

KVANT

Marts
1999

1

Fysisk Tidsskrift

10. årgang



- DOMMEDAG NU? • BIOFYSIK • ØJET OG DE FYSIOLOGISKE FARVER •
- HISTORIEN BAG KIF • TOMBOY ELLER BARBIEGIRL • SAGT OM MATEMATIK •
- DFS ÅRSMØDE 1999 • ÅRSMØDEPLAKAT • GENERALFORSAMLING I SNU •

LØSSALGSPRIS: 35 KR

KVANT

Fysisk Tidsskrift

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

Telefax : 35 32 05 76
E-mail : kvant@nbi.dk
Giro : 5 84 31 46

Udgives af

Dansk
Fysisk
Selskab

Selskabet for
Naturlærens
Udbredelse



Redaktion

Jens Olaf Pepke Pedersen (ansv.)
DCESS, NBIfAFG, KU
Jørgen Friis Bak
Aarhus Universitet
Jørn Johs. Christiansen
Roskilde Kathedralskole
Torsten Freltoft
NKT Research Centre
Mogens Esrom Larsen
Matematisk Institut, KU
Finn Berg Rasmussen
Ørsted Laboratoriet, KU
Ove Østergaard
Silkeborg Amtsgymnasium

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

Annoncepriser

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

Priserne er excl. moms og gælder for reproklart materiale. Henvendelser om annoncer til Redaktøren, telefon 35 32 05 73, telefax 35 32 05 76.

Oplag: 2000

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

Produktionsplan

Nr. 2-99 udkommer ca. 25. maj
Nr. 3-99 udkommer ca. 15. september
Nr. 4-99 udkommer ca. 15. november
Deadline for mindre bidrag og annoncer er ca. en måned før, længere artikler skal modtages mindst to måneder før.

Indhold:

Dommedag nu?

Thomas Døssing, Andrew D. Jackson og Benny Laustrup . . . 3
Kan man konkludere, at dommedagen er nær på grundlag af statistiske forudsigelser? Hvad er de skjulte antagelser i dommedagsprofetierne?

Næste nummer af Kvant

Se, hvad du kan læse om til maj. 10
Brug også kuponen side 31. Hvis du er under uddannelse eller pensionist kan du få Kvant i et år for 75 kr.

Biofysik – livets molekyler, biologiske membraner
och molekylära maskiner

Peter Brzezinski 11
Hvad handler biofysikken om?

Nyt fra SNU

Virksomhedsbesøg og dyrerækkernes opståen 14
SNU indbyder til besøg, foredrag og generalforsamling

Nyt fra DFS

Årsmøde 1999 15
Foredragene på årsmødet, KIF's årsmøde, NKT-Forskerprisen og indkaldelse til generalforsamling

Plakat for DFS's årsmøde

Fortæl din kollega om årsmødet 16
Kvants midtersider er denne gang en plak, som reklamerer for DFS's årsmøde. Tag plakaten ud og sæt den op på din arbejdsplads!

Øjet og de fysiologiske farver

Martin Sundstrøm 20
I 1838 opdagede en tysk fysiker, at vi ser farver, når en rund skive med sorte og hvide mønstre roterer ved bestemt frekvenser. Martin Sundstrøm skriver om fænomenets historie og viser resultaterne af sine egne forsøg. Et af farveindtrykkene er vist på Kvants bagside. Inde i bladet er der en skive til at klippe ud, så du kan prøve selv.

Historien bag Netværk for Kvinder i Fysik

Trine Møgelberg 26
Her er historien om Netværket for Kvinder i Fysik, fortalt af netværkets første formand.

Tomboy eller Barbiegirl

Christine Antorini 27
SF's forskningspolitiske ordfører skriver om den faldende tilgang til de naturvidenskabelige fag, og hvad vi kan gøre for at natur-teknik områderne bliver mere interessante.

Sagt om matematik

Mogens Esrom Larsen 29
Forfatteren har samlet og oversat en række guldkort om matematik.

Forsiden:

Billedet på Kvant's forside viser deltagerne i Sorødagene 10. års jubilæum, der blev fejret den 21. november 1998. Sorødagene er sommerkurser for gymnasieelever, og har været holdt på Sorø Akademi siden 1988 med ialt over 200 deltagere. Deltagerne holder stadig kontakt med hinanden, og 129 kursister og arrangører (hvoraf de fleste kom med på billedet) deltog i jubilæumsarrangementet. Programmet var tilrettelagt af en komite af tidligere kursisdeltagere, og udover kulinariske indslag indeholdt det en festforelæsning af Predag Cvitanovic med titlen "Fisk, Magiske Øjeblikke og Knivskarpe 5-årsplaner.

Dommedag nu?

Thomas Døssing, Andrew D. Jackson og Benny Laustrup, Niels Bohr Institutet, Københavns Universitet

Der har altid været fanatikere, som har ment, at dommedag var nær, og for en del år siden kom nogle naturvidenskabelige forskere til nøjagtig samme konklusion [1, 2, 3, 4]. Ikke ved at påvise muligheden af en altomfattende naturkatastrofe eller en frygtelig sygdom, men blot ud fra en vurdering af det totale antal mennesker, der indtil nu har levet her på Jorden.

Med statistiske argumenter i hånden hævdede disse forskere, at det mest sandsynlige ville være, at menneskehedens fremtid ville blive lige så lang som dens fortid, målt i antal individer. Alt i alt ville det mest sandsynlige totale antal individer af menneskearten altså blive dobbelt så stort, når regnskabet endeligt skulle gøres op. Med den nuværende befolkningstilvækst vil et antal af denne størrelsesorden nås inden for en overskuelig tid, og denne forudsigtelse burde derfor tages meget alvorligt af os alle. Dommedag er nu, næsten!

Det samme argument anvendes også på levetider, hvad enten det drejer sig om den tid et teaterskuespil vil være på plakaten, eller hvor længe socialdemokratiet vil fortsætte med at beholde regeringsmagten. Hvis der ikke er nogen særlig sammenhæng mellem et fænomen og det tidspunkt, hvor det observeres, altså hvis alle observationstidspunkter er lige sandsynlige, så påstås det, at fænomenet med 95% sandsynlighed vil fortsætte sit liv mellem $1/39$ og 39 gange den tid, det allerede har levet. Brugt på socialdemokratiet, som nu har regeret i 5 år, er forudsigtelsen, at det med 95% sandsynlighed fortsætter mindst 45 dage endnu, men ikke ud over år 2193!

Disse påstande og den deraf følgende debat [5, 6] er for nylig igen kommet frem [7] og har vakt opmærksomhed i dagspressen [8, 9]. Men gentagelse gør ikke et forkert argument rigtigere. Statistik er ofte blevet brugt til at underbygge påstande, som enhver kan se strider mod sund fornuft, og dette er også tilfældet her. Argumentet for en snarlig dommedag er simpelthen baseret på fejlagtig anvendelse af statistik.

Kort fortalt består fejlen i, at en enkelt observation af et fænomen ikke kan danne grundlag for statistisk forudsigtelse. Enhver statistisk forudsigtelse baseret på en enkelt observation vil næsten kun fortælle noget om de *a priori* forestillinger, der gøres om fænomenet. Det er klart, at hvis man observerer, at socialdemokratiet har regeret i 5 år, så kan man uden videre konkludere, at det samlet vil være ved magten i mere end 5 år. Det er der ingen usikkerhed om. Men enhver forudsigtelse af, hvor længe det vil bevare magten ud over de 5

år, afhænger af, hvorledes man forestiller sig, at det kan miste magten, og hvilken sandsynlighed man *på forhånd* tillægger de forskellige scenarier, hvorved det kan ske.

Det er naturligvis interessant at diskutere de forskellige scenarier, men så længe man ikke har yderligere information, om hvilke der vil blive realiseret, er det ikke muligt at sige mere. Påstandene er subjektive vurderinger af, hvad fremtiden kan bringe. Der findes ikke noget generelt statistisk princip, som kan fortælle os, hvor længe menneskeheden eller socialdemokratiet vil fortsætte, baseret alene på kendskab til det antal mennesker, der har eksisteret, eller den tid, socialdemokraterne foreløbig har været ved magten.

I det følgende vil vi ved hjælp af mere formelle argumenter præcisere de statistiske betragtninger for derved klart at afsløre de fejl, der er begået af dets stærkeste fortalere, astrofysikeren J. Richard Gott III fra Princeton universitetet [4, 7].

A priori sandsynlighed

Det er nemmest at analysere levetider, fordi det tillader os naturligt at benytte kontinuerte variable og integraler. Argumenterne kan uden videre oversættes til det diskrete problem om menneskehedens størrelse, fordi det totale antal individer er så kolossalt.

Intet varer evigt. Ethvert system eller fænomen har en endelig levetid, som vi betegner med T , som må være et positivt reelt tal¹. Lad os antage, at vi til at begynde med intet ved om, hvor længe systemer af en given type faktisk vil leve, men at vi er i stand til at observere en masse sådanne systemer blive skabt, leve deres liv, for derefter at dø. Da er det muligt ved simpel optælling at bestemme en tilnærmelsesvis kontinuert fordeling af levetider, som vi skal kalde $p(T)$. Ved hjælp af denne funktion kan vi angive hyppigheden for levetider, $p(T) dT$, altså hvilken brøkdel af systemer, der har levetid i et lille interval mellem T og $T + dT$.

I den idealiserede grænse, hvor der er uendeligt mange systemer, kaldes hyppighedsfordelingen en sandsynlighedsfordeling. Sådanne fordelinger er velkendte i mange sammenhænge. For eksempel anvender forsikringsselskaber menneskers levetidsfordeling til at beregne præmier på livsforsikringer. Når vi antyder, at fordelingen $p(T)$ kun afhænger af selve levetiden T , men ikke af det præcise tidspunkt for systemets fødsel, udtrykker det, at verden er den samme til alle tider, i hvert fald hvad angår disse systemer. Dette er tilnærmelsesvis tilfældet for menneskers levetid inden-

¹Hvis vi diskuterer menneskehedens størrelse, angiver T det totale antal individer, der har levet, lever nu eller kommer til at leve. Alle argumenter forløber ellers på samme måde i de to tilfælde.

Melles Griot makes OPTICS, OPTO-MECHANICS, LASERS, INSTRUMENTS, and FIBER OPTICS



Contact Melles Griot for a fast response to your photonics needs. Our vast product selection described in our detailed product literature will provide solutions for a successful product or experiment.

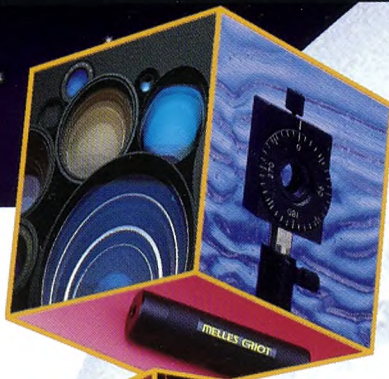
Whether you need a single lens, or thousands of laser assemblies, Melles Griot is ready to deliver. From a single prototype to full-scale production, we can ship to your schedule. Melles Griot has earned a 25 plus year reputation as a quality manufacturer of optics, opto-mechanics, lasers, instruments, and fiber optics.

We have facilities in North America, Europe, and the Asia Pacific staffed with applications engineers ready to fulfill your requirements. You can reach us by phone, FAX, or the INTERNET.

From simple lenses to advanced fiber optics — Melles Griot is your *first choice* in photonics!

**Call, FAX, or E-mail us today
for your photonics solutions!**

Melles Griot Danmark
Stenagervej 13 • DK-4100 Ringsted
Phone: 53 61 50 49 • Fax: 53 61 60 49
E-mail: 101456.567@compuserve.com



■ OPTICS

- Beam Expanders
- Beamsplitters
- Coatings
- Custom OEM Optics
- Custom Optical Assemblies
- Cylindrical Optics
- Diode Laser Optics
- Filters
- Invaritar Lenses
- Lenses
- Micro Optics
- Mirrors
- Optical Design Software
- Polarizers
- Prisms
- Shutters & Irises
- YAG Lenses

■ OPTO-MECHANICS

- Breadboards
- Optical Tables & Isolators
- Opto-Mechanical Mounts
- Positioning Equipment
- Workstations

■ LASERS

- Diode Lasers & Assemblies
- Helium Neon Lasers

■ INSTRUMENTS

- Amplifiers
- Beam Position Measurement
- Beam Profilers
- Diode Laser Drivers
- Diode Laser Controllers
- Optical Spectrum Analyzers
- Power & Energy Meters
- Power Supplies
- Wavefront Analyzers

■ FIBER OPTICS

- Reflective Fiber Gratings
- Circulators
- Isolators
- Tree Couplers
- Attenuators
- Fiber Collimators

MELLES GRIOT

Canada
(613) 226-5880

France
(01) 3012-0680

Germany
(06251) 84060

Japan
(03) 3407-3614

Netherlands
(0316) 333041

Singapore
743-5884

Sweden
(08) 630-8950

Taiwan
(035) 729-518

United Kingdom
(01223) 420071

United States
(714) 261-5600

for en generation eller to, men bestemt ikke over mange generationer. Uden en sådan antagelse, kunne man slet ikke have livsforsikringsselskaber.

Hyppighedsfordelingen og dermed sandsynlighedsfordelingen er normaliseret, hvilket udtrykkes ved ligningen

$$\int_0^{\infty} p(T) dT = 1. \quad (1)$$

Denne ligning betyder såmænd blot, at ethvert system må have en eller anden levetid. Summen af alle levetidshyppigheder skal da være 100%.

For de fleste systemer har vi en vis viden om levetidsfordelingen. Selv om det måske ikke er muligt direkte at observere systemer gennem hele deres levetid fra fødsel til død, så er det somme tider muligt at opnå indirekte viden om levetidsfordelingen. Stjernernes liv er for eksempel kortlagt i så stor detalje gennem observation af stjerner i alle aldre, at der findes temmelig præcise forudsigelser af Solens levetid.

Men der findes unikke systemer, for eksempel livet på Jorden, menneskeheden, den teknologiske civilisation, eller universet, hvor vi kun kender et enkelt eksempel. Så er vi bogstaveligt talt på Herrens mark, hvad angår levetidsfordelingen og er tvunget til at gætte os frem til $p(T)$. Dette er, hvad der menes med *a priori* sandsynligheden for, at et system har en given levetid. Det er den sandsynlighed, vi *på forhånd* vil tillægge levetiden. Lidt mere religiøst kan man kalde det den fordeling, som Vorherre bruger, når han skaber menneskeheder eller universer. For unikke systemer er vi tvunget til at gætte på Hans fordeling. Vi kan gætte mere eller mindre intelligent og med mere eller mindre overbevisende argumenter, men for sådanne systemer er og bliver $p(T)$ et gæt. Hele sandsynlighedsbegrebet kommer faktisk i vanskeligheder, når det ikke baseres på hyppigheder. Sandsynlighed kan da omfortolkes som graden af tiltro, på engelsk "degree of belief".

A posteriori sandsynlighed

Når et systems levetid T er givet, kan man spørge om sandsynligheden for at observere systemet med alderen t , eller rettere i aldersintervallet fra t til $t + dt$. Betegnes denne betingede fordeling med $P(t|T)$ er selve sandsynligheden altså $P(t|T) dt$. Den må også være normaliseret

$$\int_0^T P(t|T) dt = 1, \quad (2)$$

fordi et system må have en eller anden alder, når det faktisk eksisterer. Læg mærke til, at integralets grænser udtrykker, at observationstidspunktet må ligge inden for levetiden. Sandsynligheden for at $t > T$ er simpelthen nul.

Ved hjælp af prior fordelingen $p(T)$ kan vi nu beregne sandsynligheden for at et tilfældigt valgt sys-

tem har alderen t . Den betegner vi med

$$q(t) = \int_t^{\infty} P(t|T) p(T) dT. \quad (3)$$

Denne ligning udtrykker blot, at et system med alderen t må have en eller anden levetid, der er større end t . Aldersfordelingen er automatisk normaliseret, fordi de andre fordelinger er normaliserede.

Aldersfordelingen $q(t)$ er interessant, fordi den kan bestemmes uden at observere systemerne gennem hele deres liv, men kun forudsætter, at deres nuværende alder kan bestemmes. Hvis vi her og nu optæller hyppigheden af systemer med alderen t , så vil denne hyppighedsfordeling være en tilnærmelse til aldersfordelingen. Kender man aldersfordelingen $q(t)$ og den betingede sandsynlighed $P(t|T)$, så er det muligt ved hjælp af ovenstående formel at regne sig tilbage til *a priori* fordelingen $p(T)$.

Nu kommer vi endelig til det, der er interessant for dommedagsdiskussionen. Lad os spørge om sandsynligheden for at et vilkårligt system har levetiden T , når det vides, at det har alderen t . Dette er også en betinget sandsynlighedsfordeling, som betegnes med $Q(T|t)$. Den kaldes *a posteriori* fordelingen og skal også være normaliseret

$$\int_t^{\infty} Q(T|t) dT = 1. \quad (4)$$

Læg igen mærke til, at alle levetider større end alderen t er mulige. Et system, der har alderen t , må selvfølgelig have levetid større end t .

Hvis vi blot kendte denne *a posteriori* fordeling, kunne vi begynde at komme med forudsigelser om levetiden. Nu er det sådan, at der findes en vigtig sætning i sandsynlighedsregningen, kaldet *Bayes's sætning*, som bringer sammenhæng mellem de betingede sandsynligheder. Her kan den skrives

$$P(t|T)p(T) = Q(T|t)q(t). \quad (5)$$

Sætningen udtrykker simpelthen, at den ubetingede sandsynlighed for, at et system har både alderen t og levetiden T , er den samme, uanset om man beregner den med levetiden eller alderen som betingelse. Med denne sætning kan vi nu beregne *a posteriori* sandsynligheden

$$Q(T|t) = \frac{P(t|T)p(T)}{q(t)} = \frac{P(t|T)p(T)}{\int_t^{\infty} P(t|T') p(T') dT'}, \quad (6)$$

hvor vi også eksplicit har indsat formelen for aldersfordelingen. Dette er vores afsætspunkt for en rationel diskussion af, hvad der kan siges om fremtiden.

Den flade fordeling

Ofte kan man fastslå den betingede sandsynlighed $P(t|T)$ ud fra rimelige antagelser om, hvorledes

alderen t er blevet bestemt. Lad os for eksempel antage, at vi observerer et system som vides at have levetiden T og konstaterer, at det har alderen t . Hvis observationen af systemet ikke på nogen måde er koblet til systemets skæbne eller eksplicit til tiden, så må det være naturligt at anse ethvert observationstidspunkt for at være lige godt. Det betyder, at fordelingen må være flad, givet ved

$$P(t|T) = \frac{1}{T} \quad (0 \leq t \leq T). \quad (7)$$

Denne fordeling er korrekt normaliseret i det angivne interval. Udenfor intervallet sættes sandsynligheden til nul.

Hvis T betegner socialdemokratiets regeringsperiode, så betyder denne fordeling, at vi kunne have stillet dette spørgsmål på et hvilket som helst tidspunkt, mens det var ved magten. Når T betegner menneskehedens størrelse, betyder den flade fordeling, at vi og vores samtid er tilfældige individer blandt alle de mennesker, der har levet eller kommer til at leve. Med en mere malerisk sprogbrug siges den flade fordeling at udtrykke *det Kopernikanske princip*: Vi og vores tid indtager ikke in særstilling i civilisationens historie, i lighed med at vi siden Kopernikus er gået bort fra at betragte Jorden som universet centrum.

Med den flade fordeling, kan vi straks beregne pos-

terior fordelingen

$$Q(T|t) = \frac{1}{q(t)} \frac{p(T)}{T} \quad (0 \leq t \leq T), \quad (8)$$

hvor

$$q(t) = \int_t^\infty \frac{p(T)}{T} dT \quad (9)$$

blot sikrer normaliseringen. Det følger straks, at integralet i $q(t)$ må være konvergent, fordi $p(T)$ er normaliseret.

Af samme grund kan vi altid beregne middellevetiden

$$\langle T \rangle_t \equiv \int_t^\infty T Q(T|t) dT = \frac{1}{q(t)} \int_t^\infty p(T) dT \quad (10)$$

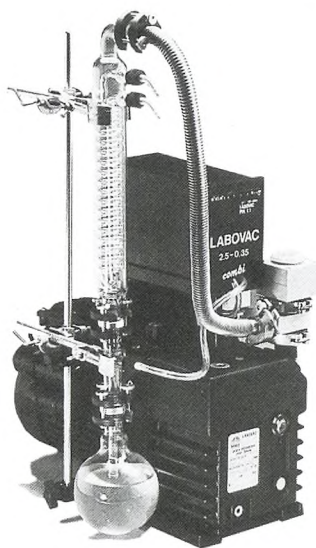
under betingelse af, at systemet har opnået alderen t . Denne størrelse er altid konvergent, fordi prior fordelingen skal være normaliseret. Derimod er det på ingen måde givet, at det næste moment af fordelingen eksisterer

$$\langle T^2 \rangle_t \equiv \int_t^\infty T^2 Q(T|t) dT = \frac{1}{q(t)} \int_t^\infty T p(T) dT. \quad (11)$$

Hvis denne størrelse divergerer, så divergerer spredningen

$$\sigma_t^2 = \langle T^2 \rangle_t - \langle T \rangle_t^2 \quad (12)$$

MODERNE VAKUUMTEKNIK TIL FORSKNING OG INDUSTRI



SASKIA HOCHVAKUUM- UND LABORTECHNIK GmbH I ILMENAU er et succesrigt resultat af øst-vest genforeningen i Tyskland. SASKIA's et- og to-trins finvakuumpumper fra 4 til 200 m³h⁻¹ har rotor-skiver af et nyt PTFE materiale som sænker støjniveauet med ca. 3 dBA og tillader pumperne at arbejde konstant ved højt tryk eller med aggressive gasser. Med en frekvensregulering kan pumpehastigheden fordobles, så man f.eks. hurtigt kan evakuere et anlæg og derefter anvende pumpen som holdepumpe ved lav hastighed. SASKIA's kemisk resistente membran-pumper har liniærdrevne membraner, hvilket sikrer en lang levetid og lavt effektforbrug. En membranpumpe på ca. 30 W kan med de store afgifter på brugsvand hurtigt tjene sig ind, hvis den erstatter en vandstråle-pumpe. SASKIA's TOWER pumpestande er kemipumpestande kombineret med kondensatorer og med instrumentering for indstilling af trykket. SASKIA leverer oliefri pumpestande kombineret med turbomolekularpumper i et handy design og rootspumpestande op til 20.000 m³h⁻¹.

ALLE FORMER FOR OLIEFRI & OLIESMURTE ROTATIONSVAKUUMPUMPER • FEDTSMURTE TURBOMOLEKULAR- SPIRO- & HYBRIDPUMPER • DIFFUSIONS- & CRYOPUMPER • VAKUUMMÅLEINSTRUMENTER, VENTILER, HV & UHV FITTINGS • HELIUMLØKSØGERE & MASSESPEKTROMETRE • SPUTTER- ELEKTRONKANON & ÆTSEANLÆG • RF & HV STRØMFORSYNINGER • RUSTFRI SPECIALKAMRE & DELE • OMBYGNING AF VAKUUMANLÆG

WENZEL VAKUUM TEKNIK APS • NYBROVEJ 283 • DK-2800 LYNGBY • TLF. 45 87 97 35
SHOWROOM, SERVICE, LAGER • NYBROVEJ 193 • BIL 30 42 63 00 • FAX 45 93 32 93

også. Størrelsen σ_t er også det, der menes med usikkerheden på levetiden T givet t . Selv om der altid findes en middellevetid for en mængde systemer udtrykt af fordelingen $p(T)$, så kan spredningen omkring denne middelværdi altså godt være uendelig stor.

Uanset om spredningen divergerer, så kan man altid beregne medianlevetiden som den levetid $T_{\frac{1}{2}}$, hvor den integrerede posterior sandsynlighed er præcis 50%. Den må derfor opfylde ligningen

$$\int_t^{T_{\frac{1}{2}}} Q(T|t) dT = \frac{1}{q(t)} \int_t^{T_{\frac{1}{2}}} \frac{p(T)}{T} dT = \frac{1}{2}. \quad (13)$$

Denne ligning siger, at systemet med 50% sandsynlighed vil opnå en samlet levetid, der er mindre end $T_{\frac{1}{2}}$. Heraf følger selvfølgelig, at systemet også med 50% sandsynlighed vil opnå en levetid, der er større end $T_{\frac{1}{2}}$.

Gott's fejltagelse

Problemet med dommedagsprofeterne er, at de tror, at de kan kigge Vorherre i kortene og vide noget om *a priori* fordelingen af mulige levetider for unikke systemer. Vi skal nu explicit vise, at Gott gør en antagelse, der låser ham fast til en bestemt prior.

Gotts fejltagelse [4, 7] bunder i den vage formulering af det Kopernikanske princip (den flade fordeling), som siger, at 95% af alle systemer med levetiden T vil have en alder t , der opfylder uligheden

$$\frac{1}{40}T < t < \frac{39}{40}T. \quad (14)$$

Det er helt trivielt, fordi fordelingen er flad og der mangler $2\frac{1}{2}\%$ af det fulde aldersinterval ($0 < t < T$) i hver ende og derfor i alt 5% af levetiden. Denne ulighed, som egentlig består af to separate uligheder, kan også skrives på formen

$$\frac{40}{39}t < T < 40t. \quad (15)$$

Hvis levetiden T er givet, vil 95% af alle systemer naturligvis også have en alder t , der opfylder denne ulighed. Trækkes levetiden t fra denne ulighed får vi

$$\frac{1}{39}t < T - t < 39t, \quad (16)$$

som angår den ekstra levetid, systemet får ud over den opnåede alder. Som før, givet levetiden, vil 95% af systemernes alder også opfylde denne ulighed.

Som sagt gælder ulighederne med 95% sandsynlighed, når levetiden T er kendt og alderen t ukendt. Det er meget fristende at tro, at ulighederne også gælder med 95% sandsynlighed i den omvendte situation, hvor alderen t er kendt, medens levetiden T er ukendt. Det er en fælde, man skal være sig for, men Gott falder lige i den [4, 7].

Vi skal nu mere matematisk se, hvordan denne forveksling fastlåser prior fordelingen $p(T)$ til at være af formen

$$p(T) = \frac{\text{konst}}{T}. \quad (17)$$

Hermed knæsesættes en ganske bestemt opfattelse af, hvordan Vorherre vælger levetider for systemerne. En opfattelse, der kan være rigtig eller forkert, men for hvilken vi ikke har nogen evidens.

Intervalleret svarende til 95% sandsynlighed har naturligvis ingen særstatus. Helt almindeligt gælder det for den flade fordeling, at givet T er sandsynligheden $b - a = \int_a^b P(t|T) dt$ for at

$$aT < t < bT, \quad (18)$$

hvor $0 \leq a < b \leq 1$ er et vilkårligt interval. De 95% opnås ved at sætte $a = 1/40$ og $b = 1 - a = 39/40$. Heraf følger det ligesom før, at givet T vil sandsynligheden også være $b - a$ for at t ligger i intervallet

$$\frac{1}{b}t < T < \frac{1}{a}t. \quad (19)$$

Begge disse uligheder er som sagt betinget af, at vi kender levetiden.

Hvis vi i stedet ønsker at beregne sandsynligheden for at levetiden opfylder ulighederne, når alderen er givet, så skal vi benytte posterior sandsynligheden $Q(T|t)$ givet ved (9) og den er alt andet end flad. Gott's fejltagelse kan nu i almindelighed formuleres som en påstand om, at posterior sandsynligheden for, at levetiden ligger i intervallet (19) også er $b - a$, eller med andre ord

$$\int_{t/b}^{t/a} Q(T|t) dT = b - a \quad (20)$$

for ethvert interval $0 \leq a < b \leq 1$. Konsekvensen af denne antagelse findes ved at differentiere begge sider af denne ligning efter, for eksempel b , hvorved vi får

$$Q\left(\frac{t}{b} \middle| t\right) \frac{t}{b^2} = 1, \quad (21)$$

som er gyldig for alle b . Sættes $b = t/T$ bliver dette til

$$Q(T|t) = \frac{t}{T^2}. \quad (22)$$

Indsættes dette i ligning (8) udleder vi at $p(T) \sim 1/T$, hvilket beviser det, vi hævdede. Det følger desuden af Bayes's sætning, at vi også har $q(t) \sim 1/t$.

Ved at hævde en i almindelighed fejlagtig påstand, bliver Gott tvunget til at foretage et unikt valg af prior, $p(T) \sim 1/T$, for hvilken hans påstand faktisk er gyldig. For at korrigere en logisk fejl i sit argument er Gott nødt til at give afkald på den frihed, der ligger i valget af prior!

Scenarier for dommedag

De foregående betragtninger viser tydeligt, at Gott's argumentation er noget vrøvl, og at forudsigelserne altid er dybt afhængige af den prior fordeling for levetider, der antages. Vi skal nu gennemgå nogle forskellige scenarier for at underbygge dette i detalje.

Den 'vage' prior:

Da Gott i 1993 bliver presset i debatten [5], begynder han for første gang at bruge argumenter af bayesiansk karakter. Han hævder imidlertid for at redde sit skind, at når man ikke har nogen data om fremtiden, bør man vælge en "tilstrækkelig vag" prior fordeling, nemlig (17). Som vi har set, vil netop denne fordeling underbygge hans påstand, men det er også den eneste der gør det. Den vage fordeling har tilsyneladende ingen indbygget tidsskala, og det følger straks, at posterior fordelingen er givet ved (22). Læg mærke at dette resultat ikke afhænger af den ubekendte konstant, der indgår i denne prior.

Selv om posterior fordelingen (22) svarende til den vage prior er korrekt normaliseret, så divergerer middellevetiden og spredningen på levetiden. Den korrekte konklusion er her, at sådanne uendelige resultater viser vores totale mangel på evne til at forudsige middellevetiden på basis af de data, vi kender. I stedet beregner Gott medianlevetiden og finder

$$T_{\frac{1}{2}} = 2t . \quad (23)$$

Der er altså 50% chance for at levetiden vil være mindre (eller større) end den dobbelte alder for dette valg af prior. Sagt på en anden måde kan levetiden lige så vel være mindre som større end medianværdien.

Hvis man tror på Gott (og for et unikt system som menneskeheden kan der kun være tale om tro), så vil menneskeheden med 50% sandsynlighed forgå inden den bliver dobbelt så stor. Dommedag er nær. Det følger også af det vage scenarie, at der med 95% sandsynlighed vil blive mellem 180 millioner og 273 milliarder flere individer end der er nu.

Som sagt divergerer både middellevetiden og spredningen i dette tilfælde. Det strider mod det generelle resultat, som vi har udledt, at middelværdien altid vil være endelig. Problemet med dette scenarie er, at prior fordelingen ikke er normaliserbar, som den burde være. For at normalisere den er det nødvendigt at skære den af både for små og store levetider. Man kunne for eksempel erstatte den med

$$p(T) = \frac{1}{\log \frac{B}{A}} \frac{1}{T}, \quad A \leq T \leq B . \quad (24)$$

Denne fordeling er korrekt normaliseret og identisk med den vage i hele intervallet $A \leq T \leq B$. Den ubestemte konstant er desuden blevet bestemt.

Fordelingen er til gengæld ikke nær så 'vag' længere. Den afhænger nu eksplicit af intervallets endepunkter, som afstikker de grænser, der på forhånd er sat

for levetider. Nu kan man både beregne middellevetid og spredning, som kommer til at afhænge af intervallet. I sidste ende kommer der altså præcis det ud af dette scenarie, som bliver puttet ind. Man kan ikke få noget for ingenting!

Meteornedslag:

Et andet scenarie bygger på en forhåndsantagelse om, at menneskeheden kommer af dage ved en katastrofe, for eksempel et meteornedslag som det der skete for 65 millioner år siden, og som uden tvivl var medvirkende til dommedag for dinosaurerne. Hvis vi forestiller os, at der altid er den samme sandsynlighed λ per tidsenhed for, at et meteor slår ned, så vil fordelingen af levetider for "menneskeheder", der lige er blevet skabt, være af samme form som for radioaktive atomer, der henfalder. Vi har derfor

$$Q(T|0) = \lambda e^{-\lambda T} , \quad (25)$$

hvor henfaldskonstanten λ er sandsynligheden per tidsenhed for et nedslag (for eksempel 1 per 25 millioner år). Ved hjælp af ligning (8) finder vi så prior fordelingen

$$p(T) = \lambda^2 T e^{-\lambda T} \quad (26)$$

Faktoren T skyldes, at når vi udvælger et atom eller en menneskehed tilfældigt blandt alle de, som eksisterer på et givet tidspunkt, vil de længstlevende have størst chance for at blive udvalgt. Igen hænger alle forudsigelser på antagelsen om, at netop dette scenarie afgør vores skæbne, og at vi har et bud på størrelsen af henfaldskonstanten.

Genetisk sammenbrud:

Et scenarie, der indrømmet er noget ekstremt, går ud på, at en art som menneskeheden uddør, fordi den opsamler så mange genetiske fejl, at individerne ikke længere er levedygtige. Efter et vist antal, for eksempel T_0 , reproduktioner er det bare slut, så at vi har

$$p(T) = \delta(T - T_0) . \quad (27)$$

Her kan alting også beregnes, men igen afhænger det af, at vi har et godt gæt for T_0 .

Indsamling af data

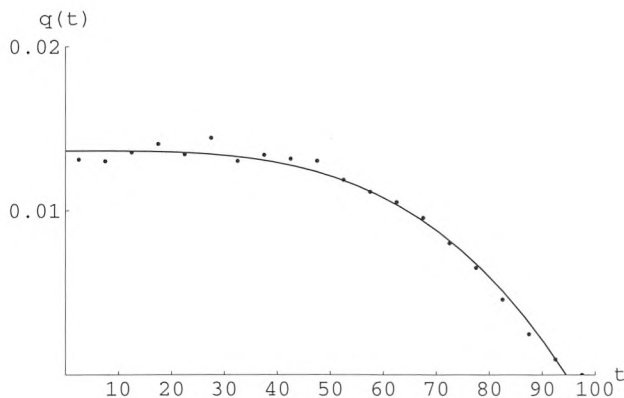
Uden viden om *a priori* fordelingen kommer vi ikke videre. Vi kan ikke afgøre om det ene eller det andet scenario er det rigtige og har derfor ingen forudsigelser om fremtiden.

Hvad skal der til for at opnå data om $p(T)$? Svaret er, at vi må gå ud og kontakte andre verdener (a la Startrek) og spørge dem, om hvor gamle, de er, eller om hvor mange individer, de er lige nu. Sandsynligheden er $q(t)$ for at svaret er t . Med tilstrækkelig meget data kan vi danne et histogram over $q(t)$ og dermed indirekte opnå viden om prior fordelingen $p(T)$.

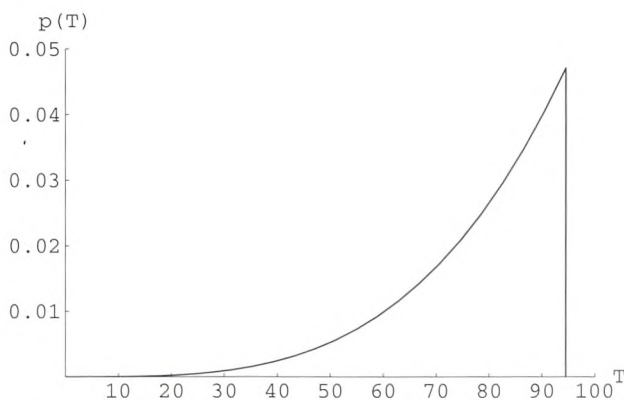
Hvis den betingede fordeling $P(t|T)$ er flad, kan vi beregne prior fordelingen ved simpel differentiation af posterior fordelingen (9) og finder

$$\left. \frac{dq(t)}{dt} \right|_{t=T} = -\frac{p(T)}{T}. \quad (28)$$

Bemærk, at højre side altid er negativ, så at $q(t)$ altid er aftagende. Det er en direkte konsekvens af antagelsen om en flad betinget fordeling og kan kun forventes opfyldt for denne fordeling.



Figur 1. Aldersfordelingen for Danmarks befolkning. Data er taget fra Danmarks statistik på <http://www.dst.dk> og korrigeret som beskrevet i teksten.



Figur 2. Levetidsfordelingen for Danmarks befolkning.

Denne metode benyttet til at beregne prior fordelingen af levealder ud fra befolkningens nuværende aldersfordeling (Fig. 1). Antagelse om en flad betinget fordeling betyder i dette tilfælde, at befolkningen er i en stationær tilstand, hvilket det varierende fødselstal viser, ikke kan være rigtigt. For at korrigere for dette, har vi renormaliseret befolkningens aldersfordeling med det faktiske fødselstal. Korrektionen kan sagtens undgås på bekostning af formalismens enkelthed.

Den derved fremkomne fordeling er vist i Fig. 1. Som den fuldt optrukne kurve viser, får man et forbausende fint fit med funktionen

$$q(t) = \frac{\gamma + 1}{\gamma T_0} \left(1 - \left(\frac{t}{T_0} \right)^\gamma \right) \quad (0 < t < T_0), \quad (29)$$

hvor $T_0 = 94.5$ år og $\gamma \approx 3.45$. Den deraf følgende prior fordeling er vist på Fig. 2. Den er

$$p(T) = \frac{\gamma + 1}{T_0} \left(\frac{T}{T_0} \right)^\gamma \quad (0 < T < T_0). \quad (30)$$

og vokser monotont op til $T_0 \approx 95$ år for derefter at falde dramatisk mod nul. Middellevetiden bliver

$$\langle T \rangle = \int_0^{T_0} T p(T) dT = \frac{\gamma + 1}{\gamma + 2} T_0 = 77.2 \text{ år}, \quad (31)$$

medens den forventede levetid for et menneske, der har opnået alderen t bliver

$$\langle T \rangle_t = \int_t^{T_0} T Q(T|t) dT = \frac{\gamma}{\gamma + 1} \frac{T_0^{\gamma+1} - t^{\gamma+1}}{T_0^\gamma - t^\gamma} \quad (32)$$

For et menneske der lige er født bliver den forventede levetid 73.3 år, medens et menneske, der har opnået denne alder, kan forvente at blive 85 år gammel.

Dette eksempel viser, at det er relativt enkelt at udlede levetidsfordelingen ud fra aldersfordelingen, forudsat der er tilstrækkeligt med data. De data, der er brugt i Fig. 1, består af mere end 5 millioner danskers nuværende alder. Det er indlysende, at kendskab til en enkelt tilfældigt udvalgt danskers nuværende alder ikke kan føre til nogen som helst brugbar konklusion om levetidsfordelingen $p(T)$.

Konklusion

Vi har gennemgået nogle generelle teknikker fra sandsynlighedsregningen, som er brugbare til at vurdere dommedagsprofetiernes betydning. De har vist os, at enkeltstående begivenheder afslører meget lidt om de underliggende sandsynlighedsfordelinger. Påstande om entydige forudsigelser er altid baseret på skjulte antagelser vedrørende *a priori* fordelinger. Vi har påpeget, at den eneste rationelle metode til at løse denne og lignende problemstillinger er at indsamle mere data. Når sandsynlighedsberegning leder til konflikt med den sunde fornuft, er det en god ide at konstruere et formelt argument, som kan afsløre mulige skjulte antagelser og logiske fejlslutninger. De teknikker, vi har diskuteret her, danner en passende ramme for denne analyse.

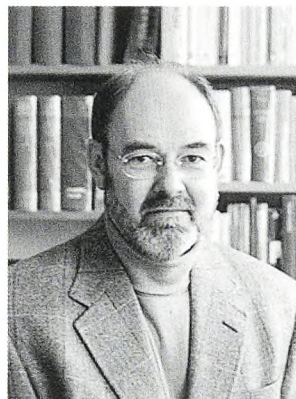
Specielt har vi vist, at Gott's dommedagsprofeti er resultatet af et præcist, men ganske uberettiget, valg af prior. Et valg, han er tvunget til på grund af en logisk fejl i sit argument. Selv om man kan vælge at tro, at dommedag er nær, så er der ingenting, der tvinger en til det. Dommedag er ikke en uundgåelig konsekvens af sandsynlighedsregningen.

Referencer:

- [1] B. Carter
Phil. Trans. Roy. Soc. Lond. **A310**, 347–363 (1983)
- [2] J. Leslie
Bull. Canad. Nucl. Soc. **10**, 10–15 (1989)
- [3] H. B. Nielsen
Acta Physica Polonica **B20**, 427–468 (1989)
- [4] J. Richard Gott III
Implications of the Copernican principle for our future prospects
Nature **363**, 315–319 (1993)
- [5] Steven N. Goodman, Alan L. Mackay, P. Buch, J. Richard Gott III
Future prospects discussed
Nature **368**, 106–108 (1994)
- [6] T. Kopf, P. Krtous, and D. N. Page
Too soon for doom gloom?
University of Alberta preprint (1994)
- [7] J. Richard Gott III
A grim reckoning
New Scientist **156**, 36–39 (1997)
- [8] Dan H. Andersen
Dommedag er nær — sandsynligvis
Berlingske Tidende, 24. februar (1998)
- [9] J. Bang
Et dyt i basunen
Berlingske Tidende, 3. marts (1998)



Thomas Døssing er lektor ved Niels Bohr Institutet for Astronomi, Fysik og Geofysik.



Andrew D. Jackson er professor ved Niels Bohr Institutet for Astronomi, Fysik og Geofysik.



Benny Lautrup er lektor ved Niels Bohr Institutet for Astronomi, Fysik og Geofysik.

Næste nummer af Kvant

Kvant udkommer næste gang omkring den 25. maj 1999, og vi bringer da en række artikler, der beskriver tilblivelsen og betydningen af Niels Bohrs arbejde fra 1948 om "Penetration of Atomic Particles through Matter". Vi havde tidligere annonceret disse artikler til at komme i nærværende nummer af Kvant, men desværre er det ikke lykkedes at få alle artiklerne færdige, hvilket vi beklager overfor de spændte læsere. Det er dog formentlig helt i Niels Bohrs ånd, idet selv han brugte mere end otte år på at få sin berømte artikel færdiggjort.

Desuden bringer vi sidste nyt om DFS's årsmøde

samt en artikel om fri-elektron laseren af Robert Feidenhans'l, Leif Gerward og Janus Staun Olsen.

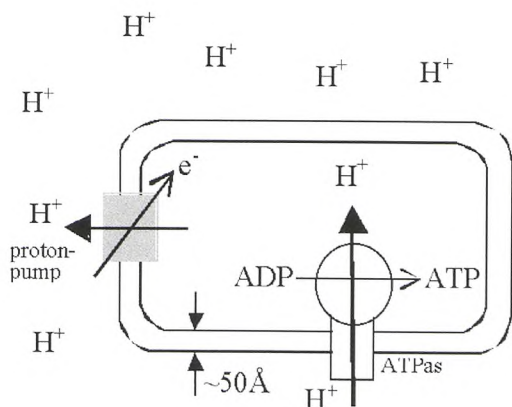
Antallet af abonnenter på Kvant er for tiden inde i en positiv udvikling og vi får for tiden dagligt nye abonnenter eller medlemmer til DFS/SNU. Vi glæder os også over, at vi er begyndt at få bestillinger på klasset og enkelte ældre numre af Kvant, hvilket har fået os til at udvide kuponen på side 31 med muligheden for at bestille tidligere udgaver af Kvant til en meget lav pris. Ørsted Laboratoriet har i mange år velvilligt stillet plads til rådighed for Kvants lager, men vi opbevarer kun et begrænset oplag af de enkelte numre, så der er en mulighed for at vi må melde udsolgt.

Biofysik – livets molekyler, biologiska membraner och molekylära maskiner

Peter Brzezinski, Stockholms universitet.

Vad händer när en ljusfoton träffar ett grönt blad? Hur omvandlas ljusenergin till en energiform användbar för växtens livsprocesser? Hur kontrollerar en levande cell förbränning av föda med hjälp av luftens syre?

Detta är några frågor som biofysiker kan försöka besvara. Att exakt definiera ämnesområdet biofysik är svårt. Biofysiker arbetar på många olika nivåer, från enskilda molekyler till hela organ i levande organismer, vilket klart framgår om man tittar på vilken bakgrund medlemmar i "American Biophysical Society" har. Bland dessa kan nämnas biokemister, molekylärbiologer, fysiker, cellbiologer, fysiologer, fysikaliska kemister m.fl. Att ta upp exempel från alla dessa områden skulle kräva alltför mycket utrymme. Jag skall därför i denna artikel koncentrera mig på det ämnesområde som jag själv närmast identifierar med benämningen *biofysik – problemställningar associerade med förståelse av biologiska processer och fenomen på molekylär nivå i termer av fysikaliska mekanismer*.



Figur 1. Ett flöde av elektroner (t.ex. från förbränning av föda) driver pumpning av protoner över en biologisk membran. Koncentrationsgradienten driver bildning av ATP från ADP i ATPaset.

Själv studerade jag teknisk fysik vid Chalmers tekniska högskola och doktorerade sedan i fysik, även om själva forskningsprojektet utfördes vid en biokemi/biofysikinstitution. Utan ett intimt samarbete med biokemister är det lönlöst för en fysiker att bedriva forskning i biofysik, framförallt därför att förutsättningen för framgångsrika studier är tillgången på rena, väldefinierade biologiska preparat, dvs kunskaper om reningsmetoder och metoder att karakterisera biologiska prover behövs. Dessutom måste man på ett kontrollerat specifikt sätt kunna modi-

fiera biologiska molekyler för att undersöka deras struktur-funktionsrelation. I min forskargrupp arbetar doktorander och postdoktorer med bakgrund från kemi, fysik och molekylärbiologi. Vi använder dagligen både fysikaliska tekniker såsom t.ex. tidsupplöst optisk spektroskopi i kombination med ultrasnabba blandningstekniker för att studera laserblixinducerade elektron- och protonöverföringsreaktioner, och biokemiska tekniker såsom t.ex. molekylärbiologi för att modifiera enskilda byggstenar i proteiner.

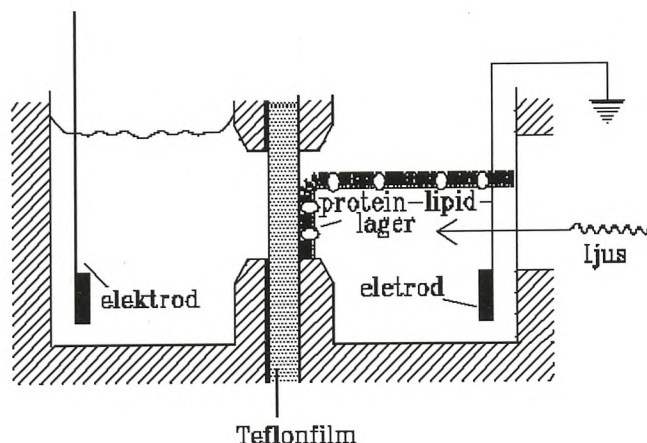
Bioenergetik och biologiska membraner

Speciellt arbetar vi med bioenergetik, dvs frågeställningar rörande omvandling av olika energiformer i biologiska system. Sådana processer följer en generell princip i alla levande organismer på jorden. Denna princip formulerades av Peter Mitchell som den sk. kemiosmotiska teorin (Nobelpris 1978) och bygger på att proteiner (enzym), bundna i biologiska membraner inne i den levande cellen, använder ett flöde av elektroner till att skapa en koncentrationsgradient av vätejoner över membranerna. Vätejongradienten kan liknas vid ett "uppladdat batteri" vars energi driver produktionen av adenosintrifosfat (ATP), en energirik molekyl som kan användas för många livsprocesser och utgör den universella "energivalutan" (se fig. 1). Hos fotosyntetiserande organismer drivs elektronflödet med hjälp av solljus, medan den hos andra organismer drivs via förbränning av föda t.ex. med hjälp av luftens syre (cellandning).

Fotosyntes

Karakteristiskt för fotosyntetiserande organismer är att dessa kan ta tillvara solens ljusenergi och binda den i kemiska föreningar som är stabila (t.ex. socker). Infångningen av fotoner sker i sk. reaktionscentra, som är membranbundna proteiner, och resulterar i att en klorofyllmolekyl avger en elektron, som överförs mycket snabbt ($< 10^{-7}$ s) från ena till andra sidan av reaktionscentrumet. Resultatet är en laddningsseparation – en positiv laddning på en sida av reaktionscentrumet och en negativ på den andra. Systemet har en verkningsgrad som är nära 100 %, dvs varje foton som fångas in ger upphov till en laddningsseparation. Denna laddningsseparation driver sedan pumpning av protoner från ena till andra sidan membranerna (jfr fig. 1). Förståelse av hur dessa biologiska "fotoceller" är uppbyggda och fungerar förväntas ge oss möjligheter att konstruera mer effektiva artificiella system för energi-

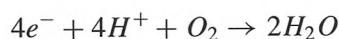
omvandling. Vi har nyligen konstruerat en biologisk "fotocell" med hjälp av reaktionscentra adsorberade till en modifierad guld eller Teflonyta (fig. 2). Denna cell levererar en liten spenningsändring vid belysning [1,2].



Figur 2. Experimentuppställning för mätningar av laddningsförflyttningar över biologiska membraner. T.ex. fotosyntetiska reaktionscentra sätts in i en membran, som sätts fast på en yta. Belysning resulterar i en spänning, som kan mätas över elektroderna. Notera att bilden inte är i skala (Teflonfilmen och protein-membran-lagret är 6 μm respektive 5 nm tjocka, hela cellen är 5 cm lång) [1,2]

Respiration

Andra organismer, som själva inte kan använda solljuset direkt utnyttjar för sina livsprocesser den energi som är "bunden" i t.ex. socker. När socker förbränns reagerar det med syret i luften varvid värme frigörs. I levande organismer måste denna förbränning ske under kontrollerade former så att energin inte blir till värme utan omvandlas till en form som kan användas av organismen. Hos flercelliga organismer sker denna omvandling inne i cellens mitokondrier i den sk. elektrontransportkedjan. Här driver en ström av elektroner, som härrör från nedbrytning av föda (reducerande föreningar), en ström av protoner över membranen (jfr fig. 1). Den slutliga reaktionen med syre i denna kedja sker i ett enzym som heter cytokromoxidas (fig. 3) [3-5]. Det bör påpekas att drygt 90 % av det syre som förbrukas av levande organismer på jorden förbränns av just cytokromoxidas. Enzymet är en "molekylär maskin", som använder energin från reaktionen

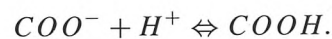


till att pumpa protoner från ena till andra sidan av membranen. Ett av våra huvudprojekt syftar till att kartlägga kopplingen mellan elektron- och protontransporten i cytokromoxidas [5-7].

Syntes av ATP

Syntesen av ATP sker i det så kallade ATP-syntetaset (ATPas) [8]. Proteinet består av ett stort antal subenheter som bygger upp två huvudstrukturer vilka bildar två funktionella enheter, F_0 och F_1 (fig. 4). Den första är ett transmembrant protein som innehåller en protonkanal som leder från ena till andra sidan membranen. Den andra delen (F_1) består av en ca. 80 Å hög ringformad struktur av sammanlagd sex enheter som sitter bundna till varandra som klyftorna i en apelsin (3α - och 3β - enheter). I nedre delen av denna struktur finns en ca. 50 Å lång "axel" (γ), som sitter förankrad i F_1 . Bestämningen av F_1 -enhetens struktur, samt utforskning av ATPaset's funktion belönades med förra årets Nobelpris i kemi. ADP och fosfat (P_i) binds till speciella bindningssäten i F_1 där det modifieras till ATP, varefter denna produkt frisätts. Energin för omvandlingen av ADP till ATP tillförs genom strukturändringar ("mekanisk energi") i bindningssätena. Vi vet idag att dessa strukturändringar sker genom att den "axel" (γ) som är ansluten till F_1 roterar. Den kan liknas vid en molekylär kamaxel, som förmedlar den fria energin från protonflödet genom F_0 till konformationsändringar i F_1 . Själva F_1 -enheten sitter förankrad på membranytan (se b fig. 4). Rotationen demonstrerades nyligen elegant av en japansk grupp (fig. 5) [9]. De utnyttjade det faktum att ATPaset, som normalt omvandlar en protongradient till ATP, även kan fungera "åt andra hållet", dvs tillsats av ATP resulterar i pumpning av protoner. De satte fast F_1 uppochner på en yta, dvs γ -axeln stack uppåt (fig. 5). På axeln satte de fast en mycket lång fluorescerande fiber. Tillsats av ATP resulterade i rotation av fibern, vilket kunde filmas med en videokamera – en molekylär maskin.

Hur fås då axeln att rotera, dvs hur driver en protongradient produktionen av ATP? Den exakta mekanismen är inte känd idag, men en mycket trolig och intressant modell har formulerats [10] (fig. 6). Den del av axeln som sitter förankrad i F_0 har 12 protonerbara grupper ordnade i en ring. Dessa kan vara antingen oladdade (H) eller negativt laddade ($-$):

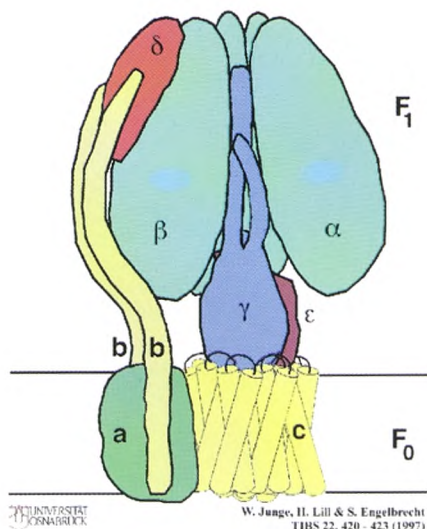


Miljön i/runt den membranbundna F_0 är huvudsakligen hydrofob, vilket gör att COOH formen är mer stabil där. Den del av F_0 som innehåller protonkanalen (a) är dock mer hydrofil (polär) vilket gör att COO^- formen är mer stabil där. Den del av axeln som är i kontakt med den hydrofila modulen där denna är i kontakt med den högre protonkoncentrationen (a_h) kommer att vara mer protonerad än den del som är i kontakt med den lägre protonkoncentrationen (a_l). Eftersom den protonerade formen inte "trivs" i den hydrofila delen (och den oprotonerade (laddade) formen inte "trivs" i den hydrofoba delen), kommer axeln att flyttas i pilens riktning. Med andra ord kommer gruppen vid a_h att protoneras, axeln rör sig ett steg medurs, samtidigt som gruppen

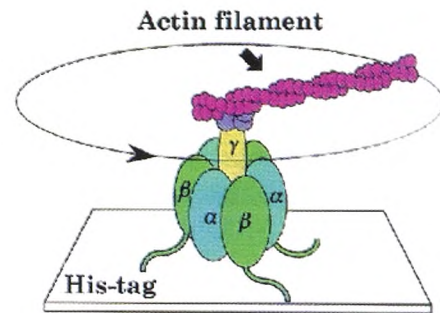
vid a_i avger sin proton. På detta sätt används en protongradient till att generera en rotation av axeln – en entropidriven motor.



Figur 3. En schematisk bild av cytokromoxidas från mitokondrie (från kohjärta). En elektron från ett vattenlösligt protein, cytokrom c (ej med på bilden), som binder nära Cu_A överförs till Cu_A . Elektronen går sedan vidare till hem a och hem a_3/Cu_B , där syre binds och reduceras till vatten, samtidigt som protoner tas upp genom två protonvägar (D och K). Energin från förbränningen driver dessutom pumpning av protoner från ena till andra sidan membranen. Det är inte känt var protonerna kommer ut. Den streckade linjen indikerar membranens position. Bilden är gjord av M. Karpfors (modifierad från [3]).

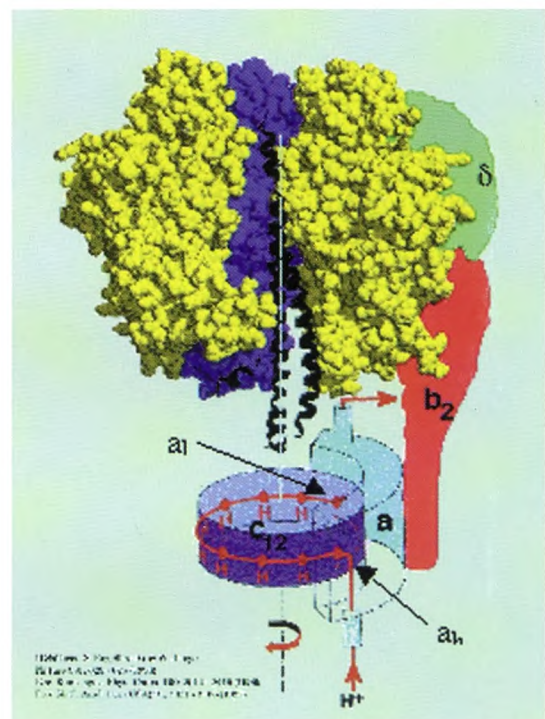


Figur 4. Schematisk struktur för F_1F_0 -ATPaset. F_0 -subenheten är membranbunden. Strukturen för F_1 bestämdes nyligen med hjälp av röntgenkristallografi. Bilden är från [8].



W. Junge, H. Lill & S. Engelbrecht
TIBS 22, 420 - 423 (1997)

Figur 5. Direkt observation av rotation i ATPaset [9]. F_1 sattes fast på en yta upphöjning. En fluorescerande fiber ("actin filament") sattes fast på γ -subenheten (se fig. 4). Tillsats av ATP resulterade i rotation av fibern.



Figur 6. Förslag på modell för ATPaset. En protonström genom F_0 driver en rotation hos γ -subenheten (se fig. 4), relativt membran.

Slutord

Den molekylära bioeneretikforskningen befinner sig just nu i en mycket spännande och expansiv fas. Tack vare utveckling av nya metoder har det på senare år blivit möjligt att i detalj bestämma strukturen för enzymer som spelar en central roll i energiomvandlingen. Samtidigt har utvecklingen av biofysikaliska tekniker, teoretiska modeller t.ex. för elektron och protonöverföringsreaktioner i biologiska system samt moderna biokemiska metoder gjort det möjligt att börja kartlägga mekanismer i detalj för funktionen av dessa enzymer.

Referenser:

- [1] Brzezinski, P., Paddock, M. L., Okamura, M. Y. & Feher, G. (1997) *Biochim. Biophys. Acta* **1321**, 149-156.
- [2] Brzezinski, P., Messinger, A., Blatt, B., Gopher, A. & Kleinfeld, D. (1998) *J. Membrane Biol.* **165**, 213-225.
- [3] Brzezinski, P. & Ädelroth, P. (1997) *J. Bioenergetics and Biomembranes* **30**, 99-107.
- [4] Ferguson-Miller, S. & Babcock, G. T. (1996) *Chemical Reviews* **96**, 2889-2907.
- [5] Karpefors, M., Ädelroth, P., Aagaard, A., Sigurdson, H., Svensson Ek, M. & Brzezinski, P. (1998) *Biochim. Biophys. Acta* **1365**, 159-169.
- [6] Ädelroth, P., Sigurdson, H., Halln, S. & Brzezinski, P. (1996) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **93**, 12292-12297.
- [7] Karpefors, M., Ädelroth, P., Zhen, Y., Ferguson-Miller, S. & Brzezinski, P. (1998) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **95**, 13606-13611.
- [8] Junge, W., Lill, H. & Engelbrecht S. (1997) *TIBS* **22**, 420-423.
- [9] Noji, H., Yasuda, R., Yoshida, M. & Kinosita Jr., K. (1997) *Nature* **386**, 299-302.
- [10] Sabbert, D., Engelbrecht, S. & Junge, W. (1996) *Nature* **381**, 623-625.

Referenser 3, 4, 5, 8, 9 är översiktsartiklar. Denna artikel är publicerad i *Fysik-Aktuellt*, Nr. 4, december 1998, som distribueras till alla medlemmar af Svenska Fysikersamfundet.



Peter Brzezinski är professor i Biokemi vid Stockholms universitet.

Nyt fra Selskabet for Naturlærens Udbredelse

Selskabet for Naturlærens Udbredelse

Direktionen for SNU udgøres af:

Professor Dorte Olesen (formand)

UNI-C

Vermundsgade 5

2100 København Ø

Lektor Jørn Johs. Christiansen (sekretær)

Aakjærs Alle 24 B

2860 Søborg

Tlf. 39 69 58 18

Lektor Finn Berg Rasmussen

Lektor Erik Schou Jensen

Professor Erik W. Thulstrup

Lektor Malte Olsen

Direktør Ole Mørk Lauridsen

Virksomhedsbesøg hos Brüel & Kjær Medical, dyrerækkernes opståen samt generalforsamling

Selskabet for Naturlærens Udbredelse har den 10. februar arrangeret et foredrag, hvor lektor Jens Martin Knudsen fortalte om jagten på liv udenfor Jorden, og den 3. marts fortalte lektor Minik Rosing om livets tidligste historie her på Jorden.

Det næste arrangement bliver et virksomhedsbesøg hos Brüel & Kjær Medical, som afholdes **onsdag den 24. marts 1999**. Nærmere oplysninger om dette arrangement kan fås hos Bente Egaa, tlf. 35 87 88 04 eller e-mail Bente.Egaa@uni-c.dk.

Desuden afholder Selskabet et foredrag ved professor Reinhardt Møbjerg Kristensen fra Zoologisk Musæum med titlen:

Opstod alle kendte dyrerækker i Prækambrium eller Kambrium?"

Foredraget holdes på Geologisk Musæum **onsdag den 21. april 1999 kl. 19.30**. Efter foredraget er der generalforsamling.

Indmeldelse i Selskabet kan ske ved at benytte kuponen på side 31 i dette nummer af Kvant.

Nyt fra Dansk Fysisk Selskab

Foredrag på årsmødet – KIF-årsmøde – NKT Forskerprisen – Kontingent og generalforsamling

Dansk Fysisk Selskab

Hjemmeside: www.nbi.dk/dfs

Jens Olaf Pepke Pedersen (formand)
DCESS, NBIfAFG
Juliane Maries Vej 30
2100 København Ø

E-mail: jopp@dcess.ku.dk
Telefon: 35 32 05 73

Dorthe Posselt (næstformand)
E-mail: dorthe@mmf.ruc.dk

Nis Bjerre (kasserer)
E-mail: nis@ifa.au.dk

Preben Alstrøm
E-mail: alstrom@nbi.dk

Peter Bodin
E-mail: peter.bodin@sas.dk

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

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

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

DFS årsmøde 1999

Dansk Fysisk Selskab afholder sit årsmøde 1999 på hotel Nyborg Strand i dagene 3.–4. juni 1999. Tilmeldingsblanket og praktiske oplysninger findes i Kvant nr. 4, 1998, og kan også læses på DFS's hjemmeside (www.nbi.dk/dfs). Via hjemmesiden kan man også tilmelde sig årsmødet og indsende abstracts.

Fristen for tilmelding og indsendelse af abstracts udløber den 22. marts 1999. For geofysikabstracts er fristen dog først 19. april 1999. De indsendte abstracts vil blive tilføjet løbende på internettet. Abstracts modtages også efter udløbet af tilmeldingsfristen, men man risikerer, at programmet for foredragene da er lagt fast, ligesom det ikke garanteres, at abstractet kan komme med i årsmødebogen. Tilmeldinger modtages også efter fristen, men studenterfripladserne vil blive fordelt kort tid efter fristens udløb. DFS har igen i år fået afslag fra Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd på en ansøgning om underskudsgaranti, men vi prioriterer studenterdeltagelse højt og håber også at få tilskud fra fonde og fra firmaer, der udstiller deres produkter på

årsmødet.

DFS's sektioner, IJAF (SNF's Instrumentcenter for Jordbaseret Astronomisk Forskning) og Dansk Geofysisk Forening sammensætter det endelige program på grundlag af bl.a. de indsendte abstracts, og deltagerne vil få meddelelse herom, hvis deres bidrag er udvalgt til et foredrag. De øvrige bidrag (samt hvis man ikke ønsker foredrag) vil blive præsenteret i en posterudstilling.

Molekylære motorer, astrofysik og Bose-Einstein kondensering

Der er nu tilsagn fra tre af de inviterede plenarforedragsholdere. Den ene plenartaler er professor Steve Block fra Princeton University, USA, der taler om "Molecular motors. Steve Block var sammen med K. Svoboda den første til at anvende en optisk pincet i biologisk forskning. Block byggede pincetten, da han var på Rowland Institute i Boston, og han blev siden udnævnt til "Presidential Young Investigator" efter at have målt skridtlængden af kinesin (et protein, som er en motor) på mikrotubuli (skinnerne motoren kører på). Steve Block er nu ansat i et nyt biofysikinitiativ på Stanford University, der starter til sommer.



Professor Roy Booth, Onsala.

Den anden plenumtaler er Roy Booth, der er direktør for Radioobservatoriet i Onsala, Sverige, og taler om "New Horizons in mm Wave Astrophysics". Roy Booth er også professor i astrofysik ved Chalmers Tekniske Universitet i Göteborg, og en af de drivende kræfter i ESO-landene i et initiativ til at konstruere et stort internationalt (sub)mm teleskop array i Chile. Hans forskning strækker vidt, lige fra stjernernes dannelse og studier af molekyler omkring kolde, udviklede stjerner og til bevægelser med tilsyneladende overlyshastigheder i ekstragalaktiske radiokilder.

Den tredje plenartaler er professor Daniel Kleppner fra Massachusetts Institute of Technology, USA, der holder foredrag om emnet "Bose-Einstein Condensa-

Dansk Fysisk Selskab



HOTEL NY

Afholdes sammen med:

Netværk for Kvinder i Fysik

Dansk Geofysisk Forening

Instrumentcenter for

Jordbaseret Astronomisk Forskning

PLENUM

INVITEREDE FOREDRAG

POSTER SESSION

NKT FORSKER PRISEN

Session

Astr

Ato

Fasts

Ge

Uddannelse o

ab

ÅRSMØDE

3. - 4. Juni 1999

BORG STRAND



ner om:

rofysik

mfysik

stoffysik

ofysik

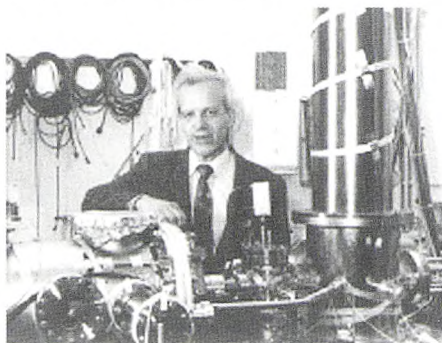
og undervisning

info: www.nbi.dk/dfs

Jens Olaf Pepke Pedersen

jopp@dcass.ku.dk

tion of Atomic Hydrogen". Undersøgelser af Bose-Einstein kondensering er specielt vanskelig i brint, da afstanden mellem energiniveauerne i brint er meget stor. Derfor er det nødvendigt at bruge to fotoner, og laserlysets frekvens indstilles derfor til at være netop det halve af frekvensen for 1s-2s overgangen i brint. Brintatomet absorberer nu to fotoner og henfalder siden under udsendelse af en enkelt ultraviolet ("Lyman-alfa") foton, som kan detekteres. Da frekvensen i brintovergangen afhænger af tætheden, viser overgangen til Bose-Einstein kondensatets høje tæthed sig ved en pludselig ændring i frekvensen.



Professor Daniel Kleppner, MIT.

Desuden vil modtageren af NKT Forskerprisen 1999 holde et plenarforedrag om sit arbejde.

Sessionsforedrag

Udover plenarforedragene vil årsmødet vil indeholde parallelsessioner om astrofysik, atomfysik, faststoffysik, geofysik samt uddannelse og undervisning. Programmet kan ses på internettet (www.nbi.dk/dfs) og bliver løbende opdateret. Det endelige program, vil være tilgængeligt ca. 1. maj.

Atomfysik

En række foredragsholdere er dog allerede nu inviteret til sessionerne. En af atomfysiksessionerne vil således beskæftige sig med dansk rumforskning, hvor Torsten Neubert fra Danmarks Meteorologiske Institut vil holde et indlæg om partikelmålingerne på ØRSTED og hvad de måske vil kunne afsløre, samt vise hvad computer-simuleringer af partikelpopulationer giver af indsigt i fysikken bag ioner og elektroners bevægelse i ionosfæren og magnetosfæren. Herefter vil John Jørgensen fra DTU fortælle om mønstergenkendelsesmetoder og deres anvendelse i stjernekameraet, som sidder på ØRSTED, og Morten Bo Madsen fra Ørsted Laboratoriet vil fortælle om hvad vi har lært af den sidste landing på Mars.

Lars Andersen fra Institut for Fysik og Astronomi (IFA) ved Aarhus Universitet vil fortælle om dissociering af molekyler ved lagerringen ASTRID og Jon Marrison, også fra IFA, vil fortælle om positroners vekselvirkning med stof. Desuden vil Henrik Kjeldsen fra IFA fortælle om sine målinger af fotoionisering

af enkeltladede ioner. Han har bl.a. målt absolutte tværsnit for fotoionisering af C^+ og andre ioner, som er af stor interesse for astronomer, der skal beskrive lysets vej ud gennem stjernernes atmosfærer.

Muligheden for at styre en kemisk reaktion vil blive diskuteret af Ida Wendt-Larsen fra Kemisk Institut ved Aarhus Universitet, der fortæller om laserinduceret alignment af molekyler.

Endelig holder Michael Drewsen, IFA, et foredrag om fysik med kolde, indfangede ioner, og Eugene Polzik, IFA, forelæser om fysik med sammenfildrede fotoner og atomer.

Uddannelse og Undervisning

Dansk Fysisk Selskabs Sektion for Uddannelse og Undervisning blev oprettet i 1988 med følgende formål:

1. at fremme fysikundervisningen på alle niveauer, 2. at fremme vekselvirkningen mellem forskning og undervisning i fysik, og 3. at fremme forskningen i fysikdidaktik.

Medlemskab af sektionen står åbent for medlemmer af Dansk Fysisk Selskab, og sektionen ledes af en bestyrelse på ca. 6 personer valgt af og blandt dens medlemmer (se fortegnelsen nedenfor).

Formålene er især søgt opnået gennem afholdelse af konferencer, hvor temaerne har været valgt med henblik på at tiltrække interesserede fra alle niveauer – lige fra folkeskolens natur/teknik-undervisning til universiteternes fysik- og ingeniøruddannelser. Følgende overskrifter kan give en fornemmelse af spredningen:

Skolens fysikundervisning på vej - hvorhen?

Hvad skal vi 'stille op med' de nye studerende?

Eksperimentets rolle i fysikundervisningen

Projektarbejde i fysikundervisningen

Fysik i uddannelserne - uddannelserne i fysik

Fysikkens image

Er der nogen grund til undervise i fysik?

De seneste par år er fagdidaktik kommet i vælten, nye miljøer er opstået, og gamle er under udbygning. Sektionens bestyrelse har derfor valgt at deltage i Dansk Fysisk Selskabs årsmøde d. 3.-4. juni 1999 (se Kvant nr. 4, 1998) med egne sessioner, hvor formålet er at få et overblik over, hvad der foregår af forskning i og udvikling af fysikundervisning på alle niveauer. Vi håber at få delvis sponsorering af deltagernes udgifter.

Forslag til indlæg på årsmødet sendes til Poul V. Thomsen (pvt@ifa.au.dk, tlf. 8942 3634 eller fax 8612 0740) snarest muligt – dog senest 22. marts 1999. Yderligere oplysninger kan også fås her.

Sektionsbestyrelsen udgøres af Karin Beyer, IMF-UFA, Roskilde Universitetscenter, Erik Both, Institut for Fysik, Danmarks Tekniske Universitet, Ole Goldbech, Fysik & kemi, Danmarks Lærerhøjskole, Susanne Stubgaard, Rysensteen Gymnasium, Poul V. Thomsen (formand), Center for Naturfagernes Didaktik, Aarhus Universitet, og Erik Øhlenschläger, Ingeniørhøjskolen Københavns Tekniskum.

Geofysik

Dansk Geofysisk Forening vil under deres session bl.a. præsentere Center for Jordens Klima og Bio-geokemiske Kredsløb (DCESS), der blev oprettet i december 1997 med støtte fra Danmarks Grundforskningsfond. Centeret er etableret for en femårig periode på Niels Bohr Institutet for Astronomi, Fysik og Geofysik ved Københavns Universitet og på Biologisk Institut ved Syddansk Universitet i Odense. På årsmødet vil Gary Shaffer, der er leder af centeret, og Don Canfield, der er assisterende centerleder i Odense, fortælle om centerets forskning, som bl.a. omfatter klimasystemets stabilitet, oceanets rolle i klimasystemet og den kemiske og biologiske udvikling af atmosfæren og oceanet.

KIF årsmøde 2. juni 1999

Netværk for Kvinder i Fysik (KIF) afholder sit årsmøde onsdag den 2. juni, ligeledes på Nyborg Strand. Programmet ser således ud:

10.00–10.15 Velkomst ved Anja C. Andersen (formand).

10.15–11.00 Winnie Svendsen (HCØ, KU): "Hyperpolariserede gasser til MRI scanning"

11.00–11.45 Anja Boisen (MIC, DTU): "Mikromekaniske biosensorer"

11.45–13.00 Frokost

13.00–13.45 Birgitta Nordstrom (AO, KU): "Mælkevejens allerførste stjerner"

13.45–14.45 Postersession med kaffe, the og frugt

14.45–15.45 Cathrine Hasse (Antropolog, KU): "Det tavse pensum"

15.45–16.45 Diskussion

16.45–18.00 Generalforsamling

KIF minder om, at alle har adgang til at deltage i årsmødet, bortset fra generalforsamlingen, som kun er åben for KIF-medlemmer.

NKT Forskerprisen 1999

NKT Forskerprisen 1999 på kr. 100.000 vil blive uddelt under årsmødet, torsdag den 3. juni kl. 17.30. Prismodtageren vil holde en forelæsning på årsmødet fredag den 4. juni kl. 9.00.

Medlemmer af DFS er tidligere i Kvant blevet opfordret til at indsende forslag til prismodtagere. Fristen er nu udløbet, og DFS's bestyrelse har nedsat en bedømmelseskomite bestående af Lars Lading, Risø, Per Bak, Niels Bohr Institutet, David Moncton, Argonne National Laboratory, og John Wilkins, Ohio State University, til at udvælge modtageren. Komiteen har dog mulighed for selv at tage initiativ til indkaldelse af forslag, også efter udløb af den officielle tidsfrist.

Tildelingen skal ifølge fundatsen udtrykke en anerkendelse af en forskningsindsats af betydelig inter-

national vægt inden for grundlæggende eller anvendt fysik.

DFS kontingent 1999

Det er igen tid til opkrævning af kontingent til Dansk Fysisk Selskab og individuelt medlemsskab af European Physical Society. Kontingentsatserne er uændrede fra sidste år, dvs. ordinært DFS medlemsskab samt firmaer/institutter koster 325 kr., mens kandidat- og Ph.D.-studenter samt pensionister slipper med 75 kr. Dertil kommer 270 kr., hvis du ønsker at være individuelt medlem af EPS.

Sidste betalingsdag er *mandag den 15. marts*. Desværre er der en del af vores medlemmer, der ikke overholder betalingsfristerne. Det betyder ganske meget unødvendigt 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, som automatisk følger med medlemsskab. Det vil gøre det sikrere og lettere for alle parter, hvis I vil tilmelde jeres DFS betaling til automatisk overførsel via PTG eller PBS.

I den forbindelse vil jeg gøre opmærksom på, at hvis I betaler manuelt, SKAL det udsendte girokort benyttes. Visse universiteter (f.eks. KU og DTU) har fået for vane at sende penge til os via samlergirering og undlade at medsende alle de nødvendige oplysninger til identifikation af medlemmet. Det har tidligere ført til et STORT detektivarbejde for os. Vi vil derfor ikke i fremtiden kreditere indbetalinger på anden form end de udsendte girokort.

På de udsendte girokort eller månedsopgørelser 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. Det er også vigtigt, at I meddeler adresseændringer, så vi ikke hver gang får en stak Kvant retur, blade som I kunne have haft glæde af at læse. Dette gælder specielt ved flytning til og fra udlandet.

Bjarne Andresen, registerfører, Ørsted Laboratoriet, Universitetsparken 5, 2100 København Ø tlf. 35320470, fax 35320460, e-post andresen@fys.ku.dk.

DFS generalforsamling 1999

Der indkaldes hermed til den årlige generalforsamling i Dansk Fysisk Selskab på Hotel Nyborg Strand, fredag den 4. juni 1999 kl. 13.30.

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.

Øjet og de fysiologiske farver

Martin Sundstrøm, Ørsted Laboratoriet, Københavns Universitet samt Optik og Fluid Dynamik Afdelingen, Forskningscenter Risø.



Figur 1. G.T. Fechner (1801-87).

I 1838 opdagede den tyske fysiker G.T. Fechner, at vi ser farver, når vi kigger på runde skiver med bestemte mønstre i sort og hvid, som roterer ved bestemte frekvenser. Fechners farver er i midlertidig ikke fysiske farver, som farven på en gul blomme, der er bestemt af blommens fysiske sammensætning, men er i stedet en sanseillusion. Fechners farveindtryk skabes ikke af bølgelængden af det lys, der rammer vores øjne, men af fysiologiske begrænsninger i vores opfattelsesevne, og derfor er farverne fysiologiske og ikke fysiske.

Fechner opdagede fænomenet, da han var i færd med at undersøge vores synsevner. Han vidste, at når en halvmåneskive i sort og hvid drejer hurtigere rundt end den såkaldte fusionsfrekvens, så kan øjet ikke længere skelne mellem de to farver på skiven, og det resul-

terende synsindtryk bliver gråt. Alt afhængig af alder og belysning, så ligger fusionsfrekvensen omkring 40 til 50 omdrejninger i sekundet.



Figur 2. Tysk frimærke med H. von Helmholtz (1821-1894) fra 1994.

I forsøget på at skabe og udforske grånuancer lavede Fechner en skive med en Arkimedesspiral i sort og hvid. Til sin store forbløffelse så Fechner farver på skiven, når den roterede under fusionsfrekvensen.

Han beskrev farverne på Arkimedesskiven ved stadig højere frekvenser, som først gul, så gulgrøn, dernæst grøn og tilsidst lyseblå. Fechner angav dog ikke nogen specifikke frekvenser eller lyskilde, men bemærkede, at Goethe ville være blevet glad for opdagelsen, fordi den viser, at farver kan opstå i overgangen mellem sort og hvid. Et af grundprincipperne i Goethes farvelære var nemlig, at farver opstår i mødet

NY BOG

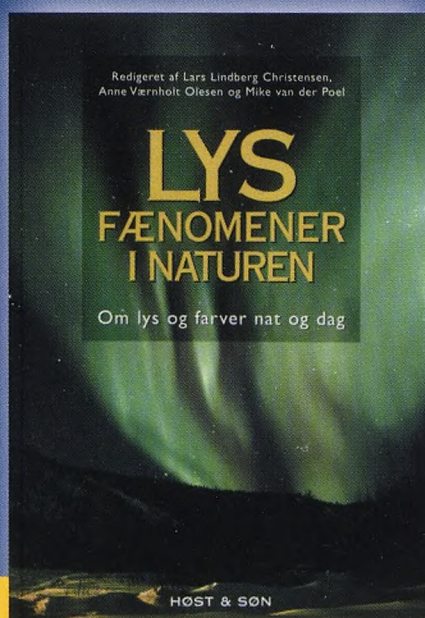
Den nyeste viden om optiske fænomener samlet i rigt illustreret håndbog skrevet af forskere fra fire forskellige videnskabsgrene.

Redigeret af Lars Lindberg Christensen, Anne Værnholt Olesen og Mike van der Poel

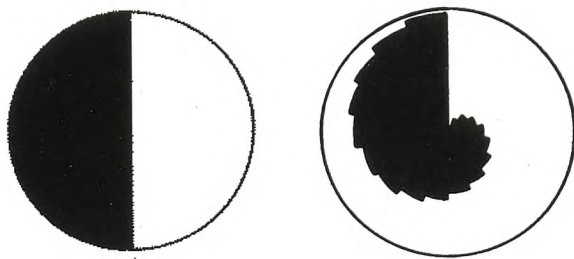
216 sider,

kr. 298,-

H Ø S T & S Ø N



mellem lys og mørke. Men dengang som nu foretrak folk Newtons forklaring af farver og lys, der var funderet i lysets dispersion i prismet.



Figur 3. Halvmåneskiven og Fechners Arkimedespiral.

Fechner var den første, der systematisk udforskede farvefænomenet, og tilskrives af mange i dag opdagelsen af de fysiologiske farver, selvom den franske munk Bénédict Prevost allerede i 1826 havde opdaget, at når han bevægede et stykke papir hurtigt ind og ud af en lysstråle, der faldt ind igennem et mørkt rum, så kunne han se farver. Prevost nedskrev sin opdagelse, og bemærkede, at der ikke var tale om en opsplitning af hvidt lys som i et prisme, men at effekten var subjektiv. Fechner mente også, at farveindtrykkene var subjektive, og kaldte farverne for subjektive farver, men siden hen er de også blevet kaldt akromatiske, fysiologiske, Prevosts, Fechners eller Benhams farver.

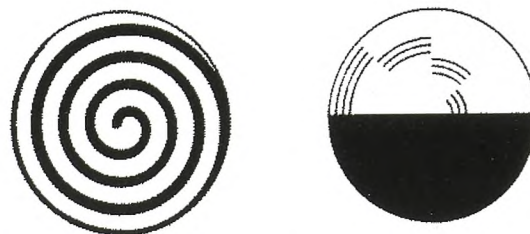
Op- og afladningsteorien

Fechner foreslog en forklaring på de fysiologiske farver, som stadig er den mest udbredte. Den byggede på en ide, som den engelske fysiker og læge Thomas Young, der i øvrigt påviste lysets interferens, havde forslået i 1801, der gik ud på, at øjet har tre receptorer, som er følsom overfor hver deres farve eller bølgelængdeområde af det synlige spektrum. Når øjet ser den hvide del af den roterende skive, så påvirkes alle tre receptorer i øjet lige meget. De tre receptorer sender hvert deres signal til hjernen, hvor de tre signaler "blandes" til et hvidt synsindtryk. Umiddelbart efter ser øjet en sort del af skiven. Fechner foreslog nu, at øjets receptorer havde forskellige afladningstider. Når det hvide synsindtryk er ophørt, så aflader receptorerne med forskellige hastigheder. Hvis en af de tre receptorer ikke er blevet afladt helt, når øjet ser den sorte del af skiven, så ser øjet ikke sort, men receptorens farve.

Til sammenligning kan man forestille sig en stegepande over et gasblus. Når vi slukker for blusset, bliver panden ikke kold med det samme, så hvis man rører ved den, er den stadig varm, og hvis ikke man vidste bedre, så ville man tro, at blusset stadig var tændt.

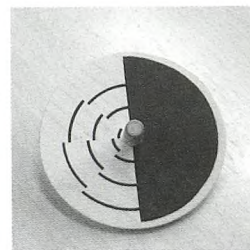
I 1860 finpudser den tyske fysiker og læge Hermann von Helmholtz teorien efter at have undersøgt en del forskellige skiver. Forinden har Helmholtz også udviklet Thomas Youngs ide om det såkaldte trichro-

matiske farvesyn, og måler, at de tre receptorer reagerer på henholdsvis korte bølgelængder, der overvejende giver blålige synsindtryk, mellem bølgelængder, der overvejende giver grønne synsindtryk og lange bølgelængder, der giver rødlige synsindtryk.



Figur 4. Spiral brugt af Helmholtz samt Benhams skive fra 1894. Patentet på mønstret på Benhams skive tilhører legetøjsfirmaet Newton & Co., som Benham var tilknyttet.

Helmholtz siger desuden, at også forskelle i opladningstider kan give anledning til farveindtryk. Et hvidt synsindtryk på en roterende skive er for eksempel så kort, at det kun er den receptor, som er følsom overfor rød, som når at blive påvirket, mens man ser hvid, – så ser man sort og receptorerne påvirkes ikke mere. Man ser derfor kun den røde del af det hvide lysindtryk, fordi receptorerne følsom for grøn og blå ikke nåede at blive aktiveret.



Figur 5. Moderne variant fra Magasin 1998.

Helmholtz så de fysiologiske farver, som en bekræftigelse af den trichromatiske farveteori, og anså teorien om forskelle i receptorerne op- og afladningstider som dækkende. Desuden mente han, at receptoren følsom overfor blå op- og afladede langsommere end receptoren følsom overfor rød, fordi han ved observationer af skiver havde lagt mærke til at de blålige indtryk dominerede ved lave rotationsfrekvenser og rødlige indtryk ved høje rotationsfrekvenser.

I 1894 konstruerer den engelske legetøjsmager Charles E. Benham et mønster på en skive, som giver anledning til stærke farveindtryk ved små omdrejningsfrekvenser, og begynder at sælge skiven som legetøj i form af en snurretop.

Når snurretoppen spindes, så ses overvejende rød, gul, grøn og blå i cirkulære bånd om centrum, der falder oven i de sorte delcirklers på den hvide halvdel af skiven. Afhængig af hastighed, så ændrer farverne sig

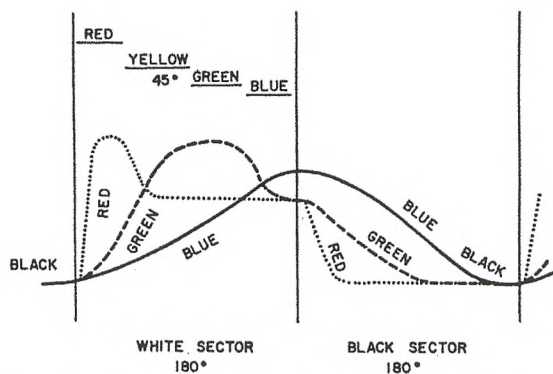
i overensstemmelse med Helmholtzs observation ovenfor, og overgår fra en farve til en anden.

Det røde bånd er inderst, når snurretoppen roterer med uret, og yderst mod uret. Skiven giver farveindtryk op til fusionsfrekvensen afhængig af betragterens alder og belysning. De fleste skiver som i dag bruges til at illustrere de fysiologiske farver er varianter af Benhams skive, og kaldes derfor Benhamskiver.

Sort-hvid fjernsyn, det er fremtiden

Som sagt er Fechners og Helmholtzs forklaring stadig den mest udbredte, men det betyder ikke, at den er fuldstændig. Det har for eksempel siden hen vist sig svært i praksis at måle forskellene i receptorernes op- og afladningstider og dermed underbygge teorien.

I næsten 30 år forsøgte franskmænd H. Piéron at måle forskellene i receptorernes op- og afladningstider, men trods ihærdige forsøg lykkedes det ham ikke entydigt. I 1932 fandt han en forskel på 9 millisekunder mellem en rød stimuli af øjet og en grøn, og en forskel mellem rød og blå på 28 millisekunder. I 1947 fandt han en forskel på 3 til 7 millisekunder mellem rød og blå, og den samme forskel mellem rød og grøn, men i nogle forsøg blev forskellen mellem rød og grøn større end rød og blå.



Figur 6. Piérons forklaring af farveindtrykkene baseret på op- og afladningsteorien [1].

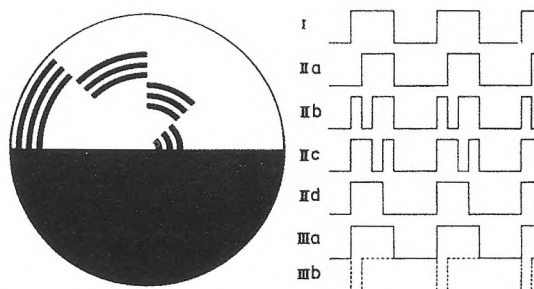
I 1945 foreslår G.A. Fry en sammenhæng mellem L.T. Trolands farveteori fra 1921 og farverne på Benhamskiven. Troland havde forslået, at nerveimpulserne fra øjet til hjernen, som giver anledning til farveindtryk måske transmitteres i en kode af binær karakter.

Det er med andre ord den hurtige vekslen mellem sort og hvidt på Benhamskiven, som giver anledning til nerveimpulser, som fejlagtigt tolkes af hjernen som farveindtryk, fordi farveindtryk normalt sendes i sådanne sekvenser til hjernen. Men ideen vinder ikke udbredelse.

Så i mangel af forklaringer skriver nobelpristageren i fysik Richard Feynman i 1965, i sine berømte Lectures on physics, at "No one yet understands the reason for those colors, but it is clear that information is being

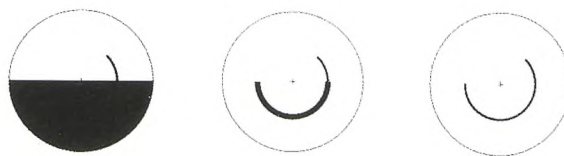
put together at a very elementary level, in the eye itself, most likely."

Men ideen om sekvenserne forsvinder ikke helt. Den tyske fysiolog C. von Campenhausen udvikler den fra 1965 til 1969, og forsøger systematisk at beskrive farveindtrykkene som sekvenser af sort og hvid, eller lys og mørke.



Figur 7. Campenhausens følger af lys og mørke [2].

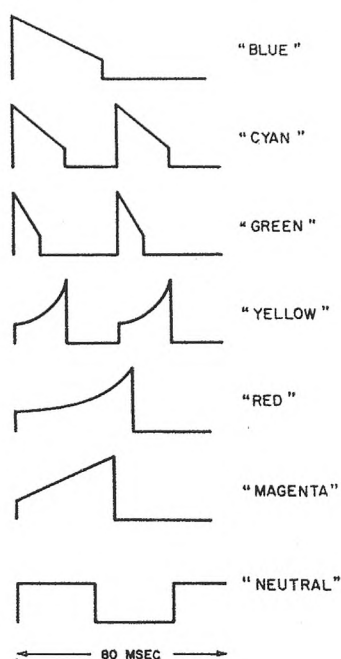
Når man kigger på Campenhausens sekvenser kan det måske undre, hvad forskellen er på sekvens IIa, der beskriver det inderste bånd, og IId, der beskriver det yderste bånd, bortset fra, at de er forskudt i forhold til hinanden. Tilsyneladende er der ingen, selvom de to bånd giver forskellige farver. Men trods det, er der alligevel folk, som forsøger, at lave farvefjernsyn ud af sort-hvid apparater i slutningen af 1960'erne uden, at der dog kommer noget ud af forsøget.



Figur 8. Tre udgaver af Benhamskiven.

I 1970 foreslår amerikanerne L. Festinger, M. R. Allyn og C. W. White, at man opfatter de vekslende sekvenser af sort og hvid lidt mere nuanceret, ikke bare som binære sekvenser, men som sekvenser, hvor der også er en variation i intensitet. Deres ide kan illustreres ved hjælp af ovenstående tre udgaver af Benhamskiven, som jeg har konstrueret. I den første udgave er et bånd isoleret. Når skiven drejes med uret giver det anledning til et rødt farveindtryk, og blå mod uret. I næste udgave er der skåret lidt mere af skiven, men der kommer stadig farveindtryk. I den sidste udgave er der imidlertid ingen farveindtryk. I den midterste udgave kan man forestille sig, at øjet ser en nedblending af hvid i et bestemt område af skiven, hvor cirkelbåndet drejer

forbi, når skiven drejer mod uret. Og modsat ser øjet en opblænding af hvid, når skiven drejer med uret. Det vil sige, at en opblænding af hvid giver rød, og en nedblænding giver blå.



Figur 9. Festingers, Allyns og Whites målinger fra 1970 af lyssekvenser af hvidt lys med varierende intensitet, der opfattes som farver [3].

Det var præcis, hvad Festinger, Allyn og White fandt, da det lykkedes dem at få sekvenser af hvide glimt med varierende intensitet til give farveindtryk. Men trods det er sekvensteorien ikke særlig udbredt i dag.

Andre fysiologiske farver

I forbindelse med et kollokvium om de fysiologiske farver lavede jeg sidste jul en række forsøg, hvor jeg ud over Fechners fysiologiske farver også undersøgte en anden type fysiologiske farver, som skabes af efterbilledeeffekter. De fleste kender efterbilleder fra følgende lille eksperiment. Kig koncentreret på noget rødt i 30 sekunder. Kig derefter på et hvidt stykke papir. Der vil nu være et grønligt efterbillede. Farven af efterbilledet er komplementær til den farve, som man først har kigget på. To farver, der receptivt blander til hvid, kaldes komplementærfarver.

Forklaringen på efterbilledets farve er kort, at den røde receptor er blevet "tappet" for farve, så der er en overvægt af de andre receptores farver, når man kigger på en hvid baggrund. Når efterbilledet er ved at forsvinde kan man forlænge det ved at blinke lidt med øjnene.

Modsat Fechners fysiologiske farver er farven af et efterbillede ikke helt ufysisk, fordi der er en sammenhæng mellem de farveindtryk vi ser, og farven af det lys,

som skaber farveindtrykkene. Man kunne derfor opdele de fysiologiske farver i to typer. Akromatisk farveopfattelse, som er den Fechner opdagede, og komplementær farveopfattelse, der skyldes efterbilledeeffekter, og som er de farveindtryk, man kan skabe på roterende skiver med mønstre i sort og hvid med både farvet og hvidt lys.

Jeg lavede en opstillingen, hvor jeg forsøgte at tappe øjets receptorer for farve. På en otte centimeter bred hvid skive, tegnede jeg en sort cirkelstreg 2 centimeter fra centrum. Stregen spændte over 180° og var 1 millimeter bred. Når skiven roterer ved en givet frekvens og bliver belyst med hvidt lys fra en strotoskoplampe, der blinker ved samme frekvens, så opfattes skiven ikke overraskende som stillestående. Når man belyser skiven med hvidt halogenlys, er virkningen at man nu også ser den roterende skive i de ellers mørklagte intervaller mellem strotoskoplampens blink, og man ser derfor en sluttet sort ring på den roterende skive.

Det sjove er nu, at når man for eksempel påfører halogenlyset et orange filter, så opfattes skiven igen som stillestående på en orange baggrund, men den sorte halvcirkel er sluttet af en blå farve. Effekten er slående, fordi man kigger på skiven i omgivelser, der er badet i orange lys, og alligevel ser man en blå halvcirkel på skiven.

Man kan gentage forsøget med andre farvede filtre og finde andre komplementære farvepar. For eksempel giver et violet filter en grønlig farve. Jeg fandt farveindtryk fra 10 til 100 Hz. Man kan sikkert også finde farveindtryk over og under disse frekvenser, men mit udstyr tillod mig ikke at undersøge andre frekvenser.

Forklaringen er sandsynligvis følgende. Der, hvor øjet ser den komplementærfarvet halvcirkel, finder der en konstant vekslen mellem sort og hvid sted. Hver gang øjet detekterer en ændring, så skal øjet opdatere farven i området. Da skiven drejer hurtigt rundt skal øjet altså opdatere farven mange gange i sekundet, og det har den virkning, at receptorerne "tappes" for den pågældende farve. Grunden til, at man så kan se komplementærfarven er, at strotoskoplampen blinker hvidt samtidig med skiven, som svarer til, at vi kigger på et hvidt papir, hvor komplementærfarven træder frem.

Man kan altså få komplementære farveeffekter frem ved hjælp af skiver og farvet lys. Jeg forsøgte nu at få farveeffekter frem i hvidt lys. Tilsyneladende skulle der være en sammenhæng mellem frekvensen af det blinkende lys, og skivens omdrejningsfrekvens. Efter lidt forsøg med forskellige skiver og lyskilder, opdagede jeg til sidst til min store overraskelse, at når en halvmåneskive roteres ved 100 Hz i hvidt lys fra et almindeligt kviksløvbaseret lysstofrør, så ses et flot farvespil på skiven i gule, grønne, blå og violette farver, som er forsøgt gengivet på Kvants bagside i en lidt farvestærk udgave. Det kommer til syne omkring 90 Hz, som en grønlig farvefront, der rundt på skiven modsat skivens omløbsretning. Fronten minder om den, der fej-

er rundt på en radarskive. Ved 100 Hz stopper fronten og breder sig ud over hele skiven og står stille som vist. Farverne begynder så at dreje rundt med skivens omløbsretning over 100 Hz og forsvinder igen omkring 110 Hz.

Grunden til, at farvespillet står stille ved 100 Hz skyldes sandsynligvis, at lysstofrøret blinker eller oscillerer ved samme frekvens. Når jeg tændte for lysstofrøret, så blinkede det ved andre frekvenser end 100 Hz i opstarten. Jeg lod derfor halvmåneskiven rotere ved frekvenserne 10 Hz, 20 Hz, 30 Hz og så videre op til 90 Hz, og undersøgte, hvad der skete, når man tændte lysstofrøret. Ved alle frekvenser så man i et kort øjeblik farverne i farvespillet.

Ved hjælp af en rød helium-neon laser lavede jeg og et par andre et forsøg, hvor vi fik det røde laserlys til at blinke ved vilkårlige frekvenser, mens det oplyste en roterende skive med rødt lys. Ligeledes hvilken en frekvens vi gav laseren, så kunne vi se den karakteristiske radarskiveeffekt på skiven lige før og efter, at skiven roterede ved samme frekvens. Farvespillet på skiven var dog ikke særligt farverigt. Det var mørke nuancer af rød, men til tider mente observatører at kunne se blå eller cyan nuancer i farvespillet, som ville svare fint overens til komplementærfarven til rød, men effekten var ikke overbevisende.

En ting var dog klart. Øjet har den egenskab, at det opfatter stillestående farvenuancer på den roterende halvmåneskive præcis, når skiven roterer ved samme frekvens, som belysningen oscillerer ved.

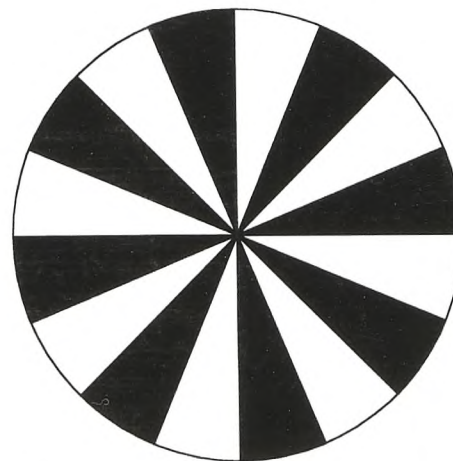
Musikalske møllehjul

Ud over farvespillet ved 100 Hz fandt jeg også undertoner, og en enkelt overtone. Ved overtonen, der lå en oktav højere ved 200 Hz, så man det samme farvespil som ved 100 Hz bare svagere, men ved undertonerne, der lå ved hele dele af 100 Hz, det vil sige ved 50 Hz, 33,3 Hz, 25 Hz og så videre, ændrede farvespillet form til møllehjul, hvor vingerne hovedsageligt var grønne med nuancer af gul og blå, mens der var hvidt og svage violette nuancer mellem vingerne. Den simple sammenhæng mellem frekvens og undertoner var: Frekvens $\times n = 100$, hvor n er et heltal.

Men for at se disse møllehjul er man nødt til at bruge andre skiver end halvmåneskiven. Ved at bruge en helt sort skive med et 45° hvidt udsnit, kan man stort set se alle over- og undertoner.

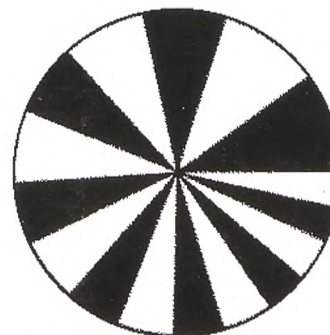
For at få de enkelte undertoner tydeligere frem kan man benytte et møllehjul i sort og hvidt, som giver stærke farveindtryk ved en bestemt frekvens.

Jeg fandt en simpel sammenhæng mellem antallet af sorte vinger på møllehjulet og frekvensen, der giver stærke farver: Frekvens $\times$ Antal sorte vinger = 100. Tilsvarende kan man lave en sammenhæng mellem en vinges centervinkel på møllehjulet og frekvensen: Centervinkel = $1,8 \times$ Frekvens, hvor frekvensen højst er 100 Hz.



Figur 10. På møllehjulet med otte sorte vinger ses farvede vinger ved 12,5 Hz.

For at få flere møllehjul frem på den samme skive konstruerede jeg et møllehjul, der giver møllehjul ved en hel del lave frekvenser. Farveindtrykkene er dog en anelse svagere end ved møllehjul med faste centervinkler.



Figur 11. På dette møllehjul ses farvede vinger ved frekvenser svarende til 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12 og 14 vinger.

Men det flotteste farvespil ses stadig ved 100 Hz, hvor det fylder hele skiven. Det bedste farvespil opnås ved at betragte den roterende halvmåneskive eller den sorte skive med et 45° hvidt udsnit i lyset fra et kviksløvbaseret lysstofrør i en afstand af 20–40 centimeter fra den roterende skive i et mørklagt lokale.

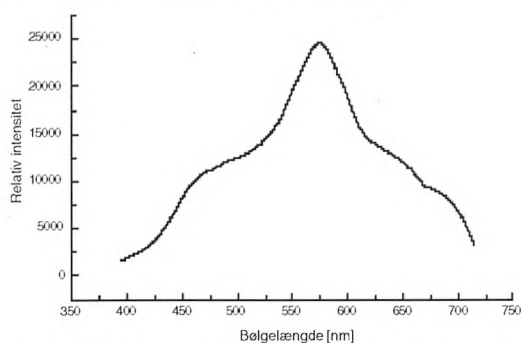
Hvis man benytter sidstnævnte skive kan man også se møllehjulseffekter ved andre frekvenser end de nævnte, men de er ikke særlig farvestærke. Ved 66 Hz ses for eksempel et lyserødt møllehjul med grønne nuancer med tre vinger, og ved 45 Hz ses et sortblå og sortrødt møllehjul med 7 vinger.

Komplementært, kære Watson

Spørgsmålet er nu, hvorfor man netop ser de farver på halvmåneskiven, som man gør. Når man roterer halvmåneskiven i hvidt oscillerende halogenlys, så kommer der ikke noget farvespil frem, men kun en mørk nuance, der minder om radareffekten.

Forskellen mellem lysstofrøret og halogenlyset, som begge giver hvidt lys, ligger i deres spektralsammen-

sætning. Halogenlyset er båndbredt over hele det synlige spektrum fra 400 nm til 700 nm, mens lyset fra lysstofrøret består af enkelte linier, som tilsammen giver et hvidt lysindtryk. To lyskilder, som giver samme farveindtryk, men som har forskellige spektralsammensætninger, kaldes et metamerisk par.

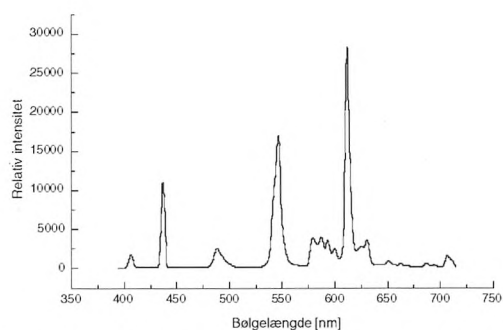


Figur 12. Spektralsammensætning for halogenlys.

I lysstofrørets spektrum finder vi de fire stærkeste linier ved 406 nm, 436 nm, 546 nm og 612 nm. De svarer til kviksølvets fire stærkeste synlige spektrallinier. Derudover ses en række andre små linier i bunden af spektret, som enten kommer fra kviksølvet eller fluorcerende materiale på selve lysstofrøret. De fire stærke linier har farverne violet, violet-blå, grøn og orange. Komplementærfarverne til disse er nuancer af grøn, grøn-gul, violet og blå.

Det er nu fristende at sige, at farverne på halvmåneskiven er komplementærfarverne til de farver, som lysstofrørets lys er sammensat af, og dermed, at øjet under visse betingelser i en vis forstand kan spektralopløse hvidt lys.

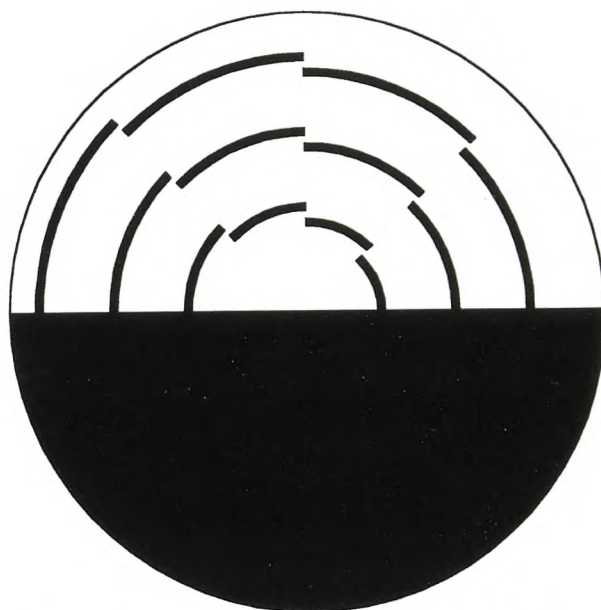
Jeg gentog forsøget i gult lys fra et andet kviksølvbaseret lysstofrør med det resultat, at omtrent halvdelen af skiven blev rød ved 100 Hz, mens resten af skiven blev mørk med svage blålige nuancer. De mest markante linier i det gule lys lå ved 547 nm og 578 nm, derudover var der en båndbred pukel fra 550 nm til 630 nm. Komplementærfarverne til de to linier er violet og cyan-blålig.



Figur 13. Spektralsammensætning af hvidt lys fra et kviksølvbaseret lysstofrør.

Umiddelbart kan skivens blålige nuancer forklares, men det er ikke helt klart, hvorfor skiven bliver rød, hvis den skulle antage komplementærfarver. Men sam-

tidig må man også overveje, hvilken betydning det har, at man ser på skiven i gult lys. Man må forestille sig, hvad der sker, når receptorer, der er i gang med at opfatte gult, samtidig måske oplever en "udmatning" af grøn fra 547 nm linien, og gul fra 578 nm linien. Det er ikke helt enkelt. Det er heller ikke helt let at sige, hvilken rolle puklen i spektrummet spiller, men det kan ikke udelukkes at en række faktorer spiller ind, så den violette farve måske opleves rødlig.



Figur 14. Dette er en Benhamvariant, der giver farver i almindeligt lys, som beskrevet i teksten. Hvis du kan lave din egen snurretop, kan du fotokopiere skiven her eller klippe den ud af Kvant og selv undersøge farverne.

En anden mulighed er, at farvespillet på halvmåneskiven slet ikke skyldes komplementære farver, og måske skal de fire farver i farvespillet tolkes som indbyrdes komplementære, og ikke som uafhængige af hinanden.

Men farverne er i hvert fald knyttet til sammensætningen af det lys, som belyser skiven. Modsat Fechners fysiologiske farver, der både fremkommer i halogenlyset og i belysningen fra lysstofrøret. Men det er stadig uklart, hvorfor farvefordelingen på skiven netop ser ud, som det gør, når farvespillet står stille.

Man kan sluttelig spekulere lidt over, hvad det er, der adskiller de to typer fysiologiske farver fra hinanden. Vi ved, at farveindtrykkene fra en Benhamskive forsvinder før fusionsfrekvensen, mens de komplementære farver kan ses op til 200 Hz og muligvis højere. Det er endvidere sandsynligt, at det er forskelle i intensiteter, som giver anledning til de akromatiske farveindtryk, og dermed er det måske ikke kun øjets tre farvefølsomme receptorer, kaldet tappe, som påvirkes, men også øjets lysfølsomme receptorer, kaldet stavene, som vi bruger til vores næsten farveløse nattesyn. I modsætning til tappene er der kun en type stave, men

til gengæld er der omkring 130 millioner stave i forhold til kun 7 millioner tappe i et normalt øje.

Det virker nogenlunde klart, at de komplementære farveindtryk skyldes "udmatning" af tappene i øjet, og umiddelbart er relateret til stavene. Men noget kunne tyde på, at den akromatiske farveopfattelse skyldes en vekselvirkning mellem stavene og tappene på et højere niveau i øjet, hvor der udveksles information på mellem øjets receptorer, førend informationen sendes videre til hjernen. At stavene spiller en rolle i opfattelsen af de akromatiske farver, ses muligvis, når man betragter farverne på en Benhamskive i udkanten af sit synsfelt, hvor koncentrationen af stave er størst, fordi her bliver farverne til tider lettere at identificere.

Måske kan neurologien i fremtiden kaste lys over forståelsen af de akromatiske farveindtryk, hvis den kan fortælle, hvordan og i hvilken form øjets receptorer sender deres information videre til hjernen.

Referencer:

- [1] H. Piéron (1952), "The Sensations: Their Functions, Processes and Mechanisms", oversat af M.H. Pirenne og B.C. Abbott, Yale University Press, New Haven, side 157.
- [2] C. von Campenhausen (1968), "Über die Farben der Benhamschen Schreibe", Zeitschrift für vergleichende Physiologie, bind 60, side 355.

- [3] L. Festinger, M.R. Allyn og C.W. White (1970), "The perception of color with achromatic stimulation", Vision Res., bind 11 side 608.

Nogle generelle referencer, der kan anbefales er:

J. Cohen og D.A. Gordon (1949), "Prevost-Fechner-Benham subjective colors", Psychological Bulletin, bind 46, nr. 2, marts 1949.

D. Falk, D. Brill og D. Stork (1986), "Seeing the light", John Wiley & Sons.

G. T. Fechner (1838), "Über eine Scheibe zur Erzeugung subjectiver Farben", Annalen Der Physik, bind 45, nr. 121, side 1838.



Martin Sundstrøm skriver speciale i fysik på RISØ om en lasermetode til at detektere diabetesrelaterede ændringer i øjets egenfluorescens.

Historien bag Netværk for Kvinder i Fysik

Trine Møgelberg, Dansk Institut for Fundamental Metrologi

Netværk for Kvinder i Fysik er netop fyldt 6 år. Netværket har vokset sig fra at være en løst ide udtænkt på H.C. Ørsted Instituttet en dag i juleferien 1991 til at være et netværk, der holder årsmøder, udgiver nyhedsbreve, inviterer foredragsholdere og har en repræsentant i DFSs bestyrelse.

Ideen bag dannelsen af det danske netværk var inspireret af Norges Netværk for Kvinder i Fysik, der blev stiftet i 1988. I Norge er kvinder også stærkt underrepræsenterede indenfor fysik, og da Norge er et stort land kan der let være langt imellem dem. I 1991 fik min daværende vejleder en henvendelse fra et medlem af det norske netværks bestyrelse. De var interesseret i at få kontakt med ligesindede i Danmark. Han formidlede kontakten videre til Mette Vedelsby, der var gymnasielærer, men netop havde færdiggjort en undersøgelse for undervisningsministeriet om piger på naturvidenskabsstudierne.

Jeg var på daværende tidspunkt næsten færdig som kandidat. I 1991-92 var jeg på et studieophold ved University of Minnesota i USA. Ved University of Minnesota gjorde man en aktiv indsats for at rekruttere kvinder til fysikstudiet og for at holde på dem, når de var begyndt at læse. Universitetet havde ansat en dekan til at varetage de kvindelige studerendes interesser, der var et kursus om Women in Science, og månedlige gratis frokoster for de kvindelige studerende på fysik. Alt dette var nyt for mig. Samtidig mødte jeg for første gang åbenlys diskrimination mod kvindelige studerende og havde blandt andet selv problemer i min egen gruppe. Jeg havde mandlige kolleger, der klædte sig af ved mit skrivebord og som havde meget svært ved at tage mig alvorligt som kollega. Møderne med de andre kvinder på fysik hjalp mig til at se min situation i et større perspektiv og til at løse problemerne. Selvom mine oplevelser i USA var ret grelle og ikke

umiddelbart kunne overføres til danske forhold, fik de mig til at indse, at jeg også i Danmark savnede kontakt med andre kvindelige studerende og ikke mindst 'voksne' kvindelige fysikere. Jeg opdagede den store betydning af rollemodeller, der i denne sammenhæng er ældre kvindelige forskere som man kan identificere sig med.

Da jeg var hjemme på juleferie i 1991, mødte jeg Mette Vedelsby, og vi talte blandt andet om hvad man kunne gøre for de kvindelige fysikere i Danmark. Vi talte om at starte et netværk ligesom det i Norge, hvor vi kvindelige fysikere kunne få kontakt med hinanden. Vi besluttede os til at undersøge, om der var interesse for at lave et netværk i Danmark. I december 1992 holdt vi et aftenmøde på H.C. Ørsted Institutet. Vi havde inviteret to repræsentanter fra det norske netværk til at fortælle om deres arbejde. Vi aftalte at starte et netværk i Danmark. Netværket, der skulle ligne det norske, skulle have en central database med oplysninger om medlemmernes arbejdsområder, udgive et nyhedsbrev og afholde mindst et årligt møde og gerne flere møder. Medlemskab skulle stå åbent for kvinder, der som minimum var påbegyndt andendelsstudiet på fysik eller lignende f.eks. ingeniører, der beskæftiger sig med fysik. Vi nedsatte en arbejdsgruppe på cirka 6 personer til at tage sig af det praktiske. I det følgende forår holdt vi mindre møder i Odense og Århus, vi fik oprettet medlemsdatabasen og nåede op på 88 medlemmer. Samme efterår blev vi optaget som en sektion i Dansk Fysisk Selskab, og vi fik ret til en repræsentant i bestyrelsen. Optagelsen som en sektion i DFS betød at vi var nødt til at danne en bestyrelse og lave formelle vedtægter. Jeg blev formand i den første bestyrelse og sad indtil 1996, hvor Anja Andersen blev formand.

I juni 1994 holdt vi vores første årsmøde, og vi har hvert år lige siden holdt et årsmøde i forbindelse med

DFS mødet. Vores årsmøder består dels af faglige foredrag og dels af diskussioner om at være kvinder indenfor et mandsdomineret fag. I dag kan mænd optages som støttemedlemmer og dermed få vores nyhedsbrev ligesom de kan deltage i årsmødet på nær generalforsamlingen. Jeg synes stadig, at det er en stor oplevelse hvert år til årsmødet at sidde i et lokale med 30 kvindelige fysikere. Da vi startede netværket, var det i 1972 at en kvinde i Danmark sidst havde fået en fast universitetsstilling indenfor fysik. Det er det heldigvis ikke mere. Faktisk pralede vi af at 2 af foredragsholderne ved vores første årsmøde efterfølgende fik faste stillinger. Det er meningen, at medlemmerne skal kunne bruge netværket aktivt. Jeg har selv brugt netværket til at finde foredragsholdere. Jeg er også selv blevet kontaktet af folk, der ville have mig til at holde et foredrag eller give et interview og som havde fået mit navn gennem netværket. Senest skrev vi til Jytte Hilden og gav vores bud på en fornuftig måde at løse problemet med at få flere kvinder til at forske. Vi kunne sagtens bruge netværket til mere end vi gør i dag og nye ideer og initiativer er altid velkomne.



Trine Møgelberg er post.doc ved Dansk Institut for Fundamental Metrologi og tidligere formand for Netværk for Kvinder i Fysik.

Tomboy eller Barbiegirl

Christine Antorini, MF (SF)

Natur og teknik uddannelserne var i efteråret igang med en charmeoffensiv for fagområdet på en storstilet Naturvidenskabelig Festival. Initiativet er tiltrængt, alene på grund af den sørgelige kendsgerning, at søgningen de sidste 8 år er faldet fra 5000 unge til kun 3500 unge. Andelen af piger er forsvindende lille samtidig med, at der er mangel på arbejdskraft.

Naturvidenskabs-festivalen havde allieret sig med Ugebrevet Mandag Morgens strategiske forum for at give et svar på dette. En af konklusionerne er, at

vi bevæger os over mod et værdidrevet samfund som afløser for det materialistiske industrisamfund. I det værdidrevne samfund er livskvalitet i højsædet. Derfor falder natur-teknik områdernes status, fordi disse fagområder udgør fundamentet for det materialistiske samfund, mens humanismen er det grundlæggende udgangspunkt for det værdidrevne samfund, mener Mandag Morgen.

Jeg er enig i, at værdier betyder meget idag. Det er bl.a. derfor vi ser fænomener som den politiske for-

brugere, grønne regnskaber og etiske virksomheder. Men det værdibaserede samfund er for mig at se også chancen for, at natur-teknik områderne bliver interessante for unge igen. Fremtidens ingeniør er jo netop ikke "blot" en teknik-nørd med ternet skjorte og kuglepen og polsøger i lommen. Det er hende, der arbejder med brugervenlig teknologi. Det er for de kreative, der ønsker at forme og forandre den verden, de lever i. Det er for dem, der udvikler miljørigtige og renere teknologier og dem, der vil udvikle avanceret teknik til gavn for mennesker.

Ved at indarbejde værdivejen i natur og teknik, kan det måske lykkes at tiltrække flere piger til disse områder, og det vil give et markant løft i antallet af uddannede.

Virksomheden Lego har valgt en utraditionel måde at tale til den fantasifulde opfinder, der også findes i piger. Alle danske piger og drenge har leget med Lego som helt små, men på et tidspunkt søger pigerne over til et dukkeunivers. Derfor er virksomheden ved at udvikle det begavede svar på Barbie, nemlig et dukkeunivers, der mere signalerer Tomboy, forankret i eventyr og virkelyst, fremfor lyserødt tyl og passiv rollemodel. Legos grundidé med at bruge sin fantasi til at bygge og skabe bliver fastholdt blot i en pigeverden, hvor man bl.a. konstruerer et hjem, så pigerne ikke vælger det traditionelle lego fra men fortsætter med at skabe.

Værdier skal tænkes ind i naturvidenskaberne – også pigeværdier. Unge vælger i stadig højere grad uddannelse efter, hvad de selv har lyst til. Ikke så meget efter beskæftigelsesmuligheder og høj løn, men ud fra at kunne designe deres eget liv. Derfor skal man ikke gøre natur-teknik interessant for unge alene ved at sænke karaktergennemsnittet, som skiftende undervisningsministre har gjort. Man er nødt til at ændre holdningen til natur-teknik i barndommen og gennem hele uddannelsessystemet.

Jeg medgiver, at man er oppe imod hårde odds. Teenagere vil være læge, advokat, psykolog og journalist. Jobs, der bliver effektivt markedsført i de utallige serier og film, vi ser især fra USA. Hvornår har der været en helt eller heltinde, der var tekniker, i en TV-serie?

Men børnene får heller ikke særlig meget modspil til erhvervsvalg i skolen. Lærerne og skolevejlederne på folkeskolerne er typisk selv uddannet inden for en humanistisk tradition og lærer disse værdier videre til eleverne i valg af emner og projekter. Ikke af ond vilje over for natur-teknik, men fordi de ikke kender til området. Det gælder også i studievalg, hvor jeg kan konstatere, at alt for få unge bliver vejledt i, at der findes studiekompetencegivende ungdomsuddannelser inden for handel og teknik gennem f.eks. HHX og HTX. Disse ungdomsuddannelser er præcis lige så gode som en gymnasieuddannelse, men er mere rettet mod erhvervslivet. Derfor kender lærerne dem ikke – eller hvad værre er – rådgiver ikke om dem, fordi de

grundlæggende set mener, at gymnasieuddannelsen er bedst for de unge, fordi den efter deres opfattelse er mere almindelig og giver flere studiemuligheder efterfølgende.

Heldigvis er der nu kommet et nyt fag i folkeskolen, der hedder natur og teknik, hvor idéen blandt andet er at lade elever helt ned fra de små klasser udforske og lade sig fascinere af at kunne eksperimentere, forsøge og skabe. Men skal eleverne få den gode oplevelse, er lærernes engagement og indsigt helt afgørende. Kun med nød og næppe kom det med i den nye reform af læreruddannelserne, at man skulle kunne tage linjefag i natur og teknik. Og selvom der kom en målsætning med om, at IT skulle integreres i alle fag i læreruddannelsen, kritiseres reformen allerede nu for ikke at være vidtgående nok, så lærerne vil blive overhalet af eleverne på IT-kundskab, når de er færdiguddannede.

Det nytter heller ikke at introducere unge, der har valgt at gå den sproglige vej i gymnasiet til en række formler – som de aldrig finder ud af hvad skal bruges til, fordi de ikke vælger naturvidenskab efterfølgende på en videregående uddannelse. Hvis vi skal have en ambition om at gøre natur-teknik attraktivt for mange flere, så skal man kunne se, hvad disciplinerne kan bruges til. Det hjælper også gevaldigt på lysten til at udforske, hvis fysiklokalerne er moderne og med nok faciliteter til alle, så man selv kan lave forsøg – og ikke bare kigge på. Ligesom det er sjovt med gæstelærere og at komme i praktik i virksomheder, hvor man kan se, at der er spændende jobs. Dansk Industri og nogle gymnasier har haft gode erfaringer med et samarbejde, hvor de unge kan lave deres store projektopgave ude på en virksomhed.

I det hele taget er tiden måske ved at løbe fra den århundrede gamle opdeling på uddannelsesstederne i 3 hovedretninger: natur, samfund og humaniora. Ekspertiserne skal kunne mikses på kryds og tværs. For i det nye værdibaserede samfund er der brug for mange forskellige kvalifikationer med en teknisk vinkel. Det kræver en langsigtet indsats på indhold, markedsføring og selvfølgelig også ressourcer i stedet for meningsløse besparelser, som regeringen har gennemført på de videregående uddannelser med massefyringer til følge på naturvidenskaber – men så kan man også give unge lyst til at vælge det.



Christine Antorini er forsknings- og erhvervs-politisk ordfører for SF

Sagt om matematik

*Samlet og oversat af Mogens Esrom Larsen,
lektor ved Matematisk Institut, Københavns Universitet,
og medlem af Kvants redaktion.*

Matematikerne er en slags franskmænd: taler man til dem, så oversætter de det til deres sprog, og derved bliver det straks noget helt andet.

Johann Wolfgang von Goethe (1826).

*Werke, Herausgegeben im Auftrage der Großherzogin
Sophie von Sachsen, II Abteilung, 11. Band, Seite 102.*

Matematik er videnskaben om størrelses forbindelse. En størrelse er hvad som helst, der kan være identisk med eller forskellig fra noget andet. To ting regnes for ens, når den ene kan erstattes med den anden i enhver sammenhæng.

Hermann Graßmann. (1904).

*Stücke aus dem Lehrbuche der Arithmetik, Werke,
(Leipzig, 1904), Bd. 2, p. 298.*

Ren matematik handler ikke om størrelser. Det er snarere en beskrivelse af de forholdsvis ordnede tankeoperationer, som er blevet mekaniseret.

Novalis (1901).

Schriften (Berlin, 1901), Zweiter Teil, p. 282.

Matematik er – strengt taget – den abstrakte videnskab, der deduktivt undersøger, hvad de elementære begreber om rumlige og numeriske relationer medfører.

J. A. H. Murray

A New English Dictionary.

Alt hvad de største ånder fra alle tider har bidraget til en forståelsen af former ved hjælp af begreber er samlet i én stor videnskab, *matematik*.

J. F. Herbart (1890).

*Pestalozzi's Idee eines A B C der Anschauung, Werke,
[Kehrbach], (Langensalza, 1890), Bd. 1, p. 163.*

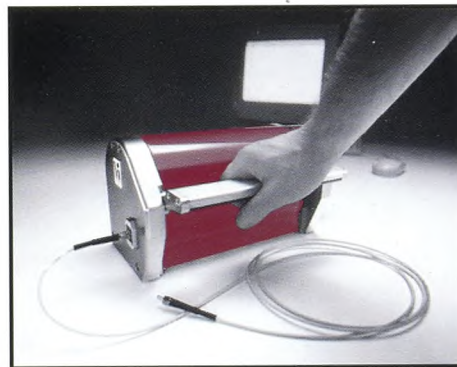
Tro ikke, at matematik er svært og indviklet og i strid med sund fornuft. Det er snarere kvintessensen af den sunde fornuft.

W. Thomson (Lord Kelvin) (1910).

S. P. Thompson: Life of Lord Kelvin (London, 1910), p. 1189.

Jeg kender heller ikke noget studium, som kan konkurrere med matematik i almindelighed, i at gøre genstandene egnede til alvorlig gennemtænkning. Metafysiske problemer kan vel være vanskeligere, men de er langt mindre veldefinerede, og, da de sjældent fører til præcise slutninger, savner vi styrken ved at kunne kontrollere tankegangen, og ved at kunne finde ud af, om

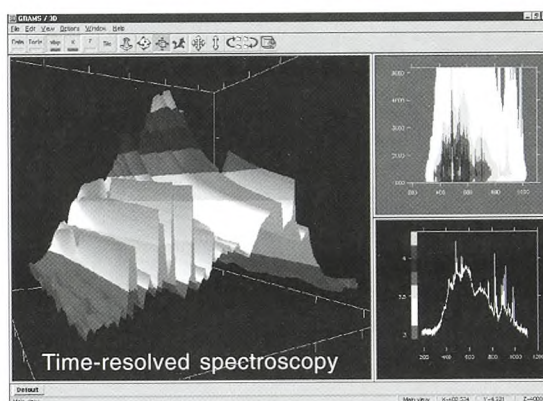
The Mechelle™ spectrograph - a scanless beauty!



Our spectrograph system, with optional fibre optic input, combined with the latest CCD/ICCD technology, offers a number of unmatched features.

- Simultaneous spectral recording from 200 to 1100 nm. No scanning or moving parts!
- Multichannel time-resolved recordings from 3 ns!
- No overlapping wavelengths and true spectral continuity
- High constant spectral resolution (CSR™) - 0.04 nm at 300 nm
- Compact, rugged and portable
- Compatible with GRAMS/32™ and other laboratory software

For more information about the Mechelle™, please contact us or visit our Homepage



Tel: +46 8 605 70 90

Fax: +46 8 605 71 01

Homepage: www.multichannel.se

E-mail: mechelle@multichannel.se

vi tænker og ræsonnerer eller snarere drømmer og fantaserer.

Isaac Todhunter (1873).

Conflict of Studies and other Essays (London, 1873), pp. 6,7.

Matematiks ideal skulle være at opstille en forskrift til lettelse af ræsonnement i forbindelse med ethvert område for tænkningen, eller for erfaringen, hvori tankers eller begivenheders følge kan bestemmes nøjagtigt og formuleres præcist. Det vil sige, at al alvorlig tænkning, der ikke er filosofi eller induktiv slutning eller fiktion, bør være matematik udviklet ved hjælp af en kalkyle.

A. N. Whitehead (1898).

Universal Algebra (Cambridge, 1898), Preface.

Det er en helt igennem fejlagtig påstand, gentaget af alle afskrivere og fremtrædende personer, når de holder taler, at vi skulle dyrke den vane at tænke over, hvad vi gør. Det nøjagtigt modsatte er sagen. Civilisationen går fremad ved at udvide omfanget af de vigtige operationer, som vi kan udføre uden at tænke over det. Tankeoperationer er som kavaleriangreb i et slag – de er stærkt begrænsede i antal, de kræver friske heste og må kun anvendes i det rigtige øjeblik.

A. N. Whitehead (1911).

An Introduction to Mathematics, (London and New York, 1911).

Matematik er den videnskab, der drager nødvendige slutninger.

Benjamin Peirce (1881).

Linear Associative Algebra, *American Journal of Mathematics*, Vol. 4 (1881), p. 97.

Matematik er i sin videste bestemmelse udviklingen af alle slags formel nødvendig deduktiv tænkning.

A. N. Whitehead (1898).

Universal Algebra (Cambridge, 1898), Preface, p. vi.

Matematik i almindelighed er grundlæggende videnskaben om selvindlysende sager.

Felix Klein (1902).

Anwendung der Differential- und Integralrechnung auf Geometrie (Leipzig, 1902), p. 26.

Ren matematik består udelukkende af sådanne sætninger som, at hvis sådan og sådan en påstand er sand om noget som helst, så er sådan og sådan en anden påstand også sand om den samme sag. Det er væsentligt ikke at drøfte, hvorvidt den første påstand er sand i virkeligheden og ikke at nævne hvad det noget, som påstanden gælder for, er... Hvis vor forudsætning formuleres for hvad som helst og ikke for denne eller hin specielle sag, så udgør vore slutninger matematik. Derfor kan matematik defineres som det emne, hvor vi aldrig ved, hvad vi taler om, eller om det vi siger, er sandt.

Bertrand Russel (1901).

Recent Work on the Principles of Mathematics, *International Monthly*, Vol. 4, (1901), p. 84.

Matematikens væsen ligger i dens frihed.

George Cantor.

Mathematische Annalen, Bd. 21, p. 564.

Matematikere tager sig ret til at vælge inden for grænserne af logisk modstrid hvilken vej, der behager dem, for at nå deres mål.

Henry Adams (1910).

A Letter to American Teachers of History (Washington, 1910), Introduction, p. v.

I de fleste videnskaber bryder den ene generation ned, hvad den forrige byggede op, og hvad én har opstillet bliver forkastet af en anden. I matematik og kun der bygger hver generation endnu en etage på den gamle bygning.

Hermann Hankel (1884).

Die Entwicklung der Mathematik in den letzten Jahrhundert (Tübingen, 1884), p. 25.

Den drivende kraft i matematiske opdagelser er ikke ræsonnementer, men fantasiforestillinger.

Auguste de Morgan (1889).

Quoted in *Grave's Life of Sir W. R. Hamilton*, Vol. 3 (1889), p. 219.

Der er en overvældende forestillingsevne i matematikkens videnskab . . . Vi gentager, der var langt flere fantasiforestillinger i Archimedes' hoved end i Homers.

Voltaire (1781).

A Philosophical Dictionary (Boston, 1881), Vol. 3, p. 40. Article "Imagination."

Som naturvidenskabernes væsen er at dyrke smagen for iagttagelse, er det matematiks væsen, omtrent fra begyndelsen, at stimulere forestillingsevnen.

J. J. Sylvester (1908).

A Plea for the Mathematician, *Nature*, Vol. 1, p. 261; *Collected Mathematical Papers*, Vol. 2 (Cambridge, 1908), p. 717.

Vor videnskab er i modsætning til andre ikke grundlagt i en enkelt periode af menneskeheds historie, men har ledsaget kulturens udvikling gennem alle dens stadier. Matematik er lige så meget sammenvævet med græsk kultur som med moderne ingeniørvidenskab. Den låner ikke alene en hånd til de naturvidenskabelige fremskridt, men også til logikeres og filosofers abstrakte undersøgelser.

Felix Klein (1900).

Klein und Ricke: Über angewandte Mathematik und Physik (1900), p. 228.

Den egentlige karakter af matematisk forskning og videns hviler i det væsentlige på tre egenskaber: for det

første på sin konservative holdning til gamle matematiske sandheder og opdagelser, for det andet på sin fremadrettede udviklingsmåde, der skyldes den uophørlige tilføjelse af ny viden til den gamle, og for det tredje på sin selvtilstrækkelighed og sin gennemførte fuldstændige uafhængighed.

H. Schubert (1898).

Mathematical Essays and Recreations (Chicago, 1898), p. 35.

Matematisk videnskab er efter min mening et udeleligt hele, en organisme, hvis vitalitet afhænger af delenes sammenhæng. For med al den matematiske videns mangfoldighed er vi stadig klart bevidste om ensartetheden af de logiske tænkemåder, sammenhængen mellem de matematiske ideer som helhed og de utallige analogier mellem de forskellige afdelinger. Vi bemærker også, at jo videre en matematisk teori udvikles, jo mere harmonisk og ensartet skrider dens bygning frem, og uventede forhold opdages mellem hidtil adskilte forgreninger af videnskaben. Så det sker, at med udvidelsen af matematikken går dens organiske karakter ikke tabt, men den fremtræder blot klarere.

David Hilbert.

Mathematical Problems, Bulletin American Mathemat-

ical Society, Vol. 8, p. 478.

"Naa; af det allerede Erfarede synes at fremgaa, at du har noget Begreb om Regning, Skrivning, Religion, Svømning og saa fremdeles. Siig mig endvidere: Kan Du nogen Mathematik?" – "Næ." – "Det gjør intet til Sagen. Men hvad bringer Dig til at smile? Der er aldeles ikke noget forlystende ved Mathematik – tværtimod!"

Fritz Jürgensen

Ak ja, livet er svært – men matematik er sværere.

Storm P

Smagen for logisk analyse minder om smagen for østers, for så vidt som at man skal lære at kunne lide den.

Hans Reichenbach (1964)

Men, ser De, jeg tror ikke, De har oplevet forskellen mellem en mand, der har naturlige anlæg for matematik, og én der ikke har det. Forskellen er absolut – ikke et spørgsmål om kvantitet, men om kvalitet.

William Golding (1960)

Ild, side 174.

Bliv medlem af DFS / SNU og få Kvant

Kvant udkommer ialt fire gange om året og et årsabonnement koster 135 kr. Medlemmer af Dansk Fysiks Selskab (DFS) og Selskabet for Naturlærers Udbredelse (SNU) modtager Kvant som medlemsblad. Hvis du er under uddannelse, kan du blive ungdomsmedlem af DFS eller SNU vil da modtage bladet som medlemsblad, dækket af årskontingentet på kun 75 kr. Det ordinære kontingentet til DFS udgør 325 kr. pr. år (dog 75 kr. for pensionister). Det ordinære kontingent til SNU udgør 150 kr. pr. år. Du kan også tegne abonnement på Kvant eller melde dig ind i DFS via DFS's hjemmeside (www.nbi.dk/dfs).

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

Jeg er ☐ under uddannelse ☐ pensionist

Jeg ønsker

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

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

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

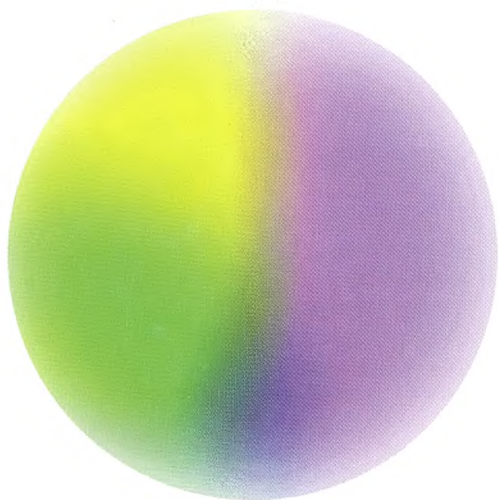
Jeg bestiller _____ stk. af Kvant nr. _____, _____, _____, 199____
(10 kr./stk incl. porto).



POST

Sendes ufrankeret
Modtageren
betaler portoen

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



Øjets fysiologiske farver

Figuren her viser det farvespil, der optræder, når man ser på en sort/hvid halvmåneskive, der roterer ved 100 Hz i belysningen fra et kviksølbaseret lysstofrør. Centervinklerne for farverne er cirka 175° violet, 90° grøn, 30° gulgrøn, 45° gul og 20° blå.

Du kan læse mere om dette spændende emne i Martin Sundstrøms artikel på side 20. Inde i bladet kan du også finde ud af, om dommedagen er nær, læse om biofysik, om generalforsamlingen i SNU og årsmødet i DFS. Kvants midtersider er samtidig en plakat for DFS's årsmøde. Du kan også læse historien bag Netværk for Kvinder i Fysik samt et bud på, hvordan vi øger tilgangen til de naturvidenskabelige uddannelser. Endelig har Kvant samlet en række nyttige citater om matematik.

Vanskelighederne med at få Ørsted satelliten i luften blev fulgt af hele nationen og gav anledning til mange morsomheder i dagspressen, specielt på avisernes bagsider. Som et seriøst tidsskrift kan Kvant naturligvis ikke deltage i dette, men da vi også har en bagside, citerer vi i stedet lidt fra de e-mails, redaktionen har modtaget tidligere i år fra Tycho Brahe Planetariet.

Interesserede Kvant-læsere kan se mere om detaljerne i Ørsted projektet i Egil Friis-Christensens artikel i nr. 4, 1994, samt læse om Jordens magnetfelt set fra rummet i artiklen af Therese Moretto og Nils Olsen i nr. 2, 1998. Planetariets internetside <http://www.tycho.dk/orsted> bliver også opdateret, når der sker ting af betydning.

Fri, 08 Jan 1999 14:13

INDBYDELSE.

Følg Ørsted på vej.

Vi indbyder til et stort "opsendelses-arrangement", når Danmarks første satellit sendes op fra Vandenberg Air Force Base i Californien: Torsdag d. 14. januar kl. 11.00 - 14.00 i Rumteatret på Tycho Brahe Planetarium & Omnimaxteater.

Forskningsminister Jan Trøjborg, trafikminister Sonja Mikkelsen og erhvervsminister Pia Gjellerup vil tale ved arrangementet, ligesom diverse eksperter og nøglepersoner i Ørsted-projektet vil give satellitten et par ord med på vejen. Der vil også være mulighed for at følge Ørsteds vej ud i rummet fra en storskærm, hvor vi transmitterer direkte fra Vandenberg Air Force Base.

Tue, 12 Jan 1999 14:54

GEN-INDBYDELSE.

Kære deltagere i Ørsted-arrangementet. Igen er opsendelsen af Ørsted udsat. Derfor denne "gen-invitation". Da det er et stort arbejde at flytte rundt på 230 gæster, 30 pressefolk og tre ministre, beder vi jer om at hjælpe med informationsarbejdet ...

Thu, 28 Jan 1999 11:42

Ørsted er i luften.

Det er en stor dag: Endelig er Ørsted blevet sendt op fra Vandenberg Airforce Base i USA.

Indtil videre fungerer alt som planlagt. Danmark er blevet en rumnation.

Mange hilsener. Os fra Planetariet.

Thu, 28 Jan 1999 11:47

*Erratum: Ørsted er ****ikke**** i luften.*

Der kom røg af raketten, men den lettede ikke!!

Vi afventer nærmere!

Thu, 28 Jan 1999 12:16

Update: Ørsteds afbrudte opsendelse.

Tilsyneladende var det der skete med opsendelsen, at den blev abortet efter at hovedmotorene var blevet tændt. Årsagen til den automatiske afbrydelse undersøges i øjeblikket, men skyldes nok at trykket i mindst en af raketens motorer ikke nåede op på den nominelle værdi. Der har også været mumlen om problemer med en ventil.

En lignende afbrydelse for en Delta-raket er ikke foregået siden december 1995.

Vores (for!) tidlige udmelding skyldtes, at telefonforbindelsen til kontrolrummet blev afbrudt umiddelbart efter den store jubel blandt alle teknikerne mv. i kontrolrummet.

Tue, 23 Feb 1999 11:29

Ørsted er oppe!

Det er nu bekræftet (for alvor). Ørsted kom op i dag kl. 11:59:55.

Tue, 23 Feb 1999 11:41

Ørsted opdatering.

Det var en skrivesmølf: 11:29:55 er det rigtige tidspunkt.