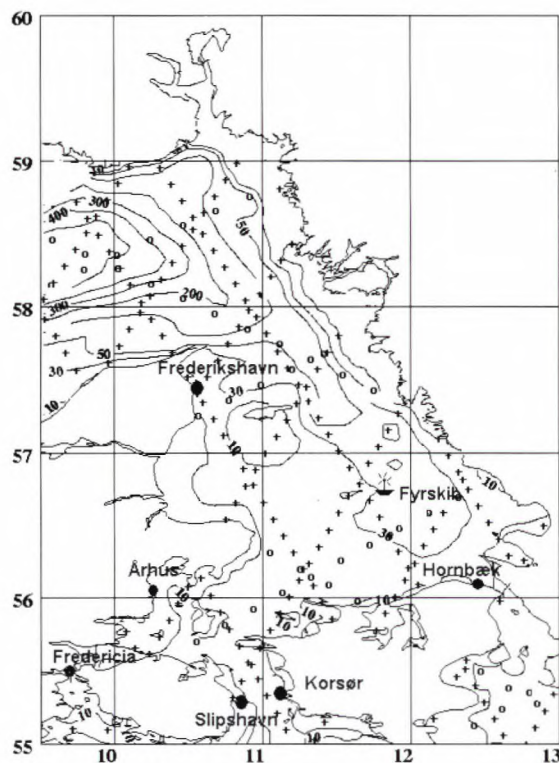
Ændringer i havniveau – et sikkert klimategn

Niels K. Højerslev, *Geofysisk Afdeling, Niels Bohr Institutet for Astronomi, Fysik og Geofysik, og Ole B. Andersen, Geodæsikontoret, Kort og Matrikelstyrelsen.*

Der er noget så sjældent som 100% enighed om, at en forøgelse i den globale middeltemperatur vil foranledige generelle vandstandsøgninger. Helt lokalt i f.eks. den nordlige del af østersøområdet vil vandstanden dog kunne falde, fordi landet her hæver sig med omkring en centimeter om året, men det er bestemt undtagelsen, der bekræfter den helt overordnede regel om, at når temperaturen går op, så følger vandstanden efter. En omhyggelig gennemgang af i princippet al tilgængelig faglitteratur på området bekræfter denne bemærkelsesværdige konsensus. Der er ligeledes fuld konsensus om, at ca. halvdelen af den samlede vandstandsstigning i verdenshavet skyldes den steriske effekt, dvs. det forhold at sædvanligt havvand i modsætning til ferskvand altid udvider sig, når temperaturen øges fra frysepunktet op mod kogepunktet. Det er således velkendt, at ferskvand krymper når temperaturen øges fra 0 til 4 grader, men næppe almindelig kendt at brakvand med et saltindhold op til 25 gram havsalt pr liter udviser den samme krympetendens. Sædvanligt havvand, som udgør 99% af alt havvand har imidlertid et typisk saltindhold på omkring 35 gram per liter, og opfører sig "normalt".

Øges den globale temperatur ved jorden med en enkelt grad, kan man anlægge et groft skøn på vandstandsøgningen i verdenshavet som følge af den steriske effekt. Verdenshavet udgøres af forbundne kar, dvs. oceaner, middelhav, randhave etc., således at havvandet ikke kan advekteres væk fra verdenshavsbassinet. Havvandet bliver i al væsentlighed hvor det er, så havvandsmassen kan antages konstant. Samme bassin kan antages at have en flad havbund med en konstant dybde på 3800 m og lodrette vægge, som er kontinentalskrænten der danner overgangen fra fladsøen til dybhavet. Det kan antages, at verdenshavsbassinet beholder dets form efter en opvarmning, hvilket er opfyldt i meget høj grad, fordi bjergarter har en ti gange mindre varmeudvidelseskoefficient end oceanvand. Med denne havmodel og brug af sædvanlige hydrografiske data finder man, at den globale vandstandsstigning som følge af den steriske effekt alene vil ligge på en værdi omkring 3 cm under den meget vigtige forudsætning, at overfladevandmasserne ned til 200 m overalt er øget med en grad Celsius. Antages det fuldstændig urealistisk at hele vandsøjlen er opvarmet med en grad, kommer den steriske effekt op på en halv meter. Eksemplet viser tydeligt, at det er en kombination af opvarmning og varmenedtrængning i havet, der giver anledning til den steriske effekt i verdenshavet. Sædvanlig satellit-altimetri, som vil blive omtalt nedenfor, måler

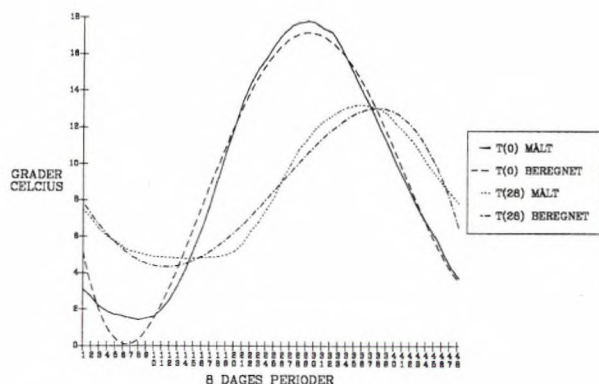
her og nu middelvandstands niveauer med en absolut nøjagtighed på 2–3 cm, så her finder man et eksisterende og særdeles brugeligt redskab til løbende at overvåge klimaforandringer gennem måling af satellit-flyvehøjder over havet, som giver en bestemmelse af vandstanden.



Figur 1. Kattegatområdet med angivelse af dybdeforhold samt positioner af altimetri-observationer (radar-målinger) fra henholdsvis den fransk-amerikanske TOPEX/POSEIDON satellit (angivet med o) og de europæiske satellitter ERS-1 og ERS-2 (angivet med +). Desuden er positionen indtegnet for fyrskib Anholt Knob Syd samt 6 vandstandsstationer, der alle er benyttet til bestemmelse af årstidsvariationerne over 100 år.

Steriske effekter i Kattegat

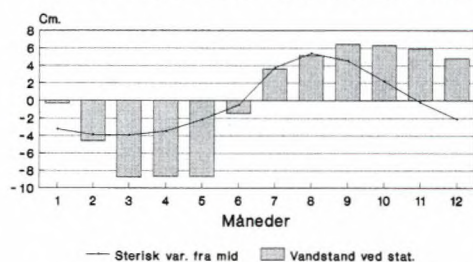
Kattegat er en fladsø med vanddybder ned til ca. 100 m, og Kattegat udgør en overgangszone mellem den ekstraordinært brakke Østersø og den typisk salte Nordsø. Det indebærer for overfladevandets vedkommende i Kattegat at den steriske effekt i årets koldeste måneder er negligerbar, fordi overfladesaltholdigheden ligger på omkring 20 g salt pr liter, der dog øges nedefter mod havbunden til over 30 g salt pr liter. Der er altid en udtalt lagdeling, som i al væsentlighed er bestemt af



Figur 2. Typisk fit af en enkel harmonisk tidsafhængig cosinusfunktion til reale temperaturdata fra havoverfladen ved fyrskib Anholt Knob Syd. Desuden er den modellerede temperatur på dybden 28 m beregnet udfra kattegatmodellen og sammenholdt med reale temperaturdata fra fyrskibet. Det skal bemærkes at de steriske effekter er beregnet udfra samtlige reale hydrografiske data fra dybderne 0, 5, 10, 15, 20 og 28 m.

saltholdigheden, samt et såkaldt springlag der adskiller overfladevandet fra bundvandet med en skarp overgang. Et lignende men knapt så prægnant springlag findes i verdenshavet, hvor overgangen fra overfladevandet til bundvandet hovedsagelig bestemmes af temperaturen. I hovedtrækkene opfører kattegatvandet sig "normalt" gennem året, dvs. temperatur og sterisk effekt er positivt korreleret som i verdenshavet.

Sterisk effekt i Kattegat Månedernes variation fra årets middel vs. Hornbæk, Fredericia, Århus, Fr.havn



Figur 3. Den beregnede steriske effekt ved fyrskibet midlet over en 100-årsperiode samt de målte vandstande gennem de samme år fra de fire vandstandsmålere ved Hornbæk, Fredericia, Århus og Frederikshavn.

Gennem Kattegat strømmer det generelt brakke overfladevand fra Østersøen mod nord mens det salte bundvand fra Atlanterhavet trækker ind fra nord mod syd. Kattegat kan således på ingen måde sammenlignes med verdenshavbassinet, der netop var lukket, og hvor vandadvektionen kunne sættes lig med nul. Desuden er kattegatbassinet meget irregulært set i forhold til verdenshavbassinet, idet bunden ikke kan antages flad og siderne ej heller lodrette. Det indebærer, at der i beregninger af den steriske effekt for Kattegats vedkommende skal tages hensyn til de såkaldte hypsografiske effekter, som tager højde for at bundvandet

befinder sig i inde i et lille volumen i modsætning til overfladevandet, som optager et meget stort volumen, fordi havbunden skråner langsomt ned mod dybet. Sagen kompliceres yderligere ved at bundvandet i det lille volumen har lave og forholdsvis konstante temperaturer, hvorved den steriske effekt er lille i kontrast til overfladevandet i det store volumen, hvor temperaturvariationen er stor med en betydelig sterisk effekt til følge. Kattegat er med andre ord ganske kompliceret at arbejde med i forhold til verdenshavet, men når Kattegat alligevel er valgt så skyldes det en række afgørende og centrale forhold nævnt nedenfor:

1. Fra den centrale del af Kattegat findes en 100 år lang hydrografisk tidsserie fra fyrskibet Anholt Knob Syd. Her har man siden 1886 dagligt taget vandprøver i 6 dybder fra overfladen til bunden på 32 m og bestemt saltholdigheden og temperaturen. Derved foreligger der en af verdens ældste oceanografiske tidsserier, som tillader en beregning af den steriske effekt. Udgangspunktet her er 8-dages midler udfra hvilke alle beregninger og sammenligninger er gennemført.
2. Rundt langs Kattegats kyster er der opstillet 6 danske vandstandsmålere, der har målt vandstanden inde ved kysten i de samme tidsrum. Derved kan den resulterende vandstand som følge af sterisk effekt, tidevand, advektion, lufttryk, vind og vejr målt inde ved kysten efter midling og fjernelse af astronomisk og meteorologisk "støj" sammenholdes med beregnet sterisk effekt midt ude i Kattegat.
3. Der findes en god meteorologisk dækning i området over hele perioden.
4. Siden Bæltprojektet 1973 har Kattegat været genstand for betydelige fysisk-oceanografiske undersøgelser.

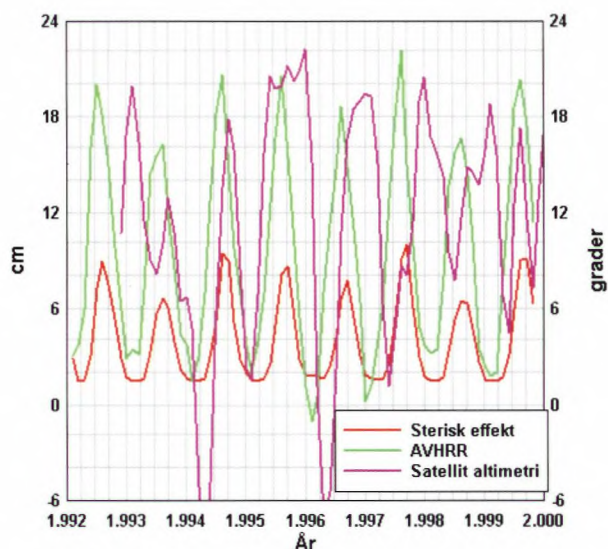
Den samlede konklusion lyder derfor på, at Kattegat er et velegnet område til at studere den steriske effekt som en funktion af tid, geografisk position og havdybde, hvilket kun er muligt med kombineret brug af hydrografiske tidsserier og remote sensing af specielt overfladetemperaturer og middelhavniveau, hvilket vil blive belyst i det efterfølgende.

Remote sensing data

I de sidste 20 år har der været remote sensing målinger fra fly og specielt fra satellitter af Kattegats overfladetemperatur, (strålingstemperatur eller Sea Surface Temperatur (SST)), biomasse (klorfyl-lignende fytoplanktonpigmenter) og middelhavniveau (altimetri).

Siden 1992 har den fransk-amerikanske satellit TOPEX/POSEIDON og de europæiske satellitter ERS-1 og ERS-2 givet nøjagtige observationer af havoverfladens højdeforhold henholdsvis hver 10. og hver

35. dag. I Kattegat har TOPEX/POSEIDON satellitten ca. 180 km mellem deres spor, hvor ERS satellitterne har ca. 45 km mellem sporene. Altimetridata er radarmålinger og de er derfor uafhængige af et eventuelt skydække. Positionerne af disse radarmålinger er givet i figur 1. Data, som er tilgængelige via NASAs Pathfinder project, er korrigerede for tidevandssignaler samt meteorologiske effekter qua globale modeller (se neptune.gsfc.nasa.gov/ocean.html for detaljer). Altimetridata har i de seneste år succesfuldt været benyttet til bl.a. konstruktion af nye nøjagtige tidevandsmodeller (Andersen m.fl. [1] og Shum m.fl. [2]), samt til globale studier af årstidsvariationer i havniveau (Knudsen m.fl. [3]) og studier af globale havniveauændringer (Andersen og Knudsen [4]).



Figur 4. Overfladetemperaturer og beregnede steriske effekter ved Fyrskib Anholt Syd ud fra AVHRR satellitdata og kattegatmodellen for perioden 1992–2000. Bemærk de store variationer fra år til år i både overfladetemperaturer og steriske effekter.

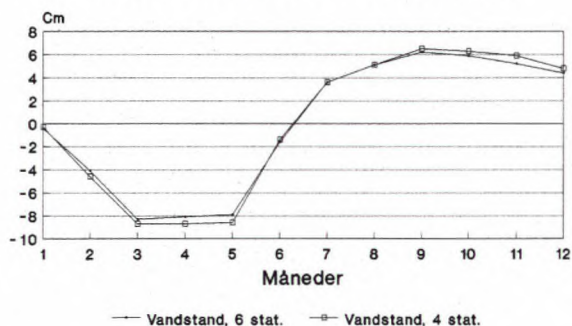
Siden 1980 har observationer af overfladetemperaturer (SST) været tilgængelige fra NOAA satellitterne via Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) sensoren. Disse data er tilgængelige i en række forskellige rumlige og tidslige opløsninger. AVHRR data er modsat altimetri-data ikke opnåelige, når det er skyet. For at øge den tidslige opløsning for AVHRR valgte vi derfor at benytte data med 9 km opløsning leveret som dagsmidler, som vi herefter midlede over 8 dage for sidenhen at udfylde eventuelle manglende observationer ved hjælp af 3 dimensional spline interpolation for at opnå en komplet tidsserie i alle observationspunkter.

Kattegatmodellen for sterisk effekt

Kattegatmodellen daterer sig tilbage til 1990, hvor den blev lanceret af N. K. Højerslev og I. Andersen [5]. Udgangspunktet dengang var specielt iltsvindshændelserne i Kattegats bundvand på læge dybder,

hændelser der udløste den første vandmiljøplan i 1986 til en pris på 12 milliarder kroner. Højerslevs indgangsvinkel til kattegatmodellen skyldtes det faktum,

Vandstand i Kattegat ved 6 stationer vs. 4 stationer



Figur 5. Årlig variation in middelvandstand baseret på henholdsvis 4 og 6 vandstandsmålere fra 1890–1988 (se figur 1 for disses geografiske placering).

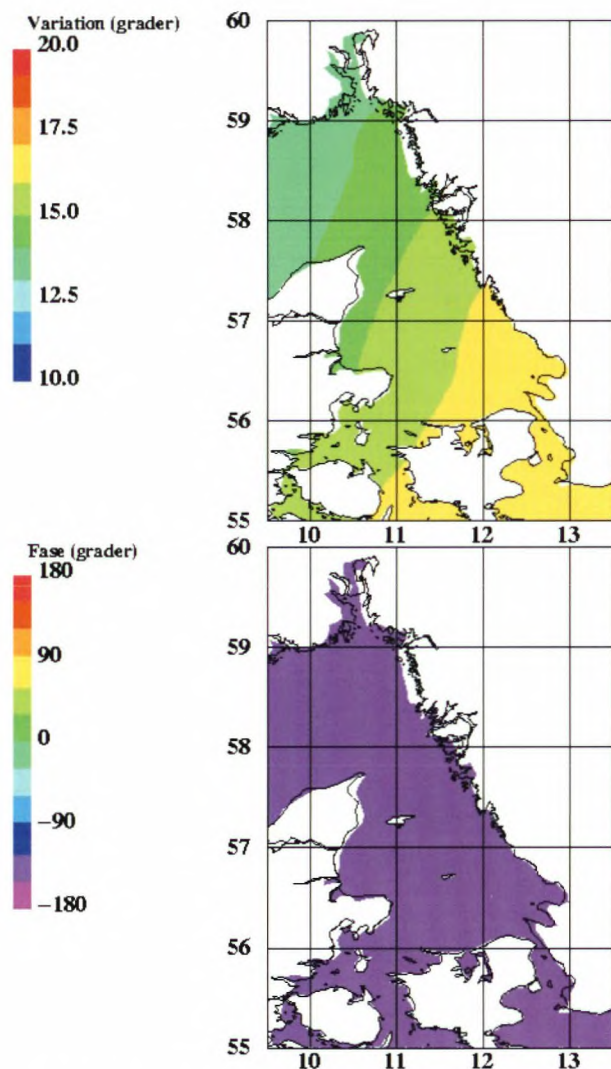
at der i den blæsende oktober med kraftig nedblanding af iltholdigt overfladevand ofte og overraskende kunne iagttages iltsvind. Fra sporadiske hydrografiske målinger i Kattegat var det kendt, at de højeste bundvandstemperaturer typisk optræder i den blæsende oktober, fordi varmen forplanter sig nedover med en hastighed på 0.4 m/døgn, samt at høje temperaturer sætter skub i forrådnelsesprocesser med stort iltforbrug til følge. Dette gav en intuitivt fornuftig forklaring på oktoberiltsvindene. Andersen, derimod, arbejdede på den lange hydrografiske tidsserie fra fyrskibet Anholt Knob Syd, så derved åbnedes der op for en egentlig modelformulering og validering af den vertikale varmeudbredelse i Kattegat. Ikke overraskende valgtes den enklest tænkelige model for varmetransport i havet:

1. Varmen transporteres udelukkende ved turbulent, vertikal diffusion, hvor den termiske diffusionskoefficient ($K_v = 0.54 \text{ cm}^2/\text{s}$ svarende til en varmpulshastighed på 0.4 m/døgn) hverken afhænger af dybden eller tiden ved fyrskibet. Ligningen forenkles til

$$\frac{\partial T}{\partial t} = K_v \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \quad (1)$$

(Højerslev [6]), hvor z er dybden, t er tiden, og T er temperaturen.

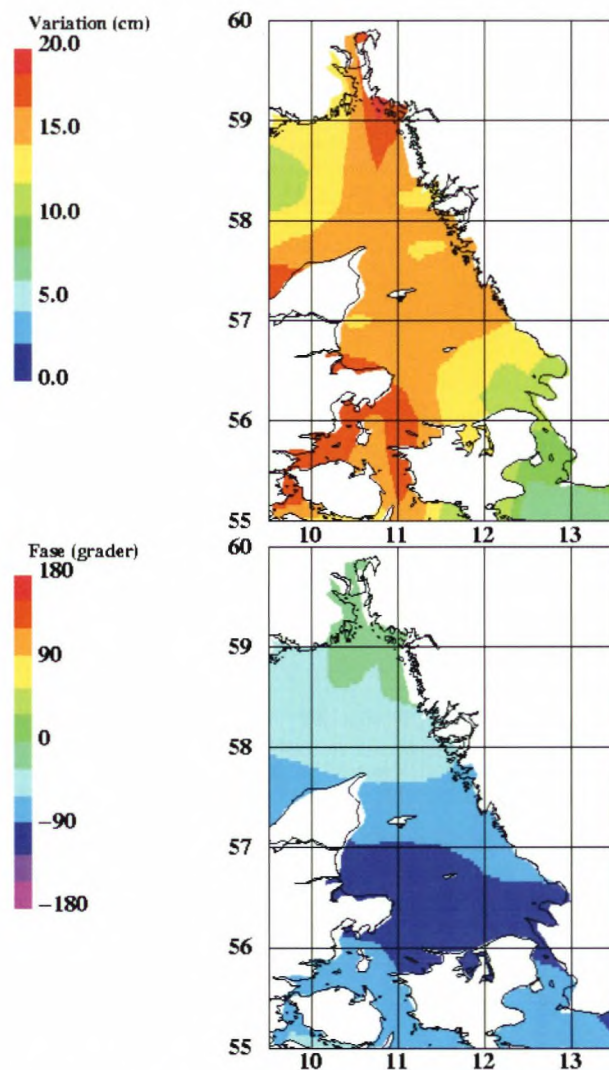
2. Varmeadvektion er dermed helt udelukket, hvilket naturligvis er en forsimpning i et område som Kattegat, der udveksler både vand og varme med henholdsvis Østersøen og Nordsøen. Der strømmer eksempelvis koldt østersøvand til Kattegat om foråret og varmt nordsøvand til Kattegat om vinteren.



Figur 6. Årstidsvariationerne i overfladetemperaturvariationen fra AVHRR sensoren over perioden 1992–2000. Variationerne er angivet i grader Celsius i øverste figur. Faserne er angivet som vinkelgrader i den nederste figur. Der er 360 vinkelgrader og 365 dage på et år, så 1 vinkelgrad svarer ca. til 1 dag. Den angivne fase svarer derfor til den dag i året hvor maksimumtemperaturen indtræffer. Fasen nul grader modsvare 1. januar, og minus 90 grader svarer til 1. oktober osv.

3. Varmen transporteres kun i vertikale retninger, og der er ingen hypsografiske effekter.
4. Der er ingen sollysabsorption nede i overfladevandet, så det antages at det indstrålede globale dagslys (synligt + infrarødt) omdannes til varme ved selve havoverfladen, hvilket omtrent er korrekt i grumset havvand.
5. Den årlige temperaturgang midlet over 8 dage kan beskrives, alene for nemheds skyld, ved en enkel harmonisk tidsafhængig cosinusfunktion. Det er både muligt og problemfrit at operere med en vilkårlig overfladetemperaturfunktion.
6. Nettovarmefluxen gennem havoverfladen beregnet over et år er sat til nul. Led i løsninger til dif-

fusionsligningen, der kun indeholder dybden, er derfor ikke medtaget fordi den årlige middeltemperatur ($\langle T(z) \rangle$) overalt er den samme for alle dybder z . For høje breddegrader (eksempelvis Norskehavet) erindres om, at varmen kan nettofluxe ud fra hav til atmosfære og vice versa på lavere breddegrader (eksempelvis vestlige Middelhav). På den måde regulerer havet klimaet, så forskellen i temperatur mellem kolde vintre og varme somre mindskes (oceanisk klima).



Figur 7. Årstidsvariationen i havniveau fra satellitaltimetri i perioden 1992–2000. Variationerne er angivet i centimeter i øverste figur. Faserne er angivet i den nederste figur og svarer til den dag i året hvor maksimumtemperaturen indtræffer.

Resultater

Figur 2 viser et typisk fit af en enkel harmonisk tidsafhængig cosinusfunktion til reale temperaturdata fra havoverfladen ved fyrskipet. Desuden vises modelleret temperatur ud fra kattegatmodellen beskrevet ovenfor versus målt temperatur fra fyrskipet gennem et middelår. Vi konkluderer på den baggrund, at den simple

model giver et godt estimat på temperaturen nede ved bunden (modellen giver et godt temperaturestimat ned gennem hele vandsøjlen, men det har vi valgt ikke at vise her). Dette betyder, at vi ud fra målinger af SST kan beregne den vertikale temperaturfordeling fra Kattegats havoverflade og ned til havbunden det pågældende og tilsvarende steder.

Den steriske effekt ved fyrskibet midlet over en 100-årsperiode er vist i figur 3. Beregningen er ganske omfattende, fordi den benytter den af UNESCO anbefalede tilstandsligning for havvand, 1980, der inkluderer både salt og temperatur men udelukker trykket, fordi det er ganske uden betydning i sammenhængen (Højerslev [6]). I denne ligning optræder der i alt 15 led mens algoritmen for den termiske udvidelseskoefficient,

$$\alpha = -\frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \rho}{\partial T} \right)_s \quad (2)$$

indeholder 29 led, hvori man indsætter målt salt og temperatur fra de 6 prøvetagningsdybder ved fyrskibet. Det ses at den typiske steriske effekt næsten andrager 10 cm på årsbasis, hvilket problemfrit kan måles med satellit-altimetri. Den steriske effekt afhænger af både den årlige temperaturgang og vandybden, idet mindre vandybde giver mindre effekt for ellers uændrede forhold. Yderligere er den typiske vandstand målt ved kysten på 4 danske stationer vist i figur 3 og 5, hvor tidevand og vandstuvning er midlet væk. Der er målt vandstand gennem 100 år, og man ser en sæsonmæssig variation i vandstanden på ca. 15 cm. Det kan følgelig konkluderes, at den steriske effekt dominerer den sæsonmæssige vandstandsvariation i Kattegat, mens kortvarige vindstuvningseffekter af få dages varighed kan give anledning til vandstandsændringer på op til 1–2 meter.

Figur 4 viser overfladetemperaturvariationerne målt fra NOAA satellitterne over de seneste 8 år (grøn signatur). Fra denne overfladetemperaturserie, som foreligger i en 9 km rumlig opløsning, kan den steriske effekt beregnes ved brug af vores kattegatmodel. Vi beregner først den vertikale temperaturfordeling ved varmediffusion i hele vandsøjlen ud fra de satellit-baserede overfladetemperaturer. Herefter beregnes den steriske effekt (rød signatur). Observationer fra satellit-altimetri giver de observerede sæsonvariationer af vandstanden i Kattegat (blå signatur). Det ses fra disse målinger, at denne er ca. det dobbelte af den modelberegnete steriske effekt, hvilket stemmer godt overens med målinger af vandstand ved Kattegatkysten og beregnet sterisk effekt fra fyrskib Anholt Knob Syd. Overfladetemperaturvariationerne er ganske betydelige fra år til år i Kattegat, og det gør sig også gældende for den steriske effekt. I 1997, som de fleste husker som et varmt år, var den maksimale temperaturvariation i SST næsten 25 grader, med en modelberegnet sterisk effekt på næsten 10 cm. I det efterfølgende 1998, som bedst kan karakteriseres som en våd og kold sommer, vari-

erede SST kun 14 grader med en resulterende sterisk effekt på kun ca. 5 centimeter.

Vandstand målt på 6 vandstandsmålere fra 1890–1988 samt vandstand alene målt på 4 af disse (Hornbæk, Frederikshavn, Århus og Fredericia) er vist i figur 5. Det ses at vandstandsmålinger fra de 6 stationer giver anledning til et årligt udsving, der er omtrent 1 cm mindre end målinger udført fra de 4 stationer. Det kan skyldes ændringer i havstrømningerne, i det omfang de er geostrofisk balanceret. Ændringer i de lokale vinde gennem perioden er observeret. Det vides f.eks. at vestenvindene i perioden 1931 til 1989 har aftaget i hyppighed for de svage vindes vedkommende men omvendt er steget for de stærke vindes vedkommende. Sagt med andre ord så er der f.eks. her i nutiden hyppigere kraftig opstuvning af vand på Kattegats svenskeside (og omvendt kraftige vandspejlsfald på jyllandssiden) taget i forhold til tiden 1931–1960. Målemetodikken med 4 versus 6 stationer samt udeladelse af svenske stationer o.lign. lagt oveni "meteorologisk og oceanografisk støj" giver målefejl på omkring 1 cm absolut, hvilket kan sammenholdes med en altimetri-målenøjagtighed der kan antages at være på 2–3 cm absolut.

Årstidsvariationen i overfladetemperaturerne i middel fra AVHRR sensoren over perioden 1992–2000 er vist i figur 6. Temperaturvariationerne stiger mod det sydlige Kattegat fra 14 til 16 grader, fordi klimaet mod syd er mere kontinentalt. Temperaturmaksimum indtræffer i august for hele området.

Årstidsvariationerne i havniveau over de seneste 8 år er vist i figur 7. Disse er beregnet ud fra en kombination af TOPEX/POSEIDON og ERS højdedata. Det er interessant at følge faseændringerne af maksimumtidspunktet for årstidssignalet. Maksimum indtræffer ca. 2 måneder tidligere i den sydlige og grunde del af Kattegat end i den dybe del af Skagerrak (vandet bliver som bekendt hurtigt varmt på lavt vand), og specielt i den dybe Oslofjord hvor der i tilgift kommer koldt ferskvand fra elven Glomma.

Kommentarer og diskussion

Figur 3 viser den beregnede steriske effekt fra Kattegats centrale del ved fyrskib Anholt Knob Syd gennem 100 år stillet i relation til middelvandstandsændringerne målt ved kysten ved de 4 førnævnte vandstandsmålere. Her kan konstateres en række forskelligheder, der ikke er nævnt tidligere, og som viser svaghederne ved den enkle varmediffusionsmodel. Der skal dog samtidig gøres opmærksom på, at måling af vandstand inde ved land sammenholdt med beregnet sterisk effekt ude på vand, lider af klare metodiske fejl. Vandstandsmålerne er således ikke helt perfekte til at måle steriske effekter, fordi de er placeret ved havne med lave vandybder, mens den steriske effekt ved fyrskibet er beregnet for tilfældet med 32 meters dybde. De hypsografiske effekter er med andre ord vidt forskellige, men det indgår

ikke i modellen. Diffusionsmodellen udelukker også advektion, selv om Østersøen i middel sender 475 kubikkilometer vand ud i Nordsøen hvert eneste år.

Endelig giver en kombination af lave havtemperaturer og brakvand anledning til meget lave og undertiden negative steriske effekter. Vi har set i både figur 3, 4 og 5, at den steriske effekt er minimal og næsten konstant i Kattegat i marts april og maj. Det skyldes primært at Østersøen leverer iskoldt brakvand til Kattegat i disse måneder, idet den sidste havis forsvinder fra Østersøen omkring 1. maj.

Den målte vandstand ligger ganske højt og konstant i efterårsperioden frem til januar, mens den steriske effekt allerede topper omkring oktober for siden at aftage. Dette skyldes en kraftig advektion af indstrømmende salt bundvand, der trænger sig ind fra nord. Temperaturen falder imidlertid i perioden og den steriske effekt mindskes som følge heraf. Udeladelse af advektion og hypsografisk korrektion er en mangel ved modellen. Modellens brugbarhed ligger imidlertid i det faktum, at vi kan beregne bundtemperaturen (temperaturprofilen ned gennem vandsøjlen) tilfredsstillende ved at benytte SST som eneste input. Det er også tilfredsstillende, at vi ved brug af kattegatmodellen, SST og altimetri kan redegøre for hovedtrækkene i vandstanden i Kattegats frie vandmasser.

Det er tydeligt, at havet virker som en stor solfanger, hvis lagring af dagslys giver sig udtryk i en målbar øgning i vandstanden. En passende kombination af målt middelhavniveau fra altimetri, og beregnet sterisk effekt ud fra målt overfladetemperatur (SST) bør afgjort indgå i fremtidige klimastudier. Remote sensing teknikkerne giver en ny indfaldsvinkel til klimaproblematikken. Det skal specielt nævnes, at data ikke alene er gratis og lettilgængelige, men også nær-globalt dækkende. Som en sidegevinst kan eksempelvis nævnes iltsvindsproblematikken, hvor de høje bundtemperaturer i de danske farvande om efteråret vil kunne forudsiges ud fra remote sensing data.

Forfattertak

Projektarbejdet er bl.a. udført gennem bevilling fra forskningsrådenes jordobservationsprogram og er et bidrag til projektet "Geoid and Sea Level of the North Atlantic Region (GEOSONAR)".

Referencer:

- [1] O. B. Andersen, P. L. Woodworth og R. A. Flather (1995) "Intercomparison of recent global ocean tide models", *J.Geophys.Res.*, bind **100** (C12), side 25.261–25.282.
- [2] C. K. Shum, P. L. Woodworth, O. B. Andersen, G. Egbert, O. Francis, C. King, S. Klosko, C. Le

Provost, X. Li, J. Molines, M. Parke, R. Ray, M. Schlax, D. Stammer, C. Tierney, P. Vincent og C. Wunch (1997) "Accuracy assessment of recent ocean tide models", *J.Geophys.Res.*, bind **102** (C11), side 25.173–25.194.

- [3] P. Knudsen, O. B. Andersen og T. Knudsen (1996) "ATSR sea surface temperature data in a global analysis with TOPEX/POSEIDON altimetry", *Geophys.Res.Lett.*, bind **23**, nr. 8, side 821–824.
- [4] O. B. Andersen og P. Knudsen (2000) "Regional sea surface height and temperature trends from ERS satellites", *Proceedings ENVISAT/ERS symposium*, Sverige, oktober 2000, ESA Special Publication, (under trykning).
- [5] N. K. Højerslev og I. Andersen (1990) "Klimavariationer på mesoskala lokaliteter beskrevet ved vandspejlsændringer og hydrografiske forhold", *DMI technical report 1990-7*, DMI, København, 38 pp.
- [6] N. K. Højerslev (1991) "Introduktion til fysisk oceanografi", Københavns Universitet, Geofysisk Institut, 180 pp.



Niels K. Højerslev er dr.scient og lektor på Geofysisk Afdeling, Niels Bohr Institutet for Astronomi, Fysik og Geofysik (nkh@gfy.ku.dk).



Ole Baltazar Andersen er seniorforsker på geodæsikontoret på Kort og Matrikelstyrelsen (oa@kms.dk).

Er fysik i fare eller faret vild?

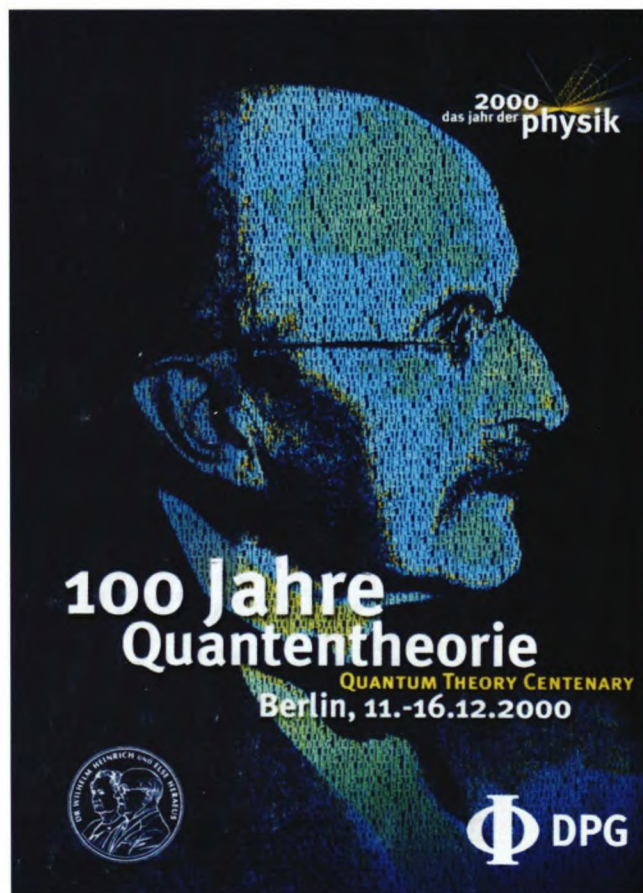
Tanker omkring Third World Congress of Physical Societies i Berlin

Per-Anker Lindgård, Afdelingen for Materialeforskning, Forskningscenter Risø.

Det begyndte med to Nobel festforelæsninger i det imponerende, flotte Berliner Schauspielhaus. Der må have været over 1000 tilhørere; mange kendte. Von Klitzing talte levende om Planck [1] – hans tid og hans *kvant*, h . Vidste I, at den store interesse dengang for hulrumstråling havde den praktiske baggrund, at finde en pålidelig standard for lysstyrke? (Hulrumsstrålingen afhænger kun af temperaturen ikke af materialer osv.). Politikerne skulle afgøre om de skulle oplyse Berlin med gas eller elektricitet. Derefter fortalte Cohen-Tannoudji med sædvanlig elegance om de kvantemekaniske snurrigheder der får laser og atomfysik til at boome for tiden (laserkøling, 100 gange nøjagtigere tidsmålinger end før, som for eksempel muliggør forbedret søgning efter olie osv.). Der er stadig sprælfudt af liv i de netop 100 år gamle kvanteideer.

Det har tit slået mig, at Nobelpristagere har en original, yderst simpel indgangsvinkel til fysik og kan tale til fantasien og kreativiteten [2]. Det lyder så let; det kunne jeg da også have fundet på. Fysik bliver nærværende, sjovt, vedkommende og væsentligt. Måske kom de uforvarende til at sætte fingeren netop på det ømme punkt. Så få kan nu rigtig begejstre studenter og almindelige dødelige for netop fysik.

Festen blev holdt på en meget dyster baggrund. De seneste år er antallet af fysikstuderende i Tyskland faldet med en faktor tre (antallet af Ph.D'er pr. år er gået fra 1.700 til 500). Problemet blev så alvorligt, at det tyske fysiske selskab (DPG) forsøgte at forøge interessen ved at erklære år 2000 for Fysik-året i Tyskland. Der har været en lang række arrangementer. De har udgivet en flot, tyk, farvestrålende og god bog om fysik, som kan købes for 10 DM. Og så videre. Det har været en stor succes i den forstand, at de er blevet rost fra mange sider, for eksempel både i Nature og Science. Denne fest var kulminationen. De havde den fulde opbakning og var blevet støttet af det tyske Forsknings-



Planck, der opdagede nødvendigheden af et endeligt, mindste energi kvantum, h , for 100 år siden.

og Undervisningsministerium med adskillige millioner DM. Det interessante bliver at se om det virker. Eller om der skal andre midler til – for eksempel en bedre behandling af post.docs. Givet er det, at miseren er et resultat af en katastrofal politik ført for knap 10 år siden.

Fortsættes side 23.