Fra Fysikkens Verden

Nr. 1 – 1999
61. årgang

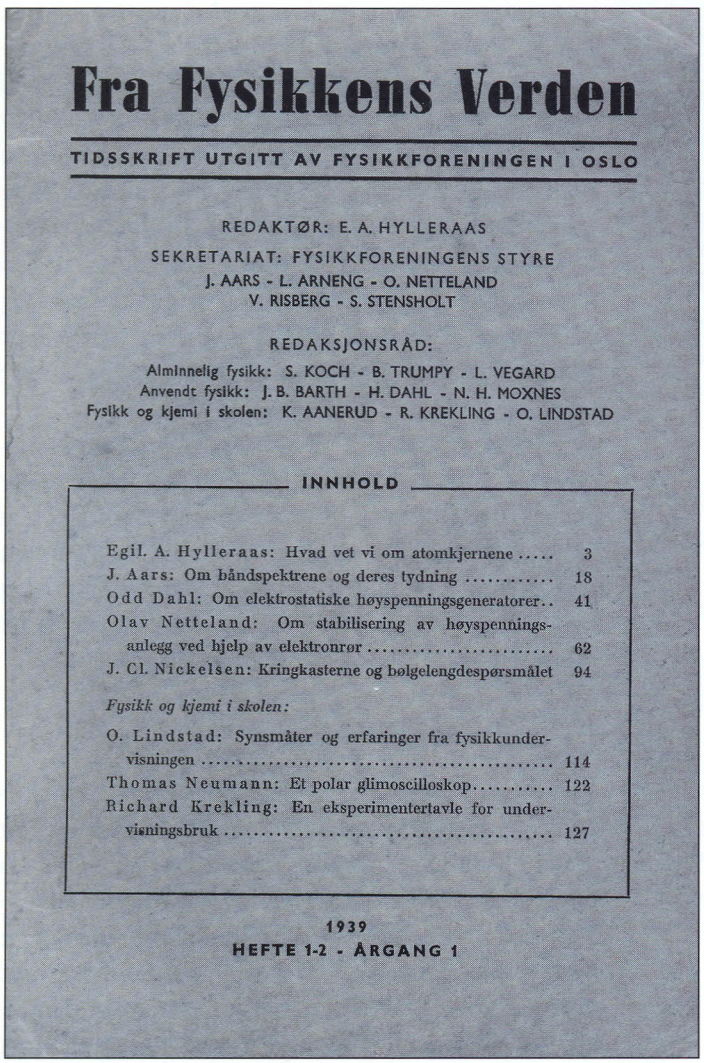
Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øivin Holter
Finn Ingebretsen

Redaksjonssekretær:
Karl Måseide

Innhold

Sverre Holm:
Medisinsk ultralydavbildning . 4
Johan Moan:
Lys i kreftdiagnostikk 11
Arild O. Brunfeldt:
Supertunge grunnstoffer 21
Fra Redaktørene 2
Gjest i FFV 2
Thormod Henriksen
Indeks 1998 17
Bokkronikk 25
Fysikk i skolen 28
Fysikkundervisning i England
Nye Doktorer 29
Dr.ing. Hilde Merete Olerud
Dr.scient. Bjørn Braathen
Dr.scient. Are Osen
Dr.scient. Trygve Sparr
Dr.ing. Frode Strisland
Dr.ing. Sylvi Ystad
Trim i FFV 32
Kommentar 32
Nytt fra NFS 32
Fysikkundervisningen 1997/98
Fysikermøtet 1999
Årsmøte 1999
Nettverksmøte
E-postadresser for medlemmer
Nye medlemmer



Fra Fysikkens Verden

TIDSSKRIFT UTGITT AV FYSIKKFORENINGEN I OSLO

REDAKTØR: E. A. HYLLERAAS

SEKRETARIAT: FYSIKKFORENINGENS STYRE
J. AARS - L. ARNENG - O. NETTELAND
V. RISBERG - S. STENSHOLT

REDAKSJONSRÅD:
Alminnelig fysikk: S. KOCH - B. TRUMPY - L. VEGARD
Anvendt fysikk: J. B. BARTH - H. DAHL - N. H. MOXNES
Fysikk og kjemi i skolen: K. AANERUD - R. KREKLING - O. LINDSTAD

INNHOLD

Egil. A. Hylleraas: Hvad vet vi om atomkjernene 3
J. Aars: Om båndspektrene og deres tydning 18
Odd Dahl: Om elektrostatiske høyspenningsgeneratorer.. 41
Olav Netteland: Om stabilisering av høyspenningsanlegg ved hjelp av elektronrør 62
J. Cl. Nickelsen: Kringkasterne og bølgelengdespørsmålet 94
Fysikk og kjemi i skolen:
O. Lindstad: Synsmåter og erfaringer fra fysikkundervisningen 114
Thomas Neumann: Et polar glimoscilloskop..... 122
Richard Krekling: En eksperimentertavle for undervisningsbruk 127

1939
HEFTE 1-2 - ÅRGANG 1

Fra Fysikkens Verden 60 år

ISSN-0015-9247

Fra Redaktørene

Fra Fysikkens Verden 60 år

Fra Fysikkens Verden kom for første gang ut i 1939. Derved er det 60 år siden en nystartet *Fysikkforening i Oslo* begynte sitt idealistiske arbeid med å spre kunnskap fra fysikkens spennende verden.

Det første hefte 1–2/1939, er interessant lesning (se forsidebildet); det inneholdt 140 sider med tekst, pluss annonser. Tidsskriftets formål var å spre "halvpopulær" informasjon om faget, hvor fysikk i skolen også skulle ha en fremtredende plass.

Artiklene i det første hefte spenner fra grunnleggende fysikk til anvendelser og skolefysikk. De tre områdene var representert i redaksjonsrådet. E. A. Hylleraas skrev om *Hvad vet vi om atomkjernene* og J. Aars *Om båndspektrene og deres tydning.* Videre hadde O. Dahl en artikkel *Om elektrostatiske høyspenningsgenereatorer* (på den tiden kom de første Van de Graaffgeneratorene). O. Netteland skrev *Om stabilisering av høyspenningsanlegg ved hjelp av elektronrør*, og J. Cl. Nickelsen om *Kringkasterne og bølgelengdespørsmålet.* Deretter fulgte tre artikler fra skolefysikken: O. Lindstad skrev om *Synsmåter og erfaringer fra fysikkunervisningen*, T. Neumann om *Et polar glimoscilloskop* og R. Krekling om *En eksperimenttavle for undervisningsbruk.* Eksamensoppgavene i fysikk fra våren 1939 ved Matematisk naturvidenskapelig embedseksamen 1ste avdeling, ved Medisinsk embedseksamen(!), ved Norges Tekniske Høiskole og til Eksamen artium, ble også gjengitt.

Som den gang, kommer FFV fortsatt ut fire ganger i året, og er fremdeles "halvveis populært". Det var åpenbart med stor entusiasme at redaksjonen, med professor E. A. Hylleraas i spissen, tok fatt på dette arbeidet. Sentrale personer i norsk fysikk og teknologi bidro med artikler.

I dag sendes det ut 1620 eksemplarer av FFV, hvorav ca. 400 til ikke-medlemmer.

I 1956 overtok G. Kvifte redaktøransvaret etter E. A. Hylleraas. H. Olsen var deretter redaktør fra 1962 inntil O. Steinsvoll overtok i 1977. K. J. Knutsen og H. Kolbenstvedt var redaktører fra 1981, og den nåværende redaksjonen har vært i aktivitet siden 1987.

∞

Gjest i FFV

Thormod Henriksen ser tilbake

Etter 8 år som president i Norsk Fysisk Selskap kan jeg kanskje tillate meg å gjøre et tilbakeblikk. Hva har jeg gjort i disse årene? Har jeg og styret etterlevet selskapets formålsparagraf som lyder: "Selskapet har til formål å fremme og støtte forskning, opplysning og samarbeid på fysikkens område."

Det har vært en rekke saker som har opptatt oss, og noen av dem vil jeg se litt nærmere på her.

Medlemsmassen

Selskapet har hatt en formidabel vekst de seneste årene. Vi var ca. 750 da jeg begynte som president i 1991, og nå har NFS omkring 1230 medlemmer som det nye styret overtar. En stor del av grunnen til dette, er det arbeid som foregikk i faggruppen for undervisning og som førte til dannelsen av Norsk Fysikklærerforening i 1996. Det er all grunn til å berømme det arbeid som Arne A. Grimnes, Sigrid Skogan, Per Olav Tveita og Anders Isnes utførte i 1994–95. Norsk Fysikklærerforening har nå over 400 medlemmer. Dette er den desidert største faggruppen i NFS og den er på et område der vi trenger det mest. De skal inspirere de unge til å velge faget fysikk og gi ungdommen et naturvitenskapelig grunnlag. Gruppen er eksponenten for den del av vår virksomhet som støtter og fremmer formidling og samarbeid på fysikkens område.

Norsk Fysikklærerforening har arrangert to vellykkede Hafjell-konferanser som har vært meget inspirerende for deltagerne. Disse konferansene er absolutt noe for alle medlemmer i NFS. Fysikklærerforeningen har nå også overtatt arbeidet med norsk deltagelse i Fysikk-OL og har planer om å utvide uttak og treningsleir for de håpefulle.

De andre faggruppene

Vi har en lang rekke andre faggrupper i NFS. Noen av disse fungerer bra med faglige møter og konferanser enten hvert år eller annet hvert år, mens andre faggrupper fører en langt mer anonym tilværelse. Styret i NFS gir små økonomiske bidrag for å hjelpe hovedfagsstudenter til å kunne delta på disse møtene. En betydelig del av de midler vi disponerer går til møter i de faglige gruppene, men noen av

gruppene har gjennom flere år vært svært lite aktive. Vi har arbeidet med dette, og det nye styret må se nærmere på gruppeinndelingen. Kanskje bør en vurdere å slå sammen grupper for å få mer aktive faggrupper.

Fysikkpriser

Priser i fysikk faller kanskje ikke riktig inn under selskapets formålsparagraf. Likevel har dette med fysikkpriser vært en viktig del av mitt arbeid i selskapets styre. Dette at vi har priser til utdeling på de årlige fysikermøtene er med på å sette farve på møtene. En pris er en fjær i hatten både for den som får prisen og til det miljø pristageren kommer fra. Det følger ikke så veldig store penger med våre priser, men de er utvilsomt bevis på at fysikkmiljøet verdsetter den innsats som gjøres.

Vi var så heldige at IBM-Norge ga 7 priser for forskning innenfor kondenserte fasers fysikk. De ble utdelt i perioden 1990 til 1996. Prisvinnerne var: Arne Skjeltorp (1990), Jon Magne Leinaas og Jan Myrheim (1991), Jens Feder og Torstein Jøssang (1992), Harald Bratsberg og Tom Henning Johansen (1993), Koung-An Chao (1994), Asle Sudbø (1995) og Jens Lothe (1996).

Simrad Optronics A/S gir en pris hvert annet år innen fagområdet elektro-optikk. Denne prisen ble først utdelt i 1983 og skal utdeles for 9. gang i år. Prisvinnerne så langt har vært: Tycho Jæger (1983), Lars Svaasand (1985), Morten Eriksrud (1987), Gunnar Wang (1989), Kjell Bløtekjær (1991), Aasmund Sudbø (1993), Hans M. Pedersen (1995) og Dag Roar Hjelme (1997).

Mange av de noe eldre medlemmene vil huske at vi i begynnelsen av 1990-årene strevet med å finansiere en undervisningspris. Vi fikk bidrag på 5000 kr fra Aschehoug, Cappelen, NKI-forlaget og NUFO. Vi var lykkelige for det, men det monnet lite når målet var et fond på 150 000 kr. Vi satset på å utfordre våre medlemmer, og de ble bedt om å betale 100 kr i ekstra kontingent. Dette, sammen med overskudd fra en undervisningskonferanse på Ustaoset, gjorde at vi nådde vårt mål. Vi delte ut den første undervisningsprisen i 1993 til Ingerid Hiis Helstrup. I 1995 fikk Karl Torstein Hetland prisen og i 1997 Øystein Falch. Den 4. prisen skal utdeles i år.

Som en kan se av ovenstående, har de priser som vi har og har hatt, vært knyttet til bestemte fagområder. Mange fysikere innen andre deler av fysikken kunne nok også ønske at det eksisterte en pris for dem. En av de ting jeg har jobbet med som president, var å få en ny fysikkpris. Dette ble svært aktuelt etter at IBM-prisen opphørte. Siste høst lykkes dette arbeidet, og vi har nå fått en ny pris: Norsk Hydros Birkelandspris i fysikk. Prisen vil bli på 25 000 kr og skal deles ut hvert 2. år i 10 år fremover, første gang i år. Det er intet bestemt fagområde som er tilgodesett – her gjelder det bare å gjøre en fremragende innsats i fysikk. Vi tror denne kontakten med Norsk Hydro vil bli til glede for både NFS og Norsk Hydro.

Internasjonalt samarbeid

Fysikk er verdensomspennende, og vi har selvsagt internasjonale sammenslutninger som vi i NFS må forholde oss til. Alle medlemmer i NFS er nå også medlemmer i European Physical Society. Medlemskontingenten er idag 9,1 euro pr. år. Studenter, pensjonister og fysikklærere betaler halv kontingent. Selskapets samlede kontingent er på godt og vel 7000 euro (omkring 60 000 kr). Det er derfor naturlig å spørre om hva hver enkelt får igjen for dette. Vi får Europhysics News, som fortsatt ikke er så bra som vi kunne ønske. Jeg har søkt etter saker og prosjekter innen EPS som rettferdiggjør medlemskapet. Dette er et område der det nye styret sikkert kommer til å gjøre en innsats. Hvis dere kan skaffe finansiering, er det en god idé å være med på de internasjonale konferansene som EPS arrangerer. De holdes hvert 3. år, og den 11. konferansen, EPS-11, holdes i London tidlig i september dette året.

Vår kontakt med EPS er i første rekke gjennom rådsmøtene der presidenten i NFS stiller opp. Vi har også representanter i noen av faggruppene i EPS, og disse burde selvsagt stille opp på møter som arrangeres. Men vi har et kjempeproblem med å finansiere reisene for disse representantene. Tidligere stilte Norges forskningsråd opp, men de siste tre årene har de stilt seg negative til alle henvendelser. Jeg har arbeidet med dette i flere år, men må dessverre overlate problemet til det nye styret. Informasjon om EPS finner du på internett.

IUPAP (International Union of Pure and Applied Physics) er en annen internasjonal fysikkorganisasjon der vi er med. Medlemskontingenten betales av Det Norske Videnskaps-Akademi. NFS er "nasjonalkomité" for IUPAP. Vi har fra tid til annen med folk som sitter i de forskjellige utvalg, gjerne 3–5. Igjen har vi problemer med å skaffe reisepenger til de som deltar i slikt internasjonalt arbeid. En skulle kanskje tro at det er vel så viktig

for Norge å være aktivt med i internasjonalt arbeid innen naturvitenskap som i politikk og handel. Men hverken NFS eller de enkelte fysiske institutter, har midler til slikt arbeid. Jeg må innrømme at jeg ikke har vært flink nok til å etablere en plattform for internasjonalt arbeid. Jeg håper det nye styret lykkes bedre.

Viktig arbeid framover

De fremste saker som NFS arbeider med, er tidskriftet "Fra Fysikkens Verden" som alle får tilsendt; så er det Fysikermøtet og møter i de faglige grupper. Våre møter er til for å ha et faglig samvær, et sted der vi kan legge frem eget arbeid og bli kjent med våre kollegaer og deres arbeid. Desverre er det neppe mer enn omkring 20 % av medlemmene som relativt ofte tar del i disse møtene. Vi er stadig på jakt etter emner og innhold som kan gjøre møtene mer attraktive. Selskapet støtter unge fysikere økonomisk slik at de kan delta og presentere sitt arbeid for oss andre.

Arbeidet framover vil i stor grad være rettet mot økt oppslutning og interesse blant de unge. Vi trenger en stadig strøm av unge mennesker som synes fysikk er interessant. Jeg vet at det nye styret vil satse en god del på økt kommunikasjon med medlemmene.

Vårt kartotek har gjennomgått en radikal forandring de siste årene. Fra å være en skuff med kort for hver enkelt, er det hele nå lagt inn på data. Siden de aller fleste av medlemmene har tilgang til e-mail og internett, vil dette gi store muligheter for adskillig bedre kommunikasjon mellom styret og enkeltmedlemmene. Et slikt system kan lett overføres til faggruppene, noe som også vil innebære en bedret kommunikasjon innen disse gruppene.

De fleste vet sikkert at vi en stund har vært på internett. Det er mitt håp at dette kan benyttes og utvikles videre. Du kan finne fram til EPS, IUPAP og til andre fysiske selskaper, via internett, og du kan gjerne starte din vandring hos NFS.

La meg til slutt få rette en hjertelig takk til alle de som har arbeidet sammen med meg i styret disse årene. Aller størst takk til de to sekretærer: Gerd Jarrett og Tove Svendby. Og så håper jeg at dere alle vil bidra til å gjøre fysikken mer synlig, og til å støtte forskning, opplysning og samarbeid på fysikkens område.

Thormod Henriksen

∞

Medisinsk ultralydavbildning

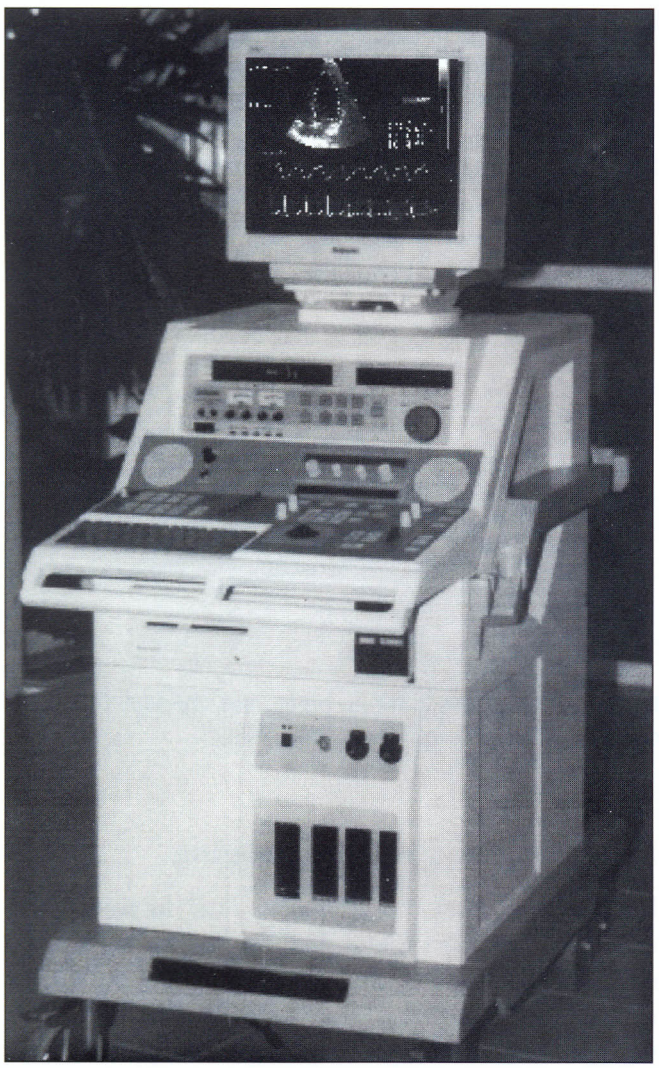
Sverre Holm *

Ultralydavbildning i medisin er en enkel, sikker og rimelig avbildningsmetode som er blitt mye utviklet de siste ti-årene. Også i Norge har vi et stort og aktivt forsknings- og industrielt miljø på dette området. I denne artikkelen blir de viktigste prinsippene for ultralydavbildning gjennomgått sammen med avbildningsmoder og bildeformater.

Ultralydavbildning er en av de mest populære og rimeligste avbildningsmetodene i medisin. Dette skyldes flere forhold. Bildene kan tas uten inngrep, apparaturen er enkel og portabel i forhold til apparaturen for røntgen computertomografi (CT) og magnetisk resonans (MR), og metoden har få farlige bivirkninger. Ultralydavbildning brukes innen mange spesialiteter i medisin, som kardiologi (hjerteavbildning), obstetrikk (fosterundersøkelser), gynekologi, abdominal avbildning (indre organer som lever og nyrer) og vaskulær avbildning (blodårer i hals, ben og armer).

I Norge er det et stort miljø for teknisk og klinisk utvikling av medisinsk ultralydavbildning. Firmaet GE Vingmed Ultrasound i Horten, med

*Institutt for informatikk, Universitetet i Oslo



Figur 1. Typisk ultralydskanner for medisin, Vingmed Sounds System-Five skanner.

nesten 200 ansatte, utvikler, produserer og selger ultralydinstrumenter over hele verden. Figur 1 viser en moderne ultralydskanner. GE Vingmed Ultrasound ble startet av personer fra det teknisk-medisinske forskningsmiljøet i Trondheim. Det var utviklingen på 70- og 80-tallet som ga grunnlaget for Vingmeds suksess.[1,4] Bruk av ultralyd, og forskning på kliniske aspekter ved ultralyd, foregår ved mange sykehus i Norge, og forskning på fysiske og tekniske sider foregår ved universitetene i Trondheim, Bergen og Oslo. Dessuten har Nycomed Amersham Imaging i Oslo, en stor gruppe som arbeider med utvikling av ultralydkontrastmidler.

Hovedprinsipper

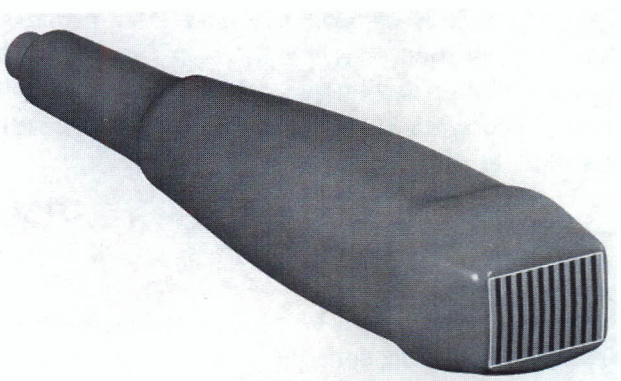
Ultralyd er mekaniske bølger med frekvens over det hørbare område. De karakteriseres ved:

- Intensitet, gitt ved trykkamplitude.
- Frekvens, f, målt i hertz (Hz).
  Hørbar lyd har frekvenser mellom 20 og 20 000 Hz. I medisinsk ultralyd brukes vanligvis frekvenser fra ca. 2 til 10 MHz. Til intravaskulær avbildning brukes frekvenser helt opp til 30 MHz.
- Bølgelengde, betegnet med λ.

Lydhastigheten, c, er en viktig egenskap ved mediet som lyden forplanter seg i. I luft er den 340 m/s, og i vann ca. 1500 m/s. Kroppsev er omtrent som vann, og har en lydhastighet på omkring 1540 m/s. Siden $\lambda = c/f$, er bølgelengdene for medisinsk ultralyd i området 0,15–0,75 mm. Til sammenligning er bølgelengdene for hørbar lyd i området 0,02–20 m. Ultralyd kan brukes til avbildning opp til ca. 20 cm avstand i kroppen , og har da egenskaper som minner mer om synlig lys enn de man vanligvis forbinder med hørbar lyd:

- Ultralydbølgene beveger seg i rette stråler som kan avbøyes og fokuseres.
- En lydbølge som treffer et medium som har vesentlig andre egenskaper enn bløtvev, vil bli delvis reflektert. Produktet av tetthet og lydhastighet er den bestemmende parameteren. Stor refleksjon får en mot bein og mot luftlommer i kroppen, f.eks. lunger foran hjertet.

Ultralyd genereres ved hjelp av piezoelektrisk keramikk med elektroder på hver side. Dette kalles en transducer, probe eller sonde, se figur 2.



Figur 2. Ultralydprobe for kardiologi. Fronten av proben er på ca. 20 x 15 mm og det er vist oppdeling i noen få individuelle stavelementer. I praksis er det mellom 48 og 128 slike elementer

Keramikken har den egenskapen at den komprimeres og ekspanderes i takt med påtrykt elektrisk spenning. Denne bevegelsen overføres til kroppsvevet. Omvendt vil mekanisk påvirkning utenfra generere elektriske spenninger i keramikken, slik at samme probe kan brukes både som sender og mottaker av ultralyd. Avbildning er basert på pulsekkomålinger, det samme prinsippet som brukes i radar og ekkolodd. En kort puls sendes ut fra proben, forplanter seg gjennom mediet og gir tilbake en reflektert puls hver gang den treffer en vevsovergang. Tiden det tar fra en sender ut pulsen til ekko mottas i proben, måles.

Oppløsning

Evnen som ultralydsystemet har til å avbilde detaljer kalles oppløsning. Det er forskjellige mekanismer som bestemmer radiell og lateral oppløsning, og vanligvis er lateral oppløsning dårligere enn radiell.

Radiell oppløsning er gitt av pulsens lengde, τ, og er:

$$\Delta r = c\tau/2 = c/2B$$

der B er pulsens båndbredde. Den radielle oppløsningen blir bedre jo kortere de utsendte pulsene er, og pulslengden er omvendt proporsjonal med probens frekvensbåndbredde. På 90-tallet har nye teknikker og keramiske kompositttmaterialer gjort det mulig å lage prober med båndbredder på 50–80 % av frekvensen. Vanligvis er derfor radiell oppløsning bare noen få bølgelengder.

Lateral oppløsning er primært gitt av probens aperture, D:

$$\Delta l = \lambda \cdot F/D$$

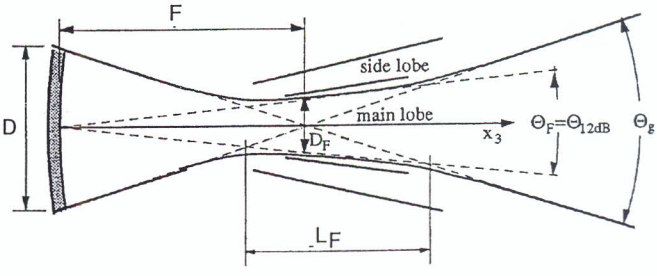
Lateral punktstørrelse er altså avhengig av forholdet mellom bølgelengden og probens størrelse. Den øker proporsjonalt med dybden (avstanden fra proben), F, så lenge proben er riktig fokusert, mens radiell punktstørrelse er uavhengig av avstanden.

Dybdeskarpheten for en aperture fokusert ved dybden F, er gitt ved:

$$L_F \approx \pm\lambda\left(\frac{F}{D}\right)^2$$

Fokusering av en probe resulterer i et optimalt skarpt dybdeområde, som vist på figur 3. I ultralydinstrumenter gjøres denne fokuseringen automatisk på mottatt signal. På litt større prober kan brukeren også stille sendefokus manuelt.

Ut fra det som er sagt om oppløsning, skulle det være fordelaktig med størst mulig probe for å få best mulig lateral oppløsning. Det er imidlertid andre begrensninger som kommer inn. I kardiologi begrenser avstanden mellom ribbebeina største probediameter til ca. 20 mm. Ved avbildning av perifere kar og abdominal avbildning, har en ikke slike begrensninger. Andre begrensninger som da spiller en rolle kan være utstyrskostnad. For høykvalitets utstyr vil små inhomogeniteter i vevet begrense nytten av store prober.



Figur 3. Strålebredde for en probe med aperture D som er fokusert i dybden F. Dybdeskarpheten er L_F.

Dempning og gjennomtrenging

Det skulle også være en fordel med høyest mulig ultralydfrekvens. Både radiell og lateral oppløsning skulle da bli best mulig. Men dette er bare delvis riktig fordi en annen fysisk begrensning også gjør seg gjeldende, nemlig dempning. I kroppsvev øker dempningen av lydbølgene omtrent proporsjonalt med frekvensen. Jo høyere frekvens, dess mer demper vevet ultralydenergien. Dette begrenser rekkevidden. Derfor er det i praksis slik at lave frekvenser, som 2,5–3,5 MHz, brukes ved kardiologi på voksne, 3,5 MHz brukes til generell abdominal avbildning, 3,5–5 MHz ved fosteravbildning og 5–7,5 MHz ved avbildning av perifere kar.

I ultralydinstrumenter er det lagt inn automatisk kompensasjon for dempningen i "standard vev". En annen manifestasjon av effekten av dempning er ved avbildning av cyster og forkalkninger. Væskefylte cyster vil dempe mindre enn vevet omkring, og bildet vil derfor ha en tendens til å bli lysere. Det motsatte er tilfelle med forkalkninger som reflekterer og demper mer enn omliggende vev, og etterlater seg mørkere striper i bildet.

Dopplereffekten

Når det som avbildes er i bevegelse, vil mottatt frekvens bli en annen enn den utsendte. Dette skyldes dopplereffekten som en også kan høre når

et tog fløyter. Frekvensen er høy når toget nærmer seg og blir lavere når det fjerner seg.

Frekvensskiftet for et signal med frekvens f_0 som reflekteres fra en blodstrøm med hastighet v i en vinkel θ, der $\theta = 0$ betyr at lydstrålen er parallall med blodstrømmen, er:

$$f_d = 2f_0\frac{v\,cos\theta}{c}$$

Dopplerskiftet øker altså med utsendt frekvens og med objektets hastighet, og er inverst proporsjonalt med mediets lydhastighet. Det er bare hastighetskomponenten langs lydstrålen som gir frekvensforandring. Derfor kommer leddet med cosinus til vinkelen mellom lydhastigheten og bevegelsen, inn.

I medisinsk ultralydavbildning er røde blodlegemer de viktigste sprederne som gir dopplerskift, og det er viktig at lydstrålen er mest mulig parallell med blodstrømmen når en ønsker å måle blodhastigheten. Med vanlige blodhastigheter blir differensen mellom ustendt og mottatt frekvens i det hørbare området. Det er derfor vanlig å sende dette signalet ut på høyttalere samtidig som bildet vises på skjermen.

Ikke-lineære effekter

I et ikke-lineært medium får lydbølgen en hastighet som varierer med amplituden, s,[6]:

$$c(t) = c(1 + \frac{B}{2A}\frac{s(t)}{c})^{(\frac{2A}{B}+1)}$$

A og B er koeffisientene til 1. og 2.-ordens leddene i en Taylorrekke for trykket. Forholdet $\frac{B}{A}$ er derfor et mål for ikke-linearitet. Ikke-lineariteten gjør at deler av bølgeformen med høyt trykk forplantes raskere enn de med lavt trykk. Det skaper forvrengning av bølgeformen og dannelse av harmoniske. Etter som bølgen brer seg ut blir mer og mer av energien overført til høyere harmoniske.

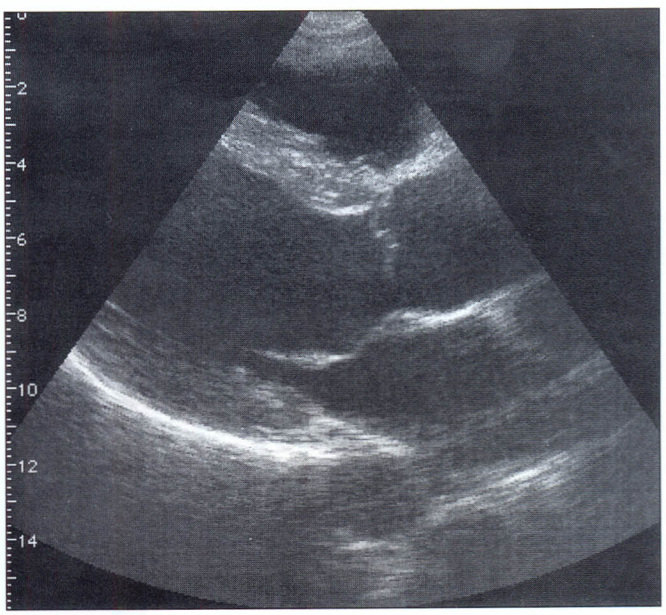
Både vann og kroppsvev er ikke-lineære medier for akustiske bølger, og vev demper mer enn vann. Lenge har man trodd at den relativt store dempningen i vev i forhold til vann, gjorde at ikke-lineære effekter spilte liten rolle ved ultralydavbildning. I forbindelse med bruk av kontrastmidler, som er ikke-lineære spredere, ble det laget skannere som mottar på den dobbelte frekvensen av den som det sendes på. Det var en stor overraskelse at dette viste seg ofte å gi forbedrede bilder også uten kontrastmidler til stede i blodet.

Operasjonsmåter

Et ultralydinstrument kan operere på forskjellige måter (modi), og ofte på to eller tre måter samtidig. De viktigste er beskrevet her.

Todimensjonalt bilde

Et typisk todimensjonalt hjertebilde er vist i figur 4. I dette bildet øker lysstyrken med ekkostyrke, og

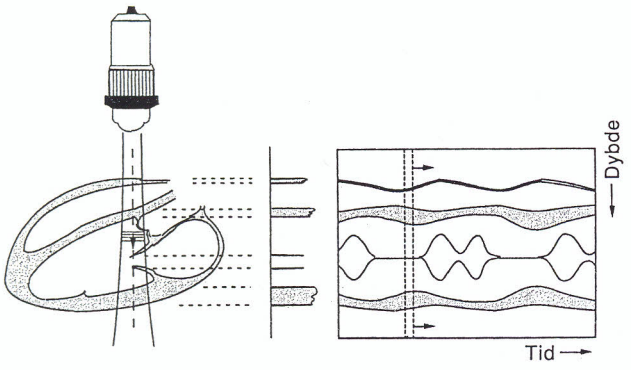


Figur 4. Todimensjonalt B-mode bilde på tvers av et hjerte.

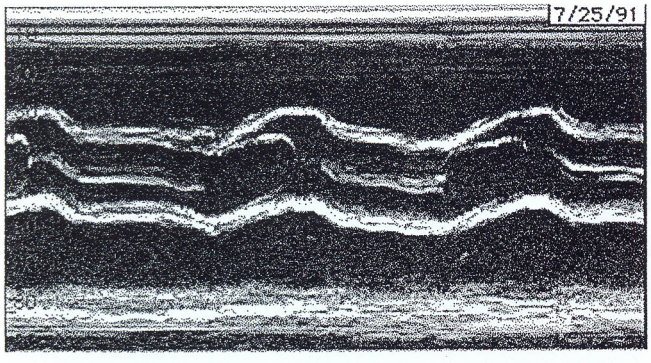
kalles *B-mode display* (B – Brightness). Figuren viser hjertet sett fra siden. En kyndig lege vil kunne se venstre hjertekammer til venstre, hovedpulsåren (aorta) med lukket klaff øverst til høyre, og den åpne mitralklaffen og venstre forkammer under til høyre. Hjerteveggene vises som hvitt, da disse gir kraftigere ultralydekko enn blodet i kamrene. Slike bilder er som regel enklere å forstå når de vises som en tidssekvens. En kan legge merke til er at det ikke overalt er et klart skille mellom hjerteveggen og blodvolumet i hjertekammeret, noe som vanskeliggjør automatisk kantdeteksjon. Dette illustrerer noen av de utfordringer en står overfor ved signal- og bildebehandling i ultralydinstrumentering.

M-mode

I M-mode bilder (M – Motion) vises ekkostyrken langs en linje i objektet som funksjon av tid over flere sekunder, se figur 5. Figur 6 viser et M-mode bilde som er tatt langs en linje gjennom aortaklaffen i B-mode bildet, figur 4. En kan se hovedpulsåren



Figur 5. Illustrasjon av M-mode. Til venstre vises et hjerte med en stråle som står fast i rommet, til høyre det resulterende bildet med tid som abscisse og avstand fra proben som ordinat.



Figur 6. M-mode bilde av aortaklaffen i et hjerte.

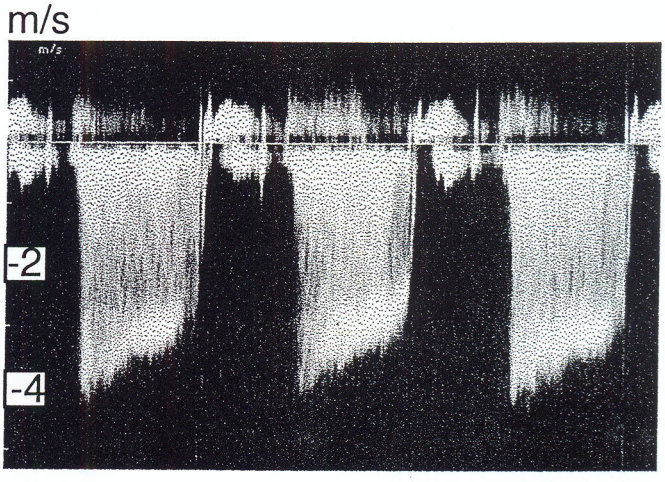
og klaffen inne i denne. Til venstre er klaffen i ferd med å lukkes, og hele bildet viser litt over to hjerteslag.

Dopplerspektrum

Dopplerspektret måles på to forskjellige måter: *pulset doppler* (PW–Pulsed Wave) og *kontinuerlig doppler* (CW–Continuous Wave). Forskjellen er lengden på utsendt puls. Ved kontinuerlig utsendelse (CW) mistes all oppløsning langs strålen, men følsomheten forbedres i forhold til pulset doppler (PW). Dessuten har CW-doppler ikke noen øvre grense for måltbar hastighet. I PW-doppler er den øvre grensen gitt av samplingsraten.

Som i M-mode bildet, blir også dopplerspektrene tatt opp langs en stillestående linje. Blodets hastighet beregnes ut fra dopplerskiftet som måles i et lite volum og vises i form av en hastighet som funksjon av tid. Ideelt sett skulle området som det måles i (samplingsvolumet) være minst mulig, men for å øke følsomheten kan radiell lengde økes. Dermed minskes lokaliseringsnøyaktigheten.

Bildet i figur 7 viser blodhastigheten gjennom aortaklaffen. Den store negative hastigheten fra -4 til -3 m/s, skyldes en lekkasje gjennom klaffen. Bernoullis ligning, som gir sammenhengen mellom trykk og strømningshastighet mellom to tverrsnitt i et strømningsrør, kan anvendes her og forenkles til $\Delta p \approx 4v^2$ [7]. Slik kan en regne ut at trykkforskjellen over klaffen i dette tilfellet faller fra 64 til 36 mm kvikksølvhøyde. Sammenlignet med de normale trykk i hjertet (80 og 120 mmHg), betyr dette at lekkasjen er så stor at trykket reduseres betydelig i løpet av høytrykksfasen.



Figur 7. Dopplerspektrum av blodstrømmen ved aortaklaffen tatt opp fra hjertespissen. Positiv hastighet er normalt, negativ viser en lekkasje tilbake.

Fargedoppler

Ved fargedoppleravbildninger måles dopplerskiftet i mange linjer og ved mange dybder. Dermed kan en få et todimensjonalt bilde. Hastigheten fargekodes og vises overlagret et todimensjonalt B-mode bilde. I tillegg kan informasjon om turbulens, som ofte er en indikasjon på unormal blodstrøm, vises. Som ved dopplerspektret er det slik at jo større samplingsvolumet er, jo bedre følsomhet, men dårligere lokalisering, oppnås. Dessuten kan en endre tiden en måler (antall pulser) i hver retning. Jo flere pulser, jo større følsomhet, men lavere oppdateringsrate på bildet, og mindre evne til å se raske variasjoner.

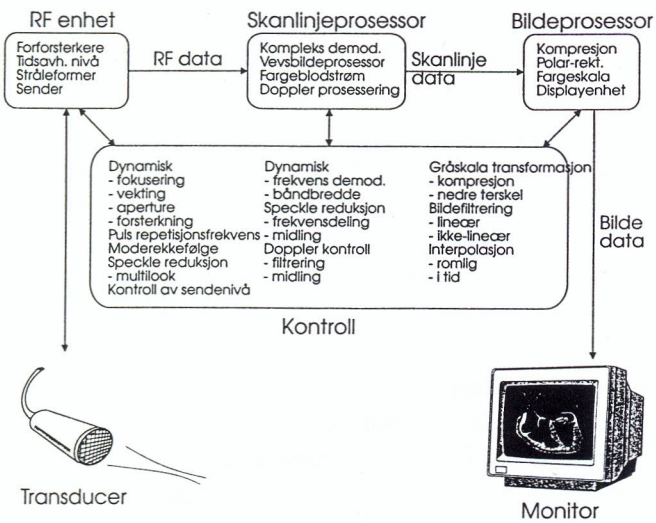
I de senere årene er en variant av fargedoppler blitt utviklet der bare effekten til dopplersignalet vises (*Power Doppler*). Dette gir større følsomhet, men mindre kvantitativ informasjon og ingen retningsinformasjon. Dette gir særlig gode

bilder av de små blodårene i organer som nyrer.[5]

Et godt fargedopplerinstrument krever et filter som skiller stasjonære mål fra bevegelige. Filtret skal skille det sterke vevssignalet med liten relativ hastighet, fra det vesentlig svakere signalet fra blodet. De senere årene har en også utviklet en avbildningmetode som bytter om rollene for hva som er ønsket og uønsket, og viser det sterke vevsignalets hastighet. Denne moden kan vise hjerteveggens bevegelser bedre enn en kan se dem på B-mode bilder.

Ultralydinstrumenter

Et ultralydinstrument er i prinsippet bygget opp av tre hovedmoduler i tillegg til probe og monitor. Dette er vist på figur 8. Proben skal både sende og motta akustisk energi, og i kontinuerlig dopplermode skal den også kunne gjøre dette samtidig. En slik probe består av mange uavhengige elementer (opp til ca. 200) som kan ha bredde ned til 0,1 mm.[2]



Figur 8. Blokkskjema over et typisk ultralydinstrument.

RF (Radio Frequency)-enheten styrer hvert enkelt probeelement uavhengig for å kunne oppnå den ønskede avbøyning og fokusering av ultralydstrålen. Denne enheten består av elektronikk som kombinerer de mange signalene fra proben til én utgang. Dette gjøres ved hjelp av en stråleformer som forsinker de enkelte kanaler i forhold til hverandre og sørger for at ekkosignalene fra hvert enkelt element i proben summeres koherent. Stråleformeren kan betraktes som en signalprosessor som opererer både i tidsdomenet og i det romlige domenet. I dag lages den digitalt, og det er behov for så stor beregningskapasitet at den må lages ved hjelp av kundespesifiserte integrerte kretser.

Skanlinjeprosessoren gjør signalbehandling i tidsdomenet og trekker ut informasjon fra RF-signalet som er samlet inn. Denne prosessoren er egentlig tredelt: en del for å ta ut B- og M-mode data, en del for fargedoppler og en spektralanalysator for spektrale dopplerdata. Implementering kan gjøres ved hjelp av signalprosessorer som er koplet sammen.

Framvisningsenheten består av en bildeprosessor som transformerer skanlinjedata til et format som passer til en skjerm. Den viktigste operasjonen er en omforming fra rektangulært til polart format. I tillegg gjøres også amplitudekompresjon og bildefiltrering.

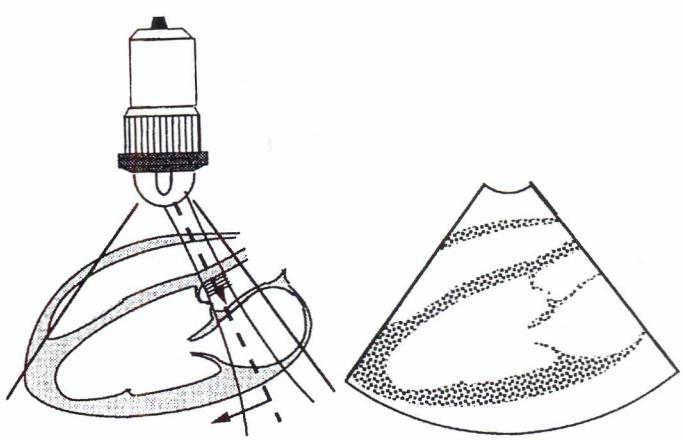
For å styre hele skanneren, finnes også en kontrollenhet som er "implementert" som programvare som går på en hovedprosessor. Den skal sørge for at alle moduler styres rett og gir optimal uthenting av informasjon fra de svake ultralydsignalene.

Bildeformater og probetyper

Det finnes 3 forskjellige bildeformater i vanlig bruk, men et fjerde format, 3-D, er også tatt med her.

Sektorskan

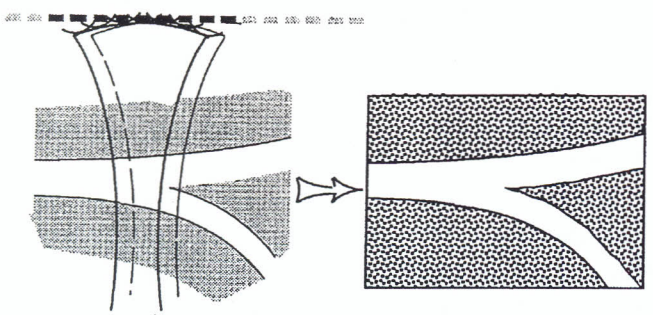
I dette formatet sendes 100–200 lydstråler ut med forskjellige vinkler, som vist i figur 9. Fordelen er at en da kan få et bredt bilde gjennom et lite vindu. Dette formatet brukes derfor særlig i kardiologi (se figur 4). Det brukes både mekanisk vippende prober og elektronisk styrte.



Figur 9. Sektorskan av et hjerte. Til høyre vises hvordan det resulterende bildet blir.

Lineærskan

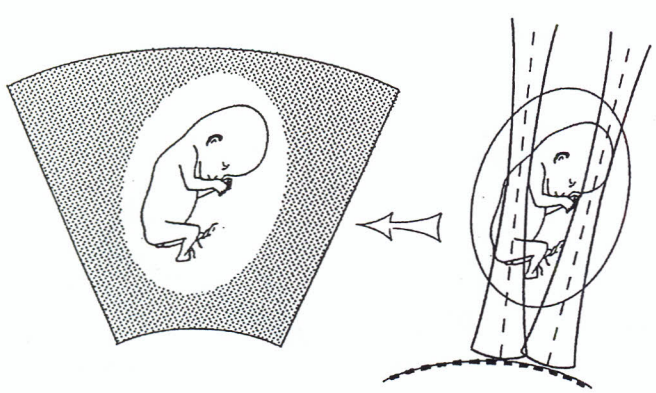
Dette formatet er rektangulært og har samme bredde i nær- og fjernfelt. Bildet dannes elektronisk der bare en del av proben brukes for hver stråle. Den aktive delen flyttes elektronisk fra en stråle til den neste. Dette formatet brukes gjerne for ganske grunn avbildning med høye frekvenser, og er særlig brukt ved avbildning av perifere kar (se figur 10). For å få et godt dopplerspektrum og god fargedoppleravbildning, må strålen vinkles $10-30°$ i forhold til blodstrømmen.



Figur 10. Lineærskan. Venstre side viser skannesituasjonen der en probe holdes over halspulsåren og høyre side viser resulterende ultralydbilde.

Krumt skan

Dette formatet kombinerer den enkle elektronikken til lineærskannet og den store bildebredden i fjernfeltet til sektorskannet, med én stor probe. Bare en del av proben brukes for hver stråle, og den aktive delen flyttes for hver stråle. Denne type probe brukes særlig ved abdominal- og fosteravbildning, se figur 11.



Figur 11. Krumt skan. Venstre side viser en krum probe som holdes over et foster i livmoren, og høyre side viser det resulterende ultralydbildet.

Tredimensjonalt bilde

Dette er et nytt bildeformat som er under utvikling. Data samles inn ved å sette sammen mange todimensjonale bilder, enten ved å rotere, vippe eller flytte proben lineært. Det arbeides med utvikling av prober for sanntids innsamling av 3-D data uten mekanisk bevegelse av proben. En slik probe vil bestå av et todimensjonalt "array" med flere tusen elementer.[6]

Bioeffekter av ultralyd

Ultralydenergi kan gi opphav til både ønskede og uønskede termiske og mekaniske bioeffekter. Dette utnyttes også klinisk: termiske effekter for oppvarming av muskler og sener i fysioterapi, og mekaniske effekter ved knusing av nyre- og gallestein og ved kirurgi. Den termiske energien er størst ved doppler- og fargedoppleravbildning, siden pulslengdene er størst i disse modi. De mekaniske effektene skyldes lydtrykk som er så store at vevet blir revet i stykker (kavitasjon). Dette skjer lettest i avbildningsmodi som bruker korte pulser, og kanskje særlig i M-mode siden strålen ikke flytter seg der. Som oftest er sjansen for å få lokal oppvarming større enn muligheten for å få mekaniske effekter.

Utgangsnivåer fra probene blir regulert av krav fra forskjellige myndigheter. Utstyr som har vært produsert de siste årene viser enten en termisk eller en mekanisk indeks. Den termiske indeksen er et estimat av lokal oppvarming, og den mekaniske angir muligheten for kavitasjon. Ved hjelp av disse indikatorene er det mulig å velge eksponeringsdose og vurdere risiko. Generelt regner en at vev kan utsettes for temperaturøkninger på opptil $1,5\,°C$ i ubegrenset tid, mens eksponeringstiden må begrenses for høyere temperaturpåkjenninger.

Konklusjon

Medisinsk ultralydavbildningsutstyr utnytter lydbølger med høy frekvens, vanligvis 2–10 MHz. Utvikling av slikt utstyr krever kunnskap fra mange disipliner slik som medisin, fysikk, akustikk, signalbehandling, elektronikk og programmering. De viktigste parametre som bestemmer oppløsningen i bildene er: frekvens, båndbredde, størrelse på proben og avbildningsdybde. Frekvensvalget er et kompromiss mellom rekkevidde og oppløsning gitt av dempningen i vevet. I ultralydinstrumenter utnyttes også dopplereffekten til å finne hastigheten

til blodstrømmen. I de siste årene er også utnyttelse av ikke-lineære effekter blitt vanlig ved at en kan motta på den dobbelte av sendefrekvensen. I mange tilfeller gir dette forbedret bildekvalitet. Bioeffekter av ultralyd kan være lokal oppvarming og kavitasjon i vevet.

Det som gjør ultralydavbildning til en av de sikreste avbildningsmetodene i medisin, er for det første at det er strengt regulerte utgangsnivåer for intensitet, og at moderne utstyr har indikatorer som kontinuerlig oppdateres og viser brukeren hvilken fare det kan være for at negative bioeffekter skal oppstå.

Takk

Figurene 3, 5, 6, 7, 9, 10, og 11 er kopiert fra Ref. 4 med forfatterens tillatelse. Denne boka anbefales for et grundigere studium av akustikken og signalbehandlingen i medisinsk ultralyd. Figur 2 er laget av S. Bergstøl, GE Vingmed Ultrasound.

Referanser

1. L. Hatle and B.A.J. Angelsen: *Doppler Ultrasound in Cardiology.* Lea & Feibiger, Philadelphia (1985)
2. B.A.J. Angelsen, H. Torp, S. Holm, K. Kristoffersen, and T.A. Whittingham: *Which transducer array is best?* European Journal of Ultrasound **2,** 151–164 (1995)
3. J.A. Jensen: *Estimation of Blood Velocities Using Ultrasound, A Signal Processing Approach.* Cambridge University Press (1996)
4. B.A.J. Angelsen: *Waves, Signals, and Signal Processing in Medical Ultrasonics, Vol I & II.* Institutt for fysiologi og biomedisinsk teknikk, NTNU, april (1996)
5. J. Quistgaard: *Signal acquisition and processing in medical diagnostic ultrasound.* IEEE Signal Processing Magazine **14,** 67–74(1997)
6. S. Holm, B. Elgetun, and G. Dahl: *Properties of the beampattern of weight- and layout-optimized sparse arrays.* IEEE Trans. Ultrasonics, Ferroelectrics and Frequency Control **44,** 983–991 (1997)
7. J. Holen, R. Aaslid, K. Landmark, and S. Simonsen: *Determination of pressure gradient in mitral stenosis with a non-invasive ultrasound Doppler technique.* Acta Med. Scand. **199,** 455–460 (1976)

∞

Lys som hjelpemiddel i kreftdiagnostikk

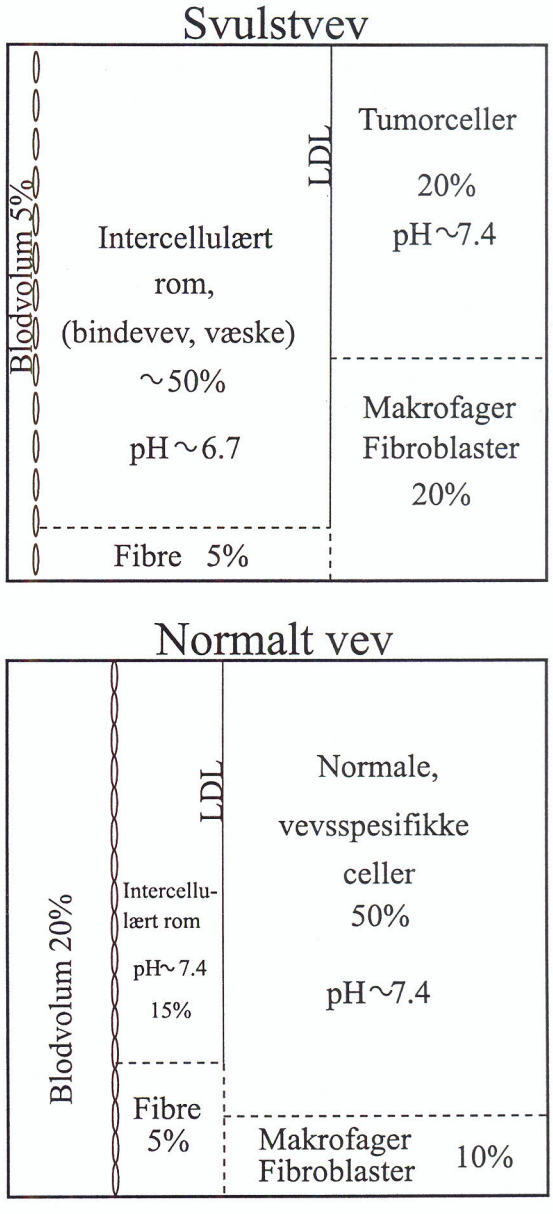
Johan Moan *

Nesten all diagnostikk er avhengig av at pasienten kan iakttas under god belysning. Men nå brukes lys også som et langt mer sofistikert hjelpemiddel i kreftdiagnostikk. Noen fluorescerende fargestoffer tas nemlig selektivt opp i svulster, og under belysning med ultrafiolett stråling eller blått lys, røper svulsten seg ved sin røde fluorescens. Normalt vev fluorescerer sterkest i det grønne området av spektret. Forholdet mellom rød og grønn fluorescens gir derfor en god kontrast, og er tilnærmet uavhengig av belysningens intensitet og svulstens geometri. Dessuten er fluorescenslevetiden forskjellig for svulsten og det normale vevet. Men årsakene til svulstselektiviteten er ennå bare delvis kjent. Korte lyspulser kan også brukes til avbilding av små svulster inne i kroppen om man fanger opp de aller første, og minst spredte, av fotonene som slippes gjennom.

*Institutt for Kreftforskning, Det Norske Radiumhospital, og Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo.

Det har lenge vært kjent at hudsvulster lyser rødt når de bestråles med "Woods light", også kalt "svart lys". Dette er "lys" med bølgelengder under 400 nm fra fluorescerende lysrør, altså i UVA-området hvor øyet ikke kan se. Man trodde at den røde fluorescensen kunne skyldes porfyriner dannet av bakterier som infiserte svulstene, og begynte å undersøke om porfyriner kunne ha en spesiell affinitet til svulster. (Det røde fargestoffet i blod, hem, er et porfyrinmolekyl.) Dette viste seg å være tilfellet. I mange år lette man etter de best egnede porfyrinene. Denne forskningen ledet etter hvert oppmerksomheten i retning av beslektede fargestoffer samt stoffer som man visste kunne sette i gang porfyrinproduksjon i celler. Et slikt stoff er 5-aminolevulinsyre, ALA. Det er et av de første molekylene i synteserekken som leder fram til hemoglobin, det røde fargestoffet som transporterer oksygen i blodet. Siste aktør i hem-syntesen er et enzym kalt ferrochelatase (FC), som setter jern inn i protoporfyrin (Pp). Ved overskudd av ALA får vi opphoping, særlig i svulster, av protoporfyrin som er sterkt fluorescerende og fototoksisk. Fototoksiske stoffer er uskadelige i mørke, men giftige i lys. Hvorfor dette skjer selektivt i svulster, og hvordan det best kan anvendes diagnostisk, skal vi se litt på i det følgende.

Det har lenge vært en drøm å kunne anvende lys til avbildning av strukturer inne i kroppen. I motsetning til ioniserende stråling, regnes lys for å være uskadelig. Lysspredningen i vevet er imidlertid et meget stort problem: Lyset går gjennom vevet, men det er vanskelig å se hva som skjuler seg der inne fordi fotonene går i sikksakk. Kan moderne teknologi løse dette problemet?



Figur 1. Illustrasjon av de fysiologiske forskjellene mellom svulstvev og normalt vev. Makrofager er celler som tilhører immunsystemet. Fibroblaster er normale, fiberproduserende celler som finnes både i svulster og i normalt vev.

Noen fluorescerende stoffer tas opp i svulster

Mange har prøvd å finne årsaken til at enkelte fluorescerende fargestoffer tas selektivt opp i svulster. Vi trodde først at kreftcellene hadde spesielle egenskaper som kunne forklare dette. Undersøkelser av forskjellige celletyper, hvorav noen var ondartede og ga svulster i forsøksdyr, mens andre var normale, viste oss at det selektive opptaket ikke skyldtes forskjeller mellom svulstceller og normale celler. Derfor måtte det finnes spesielle egenskaper hos svulsten som helhet. Oppbyggingen av en svulst, tumorfysiologien, er forskjellig fra fysiologien i normalt vev (figur 1). Fordi svulster vokser fort, får de dårlig blodtilførsel. Dette fører til oksygenmangel. Svulstene må derfor dekke en del av sitt energibehov ved en prosess som kalles glykolyse. Ved glykolyse produseres det melkesyre, slik som når Geir Moen løper 200 m og blodet ikke greier å tilføre musklene hans nok oksygen underveis. Svulstene får dermed lavere pH-verdier enn normalt vev. Det er i væsken og i bindevevet som omslutter cellene, at pH-verdiene blir lave, ikke inne i svulstcellene.

Noen av de svulstlokaliserende fargestoffene protoneres og blir mer fettløselige når pH-verdien

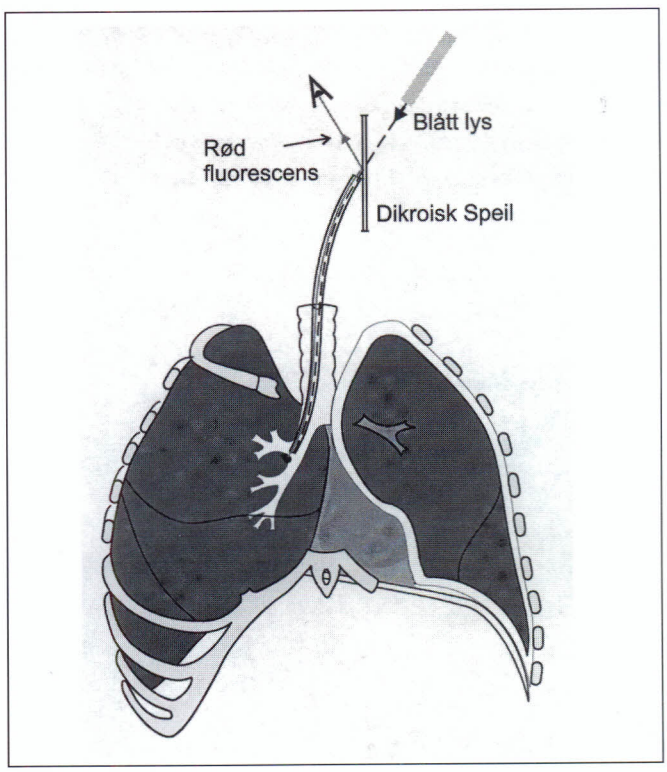
senkes fra 7,4 (gjennomsnittsverdien i blod og normalt vev) til 6,5–6,7 som ofte finnes i det ekstracellulære rommet i svulstene. Fettløselige stoffer henger seg bedre fast og går lettere inn i celler enn vannløselige stoffer. Den lave pH-verdien i svulstene bidrar derfor til at de kan ta opp mer av fargestoffene enn normalt vev kan. Dette viste vi ved at svulstopptaket av et fargestoff (fotofrin) ble selektivt økt når vi tilførte glukose til mus med svulster. Glukosetilførsel senker pH-verdien i svulster (øker glykolysen), men ikke i normalt vev.

De få blodårene som finnes i svulster, har ofte åreveggeer som er litt gjennomtrengelige for små partikler. Noen fargestoffer har en tendens til å klumpe seg når de er i vannløsninger. Svulster inneholder også flere "partikkelspisende" celler (makrofager, som hører til immunapparatet) enn normalt vev (figur 1). Videre har de mer nylaget fibermateriale som binder fargestoffer. Endelig har svulstceller ekstra mange LDL-reseptorer på overflaten. LDL, "low density lipoprotein", er små partikler som består av protein og fett, og som transporteres i blodet. Celler trenger LDL for å bygge opp membranene sine. Fordi svulster ofte vokser fort, trenger de mye LDL, og svulstceller har derfor mange LDL-reseptorer på overflaten. Mange fargestoffer binder seg til lipoproteiner når de sprøytes inn i blodbanen og kan da fraktes til svulster hvor de bindes sammen med LDL. En kan øke LDL-bindingen til fargestoffene ved å kople dem til liposomer, små fettblærer (vesikler). Det er vist at en slik kopling av et stoff til LDL øker opptaket i svulstcellene. Mer vannløselige fargestoffer bindes til albumin, som er det proteinet det er mest av i blodet. Slike stoffer henger seg ofte fast i åreveggene i svulstene, kanskje på grunn av den lave pH-verdien på svulstsiden av åreveggene.

Ingen vet hvor mye hver enkelt av de mekanismene som er nevnt ovenfor betyr. Siden det er store forskjeller i tumorfysiologi fra svulst til svulst, vil vi antakelig aldri kunne gi en generell forklaring på det selektive opptaket av fargestoffer i svulster.

ALA trenger lett inn i hudsvulster

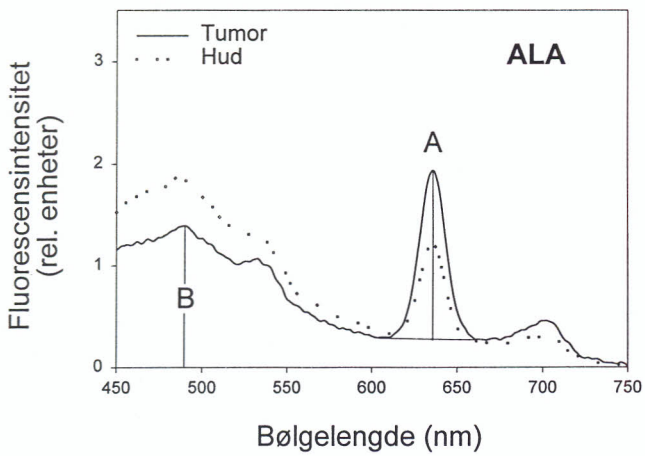
ALA, 5-aminolevulinsyre, er et av stoffene som inngår i syntesen av hem, den oksygenbærende delen av hemoglobinmolekylet. Syntesen skjer i mange ledd, og en rekke enzymer er medvirkende. Vi har allerede nevnt ferrochelatase (FC), og skal her bare nevne ett til, PBGD (porfobilinogen deaminase). PBGD utgjør en "flaskehals" og er hastighetsbegrensende for dannelsen av hem. FC setter, som nevnt, et jernatom inn i protoporfyrin (Pp) som dermed blir til hem. Pp har sterk fluorescens, mens hem ikke fluorescerer. Hvis hem hadde fluorescert, ville vi ha lyst rødt når noen bestrålte oss med blått lys eller UVA. Tilføres kroppen ekstra ALA, greier ikke FC i alle cellene å sette inn nok jernatomer i Pp, som dermed hopes opp og gjør cellene fluorescerende. Det ser ut til at noen svulster har mer PBGD og mindre FC enn normalt vev. Under tilførsel av ALA vil det altså bli en selektiv opphoping av det fluorescerende stoffet Pp i svulsten. Dette anvendes diagnostisk til å oppdage små svulster som skiller seg lite ut fra normalt vev. I tillegg til den selektive syntesen av Pp i svulster, kommer det også at huden over svulstene ofte er litt skadet, slik at når ALA, blandet i en salve, smøres på svulstområdet, trenger stoffet lettere inn i svulsten enn i det omkringliggende vevet. Løsninger, eller aerosoler, av ALA, kan anvendes på lignende måte til å oppdage små svulster i urinblæren, i lungene eller i fordøyelsessystemet. Disse områdene kan nås med lys og innsyn gjennom fiberoptiske instrumenter (bronkoskop og endoskop), se figur 2.



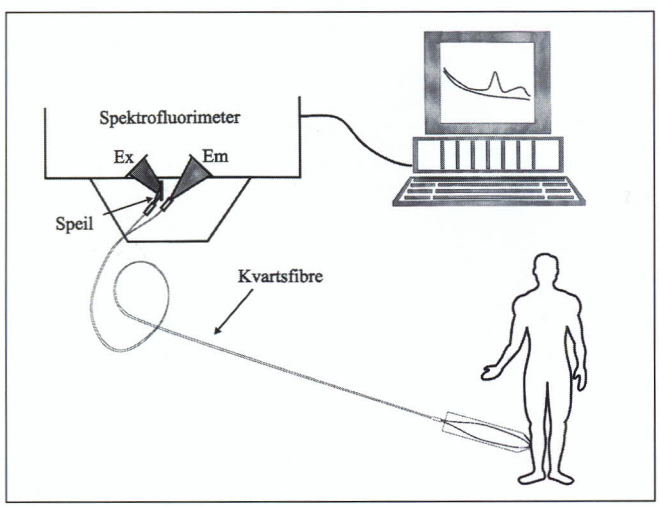
Figur 2. Deteksjon av fluorescens fra en svulst i bronkiene ved hjelp av fiberoptikk. Blått lys går rett gjennom det dikroiske speilet, mens rød fluorescens reflekteres av det. Hensikten med dette speilet er å fjerne mest mulig av bakgrunnslyset, slik at ren, rød fluorescens kan detekteres.

Deteksjonsmetoder for fluorescens

Forskjellen i fluorescensintensitet fra fargestoffer i svulster og normalt vev, er noen ganger liten. I slike tilfeller kommer fotobiofysiske metoder til sin rett når det gjelder å forbedre kontrasten. Det har vist seg at normalt vev, så vel som svulstvev, fluorescerer grønt når det bestråles med lys i bølgelengdeområdet 300 nm til ca. 450 nm. Denne fluorescensen skyldes stoffer som finnes naturlig i kroppen. Til alt hell er den grønne fluorescensen sterkere i normalt vev enn i svulster (figur 3).



Figur 3. Fluorescensemisjonsspektrum av en hudsvulst og normal hud etter påføring av en salve med ALA. A er fluorescens fra protoporfyrin (Pp), mens B er fluorescens fra fargestoffer som finnes naturlig i vev. Fluorescensen ble eksitert med lys ved 405 nm.



Figur 4. Fiberoptikk koplet sammen til et vanlig fluorescensspektrometer brukes til å måle fluorescens fra overflater. Eksitasjonslyset føres gjennom en fiber fra instrumentet til overflaten, og fluorescensen føres tilbake til instrumentet gjennom en annen fiber.

Tilføres et fluorescerende fargestoff som Pp, sendes det i tillegg til den grønne fluorescensen ut rød fluorescens som er sterkere i svulsten enn i normalvevet. Ved å måle forholdet A/B mellom rød (A) og grønn (B) fluorescens, oppnår vi derfor den beste kontrasten. Slike målinger kan vi gjøre ved å kople fiberoptikk til et vanlig fluorescensspektrometer (figur 4). Vi kan også bruke optiske båndpassfiltre for rødt og grønt, og ta to fortløpende bilder av svulstområdet ved hjelp av et CCD-kamera. Elektronisk billedbehandling kan da brukes til å måle A/B i hele svulstområdet og til å lage bilder der størrelsen på dette forholdet kommer fram, enten gjennom en fargekode eller ved en intensitetsskala. I noen tilfeller kan en viss bakgrunnsfluorescens ligge under den røde fluorescensen (A), slik figur 3 antyder. Det viser seg imidlertid at levetiden for bakgrunnsfluorescensen er forskjellig fra levetiden for den røde fluorescensen. Dette kan benyttes til å subtrahere bakgrunnssignalet.

Lysgangen gjennom vev

Optiske målinger på celler og vev vanskeliggjøres ofte av lysspredning og absorpsjon. Spredningskoeffisienten μ_s er av størrelse 10–50 mm^{-1}, hvilket vil si at fotonene i gjennomsnitt går rettlinjet ca. 0,02 til 0,1 mm mellom hver gang de spres. Partiklene som sprer lyset varierer mye i størrelse. De som er vesentlig større enn bølgelengden av lyset, gir hovedsakelig foroverspredning. Det vil si at fotonene avbøyes lite i hver spredningsprosess. Spredningstverrsnittet er tilnærmet uavhengig av bølgelengden (Mie-spredning). Partikler som er vesentlig mindre enn bølgelengden, sprer derimot lyset tilnærmet isotropt (likt i alle retninger), og spredningstverrsnittet er proporsjonalt med λ^{-4} (Rayleigh-spredning). Blått lys ($\lambda \approx 450$ nm) spres altså ved Rayleigh-spredning ca. 3 ganger mer enn rødt lys ($\lambda \approx 600$ nm) og har en midlere fri veilengde som er tredjeparten. I praksis er spredningen i vev en blanding av Mie- og Rayleigh-spredning. Den midlere cosinus g til spredningsvinkelen ligger i området 0,6 til 0,95. For ren Rayleigh-spredning er $g = 0$, mens for ren foroverspredning er $g \approx 1$.

Absorpsjonskoeffisienten μ_a er av størrelsesorden 0,1 mm^{-1} i det synlige spektralområdet. I gjennomsnitt går altså et foton ca. 1 cm gjennom vev og forandrer retning ca. 100 ganger, før det absorberes. De viktigste absorbatorene i vev er hemoglobin og melanin. Melanin er det fargestoffet som gir huden vår brunfarge. I det øverste laget av

vevet, før fotonene er spredt flere ganger, øker den romlige irradiansen I av lyset på grunn av tilbakespredning. Den romlige irradiansen kan defineres som energimengden pr. sekund som faller inn på en liten kuleflate dividert med tverrsnittet av kulen. Siden fluorescerende molekyler i vev er tilfeldig orientert, er det den romlige irradiansen som bestemmer fluorescensintensiteten, $F = \text{konst} \cdot I$.

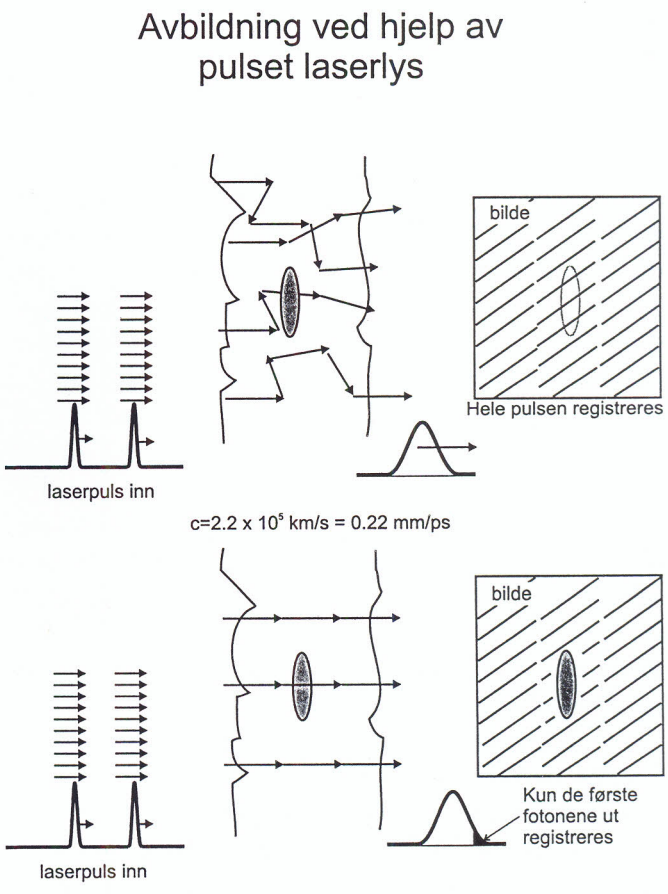
I dybdeområdet $x_d > 1$–2 mm under huden, svekkes den romlige irradiansen I nær eksponentielt som funksjon av dybden, x: $I = \text{konst} \cdot \exp(-(x - x_d)/\delta)$, der $\delta \approx (3\mu_a\mu_s(1-g))^{-1/2}$ refererer seg til området der den romlige irradiansen svekkes eksponentielt og angir den vevstykkelsen som gir en svekkelse av den romlige irradiansen med en faktor e^{-1}. Regner vi fra overflaten av vevet, derimot, svekkes ikke den romlige irradiansen like fort. Mens $\delta \approx 1$–1,4 mm i vev, er den reelle inntrengningsdybden i overflatelaget av vevet ca. 2–4 mm. Fra en fiberende som er stukket inn i vevet, svekkes den romlige irradiansen etter formelen: $I \approx \text{konst} \cdot r^{-1} \exp(-r/\delta)$, der r er avstanden fra fiberenden. Disse betraktningene er av fundamental betydning når optiske metoder til avbildning av objekter, som for eksempel svulster, inne i vev skal utvikles.

Avbildning ved hjelp av lys

Biomedisinsk avbildning har vært dominert av teknikker basert på røntgenstråling. Siden det er en viss kreftrisiko forbundet med røntgenstråling, har man lenge forsket på optiske teknikker for avbildning. Optisk avbildning vil kunne supplere røntgentomografi, siden de to metodene bygger på absorpsjon i forskjellige typer absorbatorer i vevet. Den optiske absorpsjonskoeffisienten er større i svulster enn i normalt vev. Spredningskoeffisienten er også forskjellig. Noen naturlige absorbatorer, for eksempel hemoglobin, har et absorpsjonsspektrum som avhenger av oksygenmetningsgraden. Dette vil gjøre det mulig å få funksjonell informasjon om for eksempel cellemetabolisme, ut av avbildningen.

Den sterke lysspredningen i alt vev er imidlertid en forstyrrende faktor som en må bli herre over før en kan ta optiske teknikker i bruk for alvor. Heldigvis er spredningen foroverrettet: $g \approx 0,6 - 0,9$, hvilket betyr at den midlere spredningsvinkelen er mellom 26 og 53 grader. For å komme gjennom et vevslag på 5 mm, vil et gjennomsnittsfoton måtte gå 7,5 mm og bruke 25 ps (1 ps = 10^{-12} s), mot 17 ps hvis det kunne gått gjennom uten å bli spredt. På veien gjennom et bryst av tykkelse 6 cm, vil et gjennomsnittsfoton spres 600 til 3000 ganger.

Det finnes flere smarte fysiske metoder til å angripe dette problemet på. Ved gjennomlysning bør en begrense deteksjonsvinkelen til å være nær 90° i forhold til overflaten. Videre kan en bruke pulset bestråling (figur 5), la pulsene være meget korte, av størrelsesorden 1 ps, og så detektere de første fotonene som kommer vinkelrett ut fra overflaten på den andre siden av vevet. Da får en tak i de fotonene som har gått minst i sikksakk, og som derfor gir det skarpeste bildet.



Figur 5. Illustrasjon av hvordan pulset laserlys kan benyttes til avbildning av et objekt inne i spredende vev. Ved å detektere bare de første fotonene som kommer ut, oppnår man den skarpeste avbildningen fordi disse fotonene er minst spredt.

Minst halvparten av spredningsproblemet kan en unngå ved å benytte seg av fluorescerende fargestoffer som samler seg i svulstene eller i andre strukturer som en vil avbilde. Da blir det bare spredningen av fluorescensfotonene på vei ut av vevet som forringer avbildningen, mens spredningen av eksitasjonslyset som går inn i vevet, spiller

mindre rolle. Fluorescensen kan dessuten detekteres fra flere vinkler. Vinkelfordelingen av fluorescensen, samt forsinkelsen av den, bærer informasjon om lokaliseringen av de fluorescerende strukturene i vevet. Siden fluorescenslevetidene er lange (et nanosekund er lenge i denne sammenhengen), kan bare den første delen ("rising edge") av fluorescenssignalet nyttes.

En ny og meget lovende teknikk er *ultralydmodulering* av enten transmittert lys eller fluorescens. Ultralyd kan fokuseres på et lite område i vevet, og en kan sørge for å detektere bare det modulerte lyset som kommer ut. Dette lyset kommer i hovedsak fra fokalområdet for ultralyden og avspeiler hvordan vevet i dette området reagerer på den. Reaksjonen er forskjellig for forskjellige typer vev, og avbildning av forskjellene kan oppnås. Ultralydabsorpsjon fører til tetthetsvariasjoner i takt med ultralydsvingningene, og både absorpsjon, spredning og fluorescensemisjon avhenger av tettheten av henholdsvis absorbatorer, spredningssentra og fluorescensemitterende molekyler. Videre "rister" ultralyden på molekylene. Dette gir dopplerforskyvning av monokromatisk lys, som kan nyttes til avbildning.

Laserstråling er polarisert, og det viser seg at polarisasjonen beholdes lenger inn i et spredende medium enn retningen av fotonene beholdes. Fotonene som er minst spredt, beholder sin polarisasjon best. Derfor kan *polarisasjon* benyttes til å selektere de minst spredte fotonene for avbildning. Det viser seg at normalt brystvev depolariserer lyset mindre enn ondartede svulster gjør. Dette kan benyttes til å avbilde brystsvulster.

Refleksjonsspektroskopi er også blitt benyttet til å skille ondartede føflekksvulster i huden fra godartede føflekker. I begge tilfeller er det melanin som er hovedabsorbatoren, men kombinasjonen av spredning og absorpsjon er tilstrekkelig forskjellig til at refleksjonsspektroskopi er av diagnostisk verdi.

Elastisk spredningsspektroskopi (ESS) er nær beslektet med refleksjonsspektroskopi, men utføres ved at lyset ledes inn og ut av vevet via to separate fibre med en viss avstand mellom. Hvis denne avstanden er større enn 5 mm, slik at alle fotoner som samles opp er spredt mange ganger, vil spektret hovedsakelig preges av absorbatorene i vevet. Hvis avstanden er mindre enn 1 mm, derimot, vil spektret av det transmitterte lyset være preget både av spredning og av absorpsjon. Fiberpar kan føres inn i endoskop og bronkoskop og være nyttige til spektroskopisk diagnostikk i spiserør, tarm, blære og lunger.

I en rekke avbildningsteknikker benytter en seg av laserstrålingens koherens. *Koherent deteksjonsavbildning (CDI)* kan benyttes både i forbindelse med transmisjon og refleksjon. Laserstrålingen splittes i to stråler, en referansestråle og en deteksjonsstråle. Frekvensen, og dermed bølgelengden, av deteksjonsstrålen forskyves litt ($\Delta\omega$) i forhold til referansestrålen. Etter at deteksjonsstrålen har vært en tur inn i vevet, kombineres den med referansestrålen. Det oppstår da svevning med frekvensen $\Delta\omega$. Denne frekvensen selekteres og detekteres. Bare den strålingen som har beholdt koherensen, og har bølgefronter og polarisasjonsretning som passer med referansestrålen, bidrar til svevningssignalet. Det er altså de minst spredte fotonene som detekteres.

I såkalt *lavkoherens optisk tomografi* benyttes diodelasere med liten koherenslengde. Siden dybdeskarpheten er avhengig av koherenslengden (den veilengden som strålingen går før den mister sin koherens), gir et slikt system god oppløsning i dybderetningen, men kan bare brukes til å studere tynne vevssjikt ($\sim$ 1 mm). Koherensegenskapene til lyset som er reflektert fra objekter inne i vevet, gir informasjon om hvor langt lyset har gått gjennom vevet til og fra objektene. Dette benyttes så til å bestemme avstanden fra overflaten til disse objektene. Objekter i forskjellig dybde, avbildes ved å variere lengden på referansestrålen før den koples sammen med prøvestrålen til interferensbestemmelse. Frekvensforskyvningen av prøvestrålen og måling av svevningssignalet utføres. Avbildning av et vertikalt snitt ned gjennom vevet oppnås ved å skanne prøvestrålen lateralt (på tvers) over vevet. Det er flere likhetspunkter mellom denne tomografiske teknikken og ultralyd pulsekkoavbildning. Oppløsningen er noen få mikrometer i både lateral og longitudinal (dybde) retning.

Vi ser at det er en rekke lovende teknikker for optisk avbildning underveis til klinisk bruk. Ganske sikkert vil noen av disse teknikkene snart supplere eksisterende røntgenteknikker og avbildningsteknikker med magnetisk resonans (MRI).

Litteraturliste følger på side 21.

Fra Fysikkens Verden

60. årgang
1998

Norsk Fysisk Selskap
Oslo 1998

ISSN-0015-9247

Innhold FFV 1998

Nr. 1:

Fra Redaktørene 2
FFV Gratulerer:
Thormod Henriksen 70 år
Einar Sagstuen 2
Anders Storruste 80 år
T. Strand 4
Bergesen-prisen til Johan Moan
Redaksjonen 5
Institutt for energiteknikk 50 år
Redaksjonen 5
In Memoriam:
Alf Lofthus
Jens Lothe og Leif Veseth 5
Franz Olav Breivik
Sven Oluf Sørensen 7
Nøytrontilgang og nøytronbruk i framtida
Olav Steinsvoll 8
Grunnleggende problemer i kvantefysikk
Kristoffer Gjötterud 13
Trim i FFV 16
Indeks FFV 1997 17
Hva heter de tunge grunnstoffene?
P. C. Hemmer 21
Kommentar 23
Ragnar Fjelland: Vitenskapskrig på norsk jord?
Olav Steinsvoll: Svar
Bokomtaler 26
Helge Kragh: Cosmology and Controversy.
Princeton University Press, 1996.
Peter Coles & George F.R. Ellis:
Is the Universe Open or Closed?
Cambridge University Press, 1997.
Nye Doktorer 28
Dr.scient. Jannicke Hilland
Dr.scient. Johne Alex Larsen
Dr.ing. Inger Hege Lågstad
Ph.D. Olav Fredrik Syljuåsen
Dr.scient. Susanne F. Vifers
Hva skjer 31
Norske Fysikkstudenters Forening
Nytt fra NFS 32
Fysikermøtet 1998
Årsmøtet 1998
Nettverksmøte, Kvinner i fysikk
Program for Fysikermøtet
Program for Nettverksmøtet
Påmelding til Fysikermøtet

Nr. 2:

Fra Redaktørene 38
FFV Gratulerer:
Meltzerprisen til Jannicke Hilland
Redaksjonen 38
"Romvær" – av betydning i hverdagen?
Hans Péceli 39
Molekylene i verdensrommet
Harald Møllendal 46
Strålingsdosimetri med ESR-spektroskopi
Eli Olaug Hole 52
Bokomtale 58
Stephen Hawking: Univers uten grenser.
J.W. Cappelen Forlag A/S, 1997.
Konferanse 59
Bjarne Stugu: Beyond the Standard Model V
Kommentar 60
Truls Wyller: Misvisende om fysikk og filosofi
Olav Steinsvoll: Svar
Nye Doktorer 61
Dr.scient. Tor Haugset
Trim i FFV 61
Hva skjer 62
Rondablikk-seminaret
Seminar i petroleumsfysikk
Nytt fra NFS 63
Nye medlemmer

Nr. 3:

Fra Redaktørene 66
In Memoriam:
Steingrim Skavlem
Johannes M. Hansteen 66
Øystein Elgarøy
O. Engvold, Ø. Hauge og P. Maltby 67
FFV Gratulerer:
Formidlingspris til Thormod Henriksen
Redaksjonen 68
Forskningspris til Eirik Grude Flekkøy
Redaksjonen 68
Trim i FFV 68
Klokker uten tidssignaler
L. Geetha og A. Johnsson 69
Kvantisk sammenfiltring og teleportasjon
Johannes M. Hansteen 76
Fysikknytt 80
Øyvind Grøn: Gravitasjonell dra-effekt verifisert
Harald Møllendal: Mye vann i universet
Fysikk i skolen 81
Anders Isnes: Fysikklæreren på vei ut av skolen?
Konferanser 82
Eva Bjørklund og Christian Brekken: ICPS'98
Asbjørn Kildal:
Nordisk Plasma- og Gassutladningssymposium
Hva skjer 84
Olav Steinsvoll: Nøytronspektroskopi på IFE
Per Chr. Hemmer: Onsagermedaljen til Lieb
Bokomtale 86
W. Manheimer, L.E. Sugiyama and T.H. Stix:
Plasma Science and the Environment.
American Institute of Physics, 1997.
Nye Doktorer 87
Dr.scient. Heidi A. Espedal
Dr.scient. Bjørn Tore Hjertaker
Dr.scient. Bård Krane
Dr.scient. Anjali B. Riise
Nytt fra NFS 89
Fysikermøtet 1998
Årsmøtet 1998
Nye medlemmer

Nr. 4:

Fra Redaktørene 94
In Memoriam: Stein Lidvar Ullaland
J. Bjordal, K. Brønstad, J. Stadsnes, F. Søraas og K. Aarsnes 94
Et arktisk forskningseventyr
Tove Svendby 95
Har nøytronene likevel masse?
Per Osland og Geir Vigdel 99
Nobelprisen i fysikk 1998
Jan Myrheim 103
Fra Fysikkens Historie 106
Jan Ivar Korsbakken: Hans Christian Ørsted
Fysikk i skolen 108
Anders Isnes: Fysikkfaget i videregående skole
Bokomtale 110
L. Hoddeson, L. Brown, M. Riordan, and M. Dresden:
The Rise of the Standard Model.
Cambridge University Press, 1997.
Nye Doktorer 111
Ph.D. Ronny A. Albrechtsen
Dr.ing. Annik Magerholm Fet
Dr.scient. Tore guneriussen
Dr.scient. Are Haugan
Dr.ing. Christian Heinlein
Dr.scient. Inger Solheim
Dr.scient. Tor Standnes
Dr.scient. Hege Urkedal
Dr.ing. Hilde Johnsen Venvik
Dr.scient. Bjørn Gerry Viksund
Trim i FFV 117
Hva skjer 117
Biofysikermøtet 1999
Fysikermøtet 1999
EPS-konferansen 1999
Kristian Birkeland hedret i Japan
Nytt fra NFS 118
Priser til utdeling
Ny internettadresse for NFS
Nye medlemmer

∞

Forfatterregister 1998

Bjordal, Jon, Kjell Brønstad, Johan Stadsnes, Finn Søraas og Kjell Aarsnes:
Stein Lidvar Ullaland in memoriam 94
Bjørklund, Eva og Christian Brekken:
ICPS'98 i Coimbra, Portugal 82
Egeland, Alv:
Kristian Birkeland hedret i Japan 118
Engvold, Oddbjørn, Øivind Hauge og Per Maltby:
Øystein Elgarøy in memoriam 67
Fjelland, Ragnar:
Vitenskapskrig på norsk jord? 23
Geetha, L. og A. Johnsson:
Klokker uten tidssignaler 69
Gjötterud, Kristoffer:
Grunnleggende problemer i kvantefysikk 13
Grøn, Øyvind:
Gravitasjonell dra-effekt verifisert 80
Hansteen, Johannes M.:
Steingrim Skavlem in memoriam 66
Hansteen, Johannes M.:
Kvantisk sammenfiltring og teleportasjon 76
Hemmer, P.C.:
Hva heter de tunge grunnstoffene? 21
Hemmer, Per Chr.:
Onsagermedaljen til Lieb 86
Henriksen, Thormod:
Fysikermøtet 1998 89
Hole, Eli Olaug:
Strålingsdosimetri med ESR- spektroskopi 52
Isnes, Anders:
Fysikklæreren på vei ut av skolen? 81
Isnes, Anders:
Fysikkfaget i videregående skole 108
Kildal, Asbjørn:
Nordisk Plasma- og Gassutladningssymposium ... 84
Kjernsmo, Kjetil:
Norske Fysikkstudenters Forening 31
Knutsen, Henning:
Bokomtale: Helge Kragh: Cosmology and Controversy. Princeton University Press, 1996 26
Knutsen, Henning:
Bokomtale: Peter Coles & George F.R. Ellis: Is the Universe Open or Closed? Cambridge University Press, 1997 27
Knutsen, Henning:
Bokomtale: Stephen Hawking: Univers uten grenser. J.W. Cappelen Forlag A/S, 1997 58
Korsbakken, Jan Ivar:
Hans Christian Ørsted 106
Lothe, Jens og Leif Veseth:
Alf Lofthus in memoriam 5
Myrheim, Jan:
Nobelprisen i fysikk 1998 103
Møllendal, Harald:
Molekylene i verdensrommet 46
Møllendal, Harald:
Mye vann i universet 80
Osland, Per:
Bokomtale: L. Hoddeson, L. Brown, M. Riordan, and M. Dresden: The Rise of the Standard Model. Cambridge University Press, 1997 110
Osland, Per og Geir Vigdel:
Har nøytrinoene likevel masse? 99
Pécseli, Hans:
"Romvær" – av betydning i hverdagen? 39
Pécseli, Hans:
Bokomtale: W. Mannheimer, L.E. Sugiyama, and T.H. Stix: Plasma Science and the Environment. American Institute of Physics, 1997 86
Sagstuen, Einar:
Thormod Henriksen 70 år 2
Steinsvoll, Olav:
Nøytrontilgang og nøytronbruk i framtida 8
Steinsvoll, Olav:
Vitenskapskrig på norsk jord? Svar 25
Steinsvoll, Olav:
Misvisende om fysikk og filosofi. Svar 61
Steinsvoll, Olav:
Nøytronspektroskopi på IFE 84
Strand, T.:
Anders Storruste 80 år 4
Stugu, Bjarne:
Beyond the Standard Model V 59
Sudbø, Asle:
Ronablikk-seminaret 1998 62
Svendby, Tove:
Årsmøtet 1998 90
Svendby, Tove:
Et arktisk forskningseventyr 95
Sørensen, Sven Oluf:
Franz Olav Breivik in memoriam 7
Wyller, Truls:
Misvisende om fysikk og filosofi 60

∞

Litteratur

1. J. Moan, Ø. Bech, Q. Peng og K. Berg: *Bruk av 5-aminolevulinsyre i fotokjemoterapi og fluorescensdiagnostikk.* Tidsskr. Nor. Lægeforening **8**, 1206–1211 (1998)
2. J.C. Hebden, S.R. Arridge and D.T. Deply: *Optical imaging in medicine: I. Experimental techniques.* Phys. Med. Biol. **42**, 825–840 (1997)
3. I.J. Bigio and J.R. Mourant: *Ultraviolet and visible spectroscopies for tissue diagnostics: Fluorescence spectroscopy and elastic scattering spectroscopy.* Phys. Med. Biol. **42**, 803–814 (1997)
4. W.M. Star: *Light dosimetry in vivo.* Phys. Med. Biol. **42**, 763–787 (1997)
5. D. Huang, E.A. Swanson, C.P. Lin, J.S. Schuman, W.G. Stinson, W. Chang, M.R. Hee, T. Flotte, K. Gregory, C.A. Pulafito, and J.G. Fujimoto: *Optical coherence tomography.* Science **254**, 1178–1181 (1991)

∞

Mulig forekomst av supertunge grunnstoffer i naturen

Arild O. Brunfelt *

Maria Goeppert Mayer delte den ene halvpart av nobelprisen i fysikk med J. Hans D. Jensen i 1933 for "Deres oppdagelser av kjerneskallstrukturer". De hadde vist at stabile nuklider (atomkjerner) var avhengig av antall nøytroner og protoner. Antall protoner eller antall nøytroner måtte svare til ett av tallene 2, 8, 20, og 28, som de kalte for "magiske". Spesiell stabilitet har man for lette grunnstoffer som helium-4 med 2 nøytroner og 2 protoner, oksygen-16 med 8 nøytroner og 8 protoner og kalsium-40 med 20 nøytroner og 20 protoner. Disse nuklider sier man er "dobbelt magiske". Mayer påpekte ytterligere, i 1948, at man hadde magiske tall også for 50 og 82 protoner, og for 50, 82, og 126 nøytroner. Denne artikkelen tar for seg oppdagelsen av de tunge grunnstoffene uran og thorium, og våre dagers søk etter de såkalte supertunge grunnstoffer.

Thorium, med atomnummer 90, ble oppdaget i 1828 i det norske mineralet thoritt. Uran ble oppdaget i mineralet bekblende i 1789, av M.H. Klaproth. Dette elementet, med atomnummer 92, var det siste grunnstoff i det periodiske system helt til oppdagelsen av transuranene fra 1940 og utover.

Thorium er det andre grunnstoff av en serie grunnstoffer med atomnummer fra 89 til 103 og som betegnes som actinoidene. Denne rekke av grunnstoffer tilsvarer lantanoidene, med atomnummer fra 57 til 71.

Alle grunnstoffer som har høyere atomnummer enn vismut-83 er radioaktive. De naturlige radioaktive grunnstoffer i denne delen av det periodiske system tilhører kjeder av suksessive spaltninger til grunnstoffer med lavere atomnummer, og alle spaltningsproduktene i en slik kjede utgjør, ifølge Ernest Rutherford (1871–1937) og medarbeidere, en radioaktiv familie eller serie. Tre av disse familier er thorium-232 serien, uran-238 serien og uran-235 serien.

Allerede i 1899 begynte Rutherford studiet av de egenskaper som strålingen ved disse omvandlinger var forbundet med. Det ble vist at det var to komponenter som ble kalt henholdsvis α- og β-stråling. α-partikler som frigis ved nedbryting av de to uran-serier og den ene thorium-serien, fører til dannelse av helium. Man har også hatt ytterligere

*Mineralogisk-geologisk museum, Universitetet i Oslo.

en serie, som startet med Np-232, men den er nå utdødd. I mineraler med høyt innhold av uran og thorium er det derfor kjent at man får en akkumulering av helium på grunn av α-partikler.

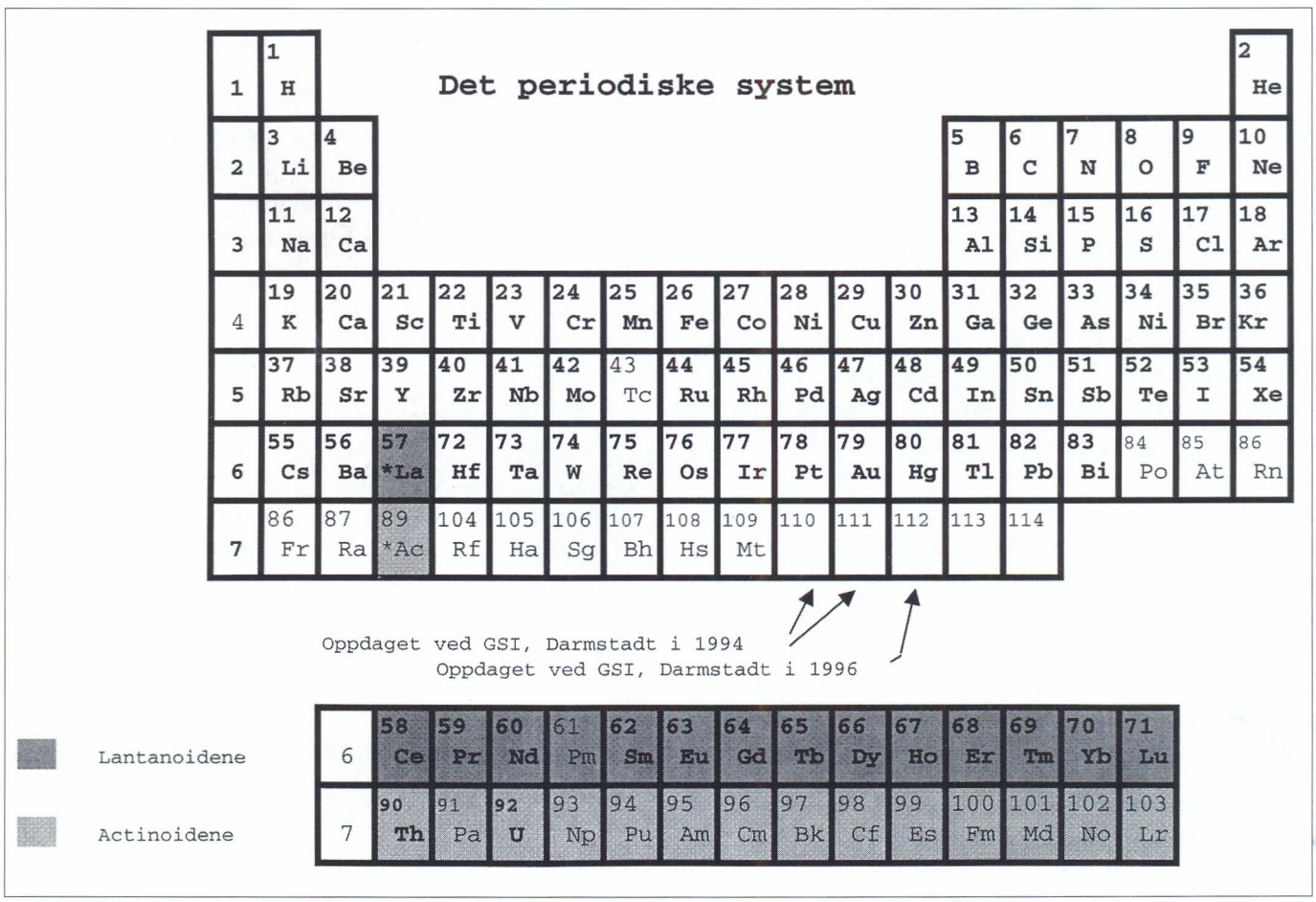
Fisjon og spontanfisjon

I 1939 publiserte Lise Meitner og Otto Frisch en artikkel i *Nature*[1] om spaltning av uran i to nuklidefragmenter ved bombardering med nøytroner. Denne kjerneprosessen kalte de fisjon. Ved hver slik fisjonsprosess blir det frigitt gjennomsnittelig 2,4 nøytroner. Dette ga som kjent, opphav til kjedereaksjoner.

For uran har man også en fisjonsprosess som skjer spontant uten bombardering med nøytroner. Slik spontanfisjon i uran ble først oppdaget av de to russiske forskerne G.N. Flerov og K.A. Petrzhak. De ga en ni linjer kort meddelse om dette i tidsskriftet *The Physical Review* i 1940.[2] Sannsynligheten for denne prosess øker med økende atomnummer. Den generelle trend for spontanfisjon indikerer at ved tilstrekkelig høyt antall protoner, vil ustabiliteten for fisjon bli den begrensende faktor for syntese av nye grunnstoffer.

Transurane grunnstoffer

Transuraner er fellesbetegnelse for de kjemiske grunnstoffer som har høyere atomnummer enn uran(92). Disse grunnstoffer er neptunium Np(93), plutonium Pu(94), americium Am(95), curium Cm(96), berkelium Bk(97), californium Cf(98), einsteinium Es(99), fermium Fm(100), mendelevium Md(101), nobelium No(102) og lawrencium Lr(103). På grunn av kosmisk stråling finnes det spor av de letteste transuranene i avsetninger av uranmineraler og i sjøvann. Dessuten har vi fått en viss miljøforstyrrelse av disse grunnstoffene på grunn av reaktorteknologi og nedfall etter kjernefysiske sprengninger. Det kan nevnes at den norske fysikeren Torbjørn Sikkeland var med i de forskningsgrupper som oppdaget nobelium og lawrencium.



Figur 1. Det periodiske system. Når det gjelder navn på de nye grunnstoffer, vises det forøvrig til Hemmer[14].

Atomnummer 104, 105 og 106

To forskningsgrupper gjør krav på oppdagelsen av disse tre tunge elementene, nemlig forskere ved Lawrence Berkeley laboratoriet og en gruppe forskere ved Det forenede institutt for nukleær forskning i Dubna (Russland). Nomenklaturkomiteen til International Union Of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), har akseptert navnene rutherfordium Rf(104), dubnium Db(105) og seaborgium Sg(106).

Atomnummer 107, 108 og 109

Armbruster og Munzenberg[3] har gitt en beskrivelse av sitt arbeid med disse eksotiske nuklider som utføres i Institutt for tungionforskning GSI (Gesellschaft für SchwerenIonenforschung) i Darmstadt. Det første av disse supertunge grunnstoffer, 107, ble identifiseret i 1981. Blant annet så avtar halveringstiden med økende masse. De tyngste grunnstoffer som de hadde produsert, forsvinner nesten umiddelbart etter at de har blitt dannet! Halveringstider fra 46 sekunder til 0,8 millisekunder for de aktuelle isotopene, blir oppgitt.

Det påpekes at stabiliteten til de nye grunnstoffene skyldes de atomære arrangementer av protoner og nøytroner heller enn de makroskopiske egenskaper som stabiliserer de lettere nuklider. Forøvrig nevnes det at man har en vekselvirkning mellom den sterke kjernekraft som binder nøytroner og protoner sammen og den elektrostatiske kraften som driver protonene fra hverandre. Når nuklidene blir tyngre, blir de relativt mer nøytronrike. Nuklidenes bindingsenergi har et maksimum ved jern, men bare uran og enda tyngre grunnstoffer fisjonerer spontant. Nomenklaturkomiteen til IUPAC har nå foreslått navnet bohrium, Bh, for dette elementet.

Senere er også grunnstoffene 108 og 109 produsert og identifisert. Navn for disse to tunge elementene er nå foreslått av IUPAC, nemlig hassium Hs(108) og meitnerium Mt(109).

De siste oppdagelser: atomnummer 110, 111 og 112

Den 9. februar 1996 hevdet en internasjonal gruppe ved GSI at de hadde oppdaget element 112. Denne oppdagelsen gir, etter at en i 1994 også hadde lykkes med å lage elementene 110 og 111, grunnlag for optimisme når det gjelder å trenge inn i områdene til de supertunge atomer.

Studier av mineraler

De russiske forskerne Gerling og medarbeidere[4] har gjort et stort arbeid basert på studier av "overskudds" He og Ar for å bestemme nedbrytingsprodukter av supertunge grunnstoffer. Heliumoverskuddet i f.eks. cordieritt, som er et mineral med sammensetning $Mg_2Al_4Si_5O_{18}$, er meget stort. Mange forskere tror at det heliumoverskudd som akkumuleres i slike mineraler skyldes at deres strukturer inneholder kanaler som helium går inn i under krystallveksten. De russiske forskerne hevder imidlertid at mange kjente mineraler med heliumoverskudd ikke har slike kanaler. Forøvrig var R.J. Strutt (han ble seinere lord og skiftet navn til Rayleigh) allerede i 1910 opptatt av at heliuminnholdet var for høyt i forhold til produksjonen av α-partikler, og dette førte til problemer ved beregninger av Jordens alder, et forhold som ennå bare er delvis oppklart. De russiske forskerne konkluderer med at

1. Det finnes mineraler med overskudd av He-4 og Ar-40 som ikke er relatert til nedbrytning av kjente radioaktive grunnstoffer.
2. Overskudd av He-4 opptrer i mineraler som inneholder kalsium, i jern-, nikkel-, kopper- og blysulfider, og i en del naturlig forekommende grunnstoffer.
3. Innholdet av "overskudds"-helium og argon avtar med avtagende alder av mineralene.
4. Det er en kvalitativ korrelasjon mellom He og Ar i mineraler.
5. Overskudd av He og Ar er karakteristisk for mineraler som har krystallisert fra en væskefase med høyt innhold av flyktige stoffer. Disse antas å være dannet fra en gassfase som har akkumulert supertunge grunnstoffer.

Hypotesen om oppsamling av overskudd av helium og argon som resultat av fisjon av supertunge elementer, leder til to konklusjoner: 1) For å forklare overskudds-argon i mineraler, er det nødvendig å anta sterkt asymmetrisk, eller trippel, fisjon av supertunge kjerner. 2) Dataene om overskudd av He og Ar kan bli benyttet som kriterier for leting etter transuraner i naturen.

Spor i ekstraterrestrisk materiale

Bhandari og medarbeidere[5] fant unormalt lange spor etter fisjon i krystallprøver fra Apollomåneferdene. De trodde dette var fisjonspor etter supertunge grunnstoffer.

Anders og medarbeidere[9] fant unormale hyppighetsforhold ved xenon isotop-analyser i Allendemeteoritten, som falt ned i Mexico i 1969. De mente at dette hadde sammenheng med spaltingsprodukter fra supertunge grunnstoffer.

Ved betraktning gjennom et mikroskop kan man i visse mineraler (særlig biotitt) se mørke sirkulære flekker og konsentriske ringer, såkalte "pleokroittiske haloer". Disse flekkene skyldes uregelmessigheter i krystallgitteret, og dannes ved langvarig bombardering med α-partikler fra radioaktive grunnstoffer som er innesluttet i mineralet.

Gentry[7] har lansert ideen om at de kjempestore haloer som ble funnet i enkelte bergarter skyldes α-partikler fra eksisterende supertunge elementer. Han målte røntgenstråling som utsendes ved protonbombardement på inneslutninger i glimmer fra Madagaskar.

Stakemann og medarbeidere[8] har gjort en undersøkelse av monazitter, dvs. mineraler med sammensetninger $(Ce, La, Nd, Th)PO_4$ fra forskjellige land, med røntgenstråling fra supertunge grunnstoffer. De brukte Am-241 for røntgeneksitering og en lavenergetisk γ-detektor, men fikk negative resultater til tross for at prøvene også ble behandlet kjemisk.

De tyske forskerne Becker og Dietze[9] har med en ultraømfintlig massespektrometrisk metode forsøkt å påvise de supertunge grunnstoffer direkte i manganknoller og i Allende-meteoritten, uten positivt resultat.

Dannelse ved supernovasjokk?

Astronomen Truran og medarbeidere[10] har påpekt at hvis supertunge grunnstoffer eksisterer, eller har eksistert i naturen, så vil de ha vært produsert i den kosmiske dannelsesprosessen. Det vil i så fall være mulig å finne dem i meteoritter.

Søk i meteoritter

Man har tenkt at supertunge grunnstoffer kan opptre i jernkjernen av et himmellegeme som Månen. Det er grunn til å anta at supertunge nuklider vil frigi minst 10 nøytroner. Derfor har engelske forskere[11] fått bygget et laboratorium langt under jordens overflate for å bruke et avansert detektorsystem til bestemmelse av nøytroner. Etter 6 måneders måling av en 11 kg jernmeteoritt, fikk man imidlertid ikke noe positivt resultat.

Teoretiske beregninger

Den siste dobbelt-magiske nuklide som er kjent, er en Pb(82)-isotop med 126 nøytroner og 82 protoner.

Allerede i sekstiårene begynte man å spekulere på om nuklider tyngre enn uran kunne være så stabile at de kunne finnes i naturen. Tidlige beregninger fra 1966 viste at man kunne ha et stabilitetsområde rundt nukliden ^{298}X-114, hvor X er et ukjent element. Blant annet har de polske forskerne Cwiok og Sobiezewski[1] gjort beregninger som viser at nukliden ^{298}X-114 er dobbelt magisk. Nylig har Gherghescu og medarbeidere[13] kommet med beregninger for en ytterligere antatt dobbelt magisk nuklide, nemlig ^{304}X-120. Særlig har den tyske regjering gjort store investeringer i GSI, og forskerne der står godt rustet for nye nuklideoppdagelser av det neste supertunge grunnstoff, 114, eka-bly.

Litteratur

1. L. Meitner and O.R. Frisch: *Desintegration of Uranium by Neutrons. A New Type of Nuclear Reaction.* Nature **143,** 239 (1939)
2. G.N. Flerov and K.A. Petrzhak: *Spontaneous fission of uranium.* Phys. Rev. **8,** 89 (1940)
3. P. Armbruster and G. Munzenberg: *Creating superheavy elements.* Scient. Amer., mai, 36 (1989)
4. E.K. Gerling, G.Sh. Ashkinadze and V.D. Sprintsson: *On the possible occurence in nature of products of radioactive decay of superheavy elements.* Geochem. Int. 469 (1974)
5. N. Bhandari, G. Bhat, D. Lal, G. Rajagopalan, A.S. Tamhane and S. Enkatavaradan: *Super-heavy Elements in extraterrestrial samples.* Nature **230,** 219 (1971)
6. E. Anders, H. Higushi, J. Gros, H. Takahashi and J.W. Morgan: *Extinct superheavy element in the Allende meteorite.* Science **190,** 1262 (1975)
7. R.V. Gentry: *Extinct radioactivity and the discovery of a new pleochroic halo.* Nature **213,** 487 (1967)
8. R. Stakemann, R. Heimann, G. Hermann, G. Titell and N. Trautmann: *Search for superheavy elements in monazites using chemical enrichment.* Nature **297,** 136 (1982)
9. S. Becker and H.J. Dietze: *Möglichkeiten der Nachweises superschweres Elemente mit massenspektrometrischen Methoden.* Isotope in der Natur **84,** 41 (1984)
10. J.W. Truran, J.J. Cowan and A.W. Cameron: Proc. Superheavy Elements. Ed. M.K. Lodhi, Pergamon Press (1978) p 515

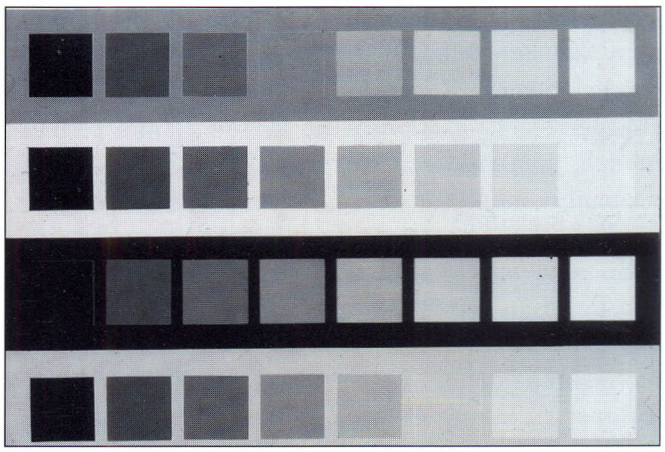
11. C.J. Hatton, J.E. McMillan and J.C. Barton: *A search for super heavy elements in an iron meteorite.* Meteoritics **22**, 406 (1987)

12. S. Cwiok and A. Sobiezewski: *Potential energy and fission barriers of superheavy nuclei calculated in multidimensional derformation space.* Z. Phys. A - Hadrons and Nuclei **342**, 203 (1992)

13. R.A. Gherghescu, D.N. Poenaru and W. Greiner: *Fission channels of 304120.* J. phys. G. Nucl. Part. Phys. **24**, 1149 (1998)

14. P.C. Hemmer: *Hva heter de tunge grunnstoffene?* Fra Fysikkens Verden **60**, 21 (1998)

∞



Figur 1. Eksempel på simultan lyshetskontrast og omfeltets betydning for lyshetsskaleringen. Bildet viser fire fysisk identiske lyshetsrekker med fire forskjellige bakgrunnslysheter. (Fra Valbergs bok.)

Bokkronikk

Arne Valberg: Lys, syn farge. Tapir forlag, Trondheim, 1998 (280 sider) 375 kr.

Denne boken er utgitt med støtte fra Lærebokutvalget for høgre utdanning og er et viktig tilskudd til norsk læreboklitteratur på høyere nivå. Den bygger på kurser som er holdt ved universitetetene i Oslo og Trondheim, og som ifølge forfatteren har samlet "et broket knippe av fysikere, biologer, synspedagoger, optikere, psykologer, klinikere, arkitekter og ingeniører". Bokens tema tiltrekker således teoretikere og praktikere fra høyst forskjellige områder. At dette setter visse krav til fremstillingens almenforståelighet, er noe som Valberg selv kommer tilbake til ved flere anledninger, også i innledningen.

Fremstillingen er delt i tre hovedkapitler som henholdsvis handler om lyset, øyet og farvene. Hvert av disse temaer utvikles i det samme trehetlige perspektiv, men med forskjellig vektlegging av enkeltaspektene.

Lyskapitlet utvikler elementene av geometrisk avbildningsoptikk med sikte på avbildning i øyet. Fremstillingen bygger på den gjengse teori for tynne linser, men det har sneket seg inn en forvirrende figur som tilsynelatende anskueliggjør dette ved hjelp av det motsatte grensetilfellet, nemlig lysbrytning i kuler.

Gjennom begrepene synsskarphet og kontrastgjengivelse føres leseren til en beskrivelse av billedgjengivelsen som en kontrastoverføringsfunksjon.

Øyekapitlet begynner med modellen av øyet som kamera, samt en oversikt over typiske utforminger av kameraøyet i dyreriket. På dette grunnlag redegjøres for dybdesyn, dybdeskarphet, noen trekk ved synsrommets geometri (horopteret) samt grunnlaget for autostereogrammer og 3D-bilder.

Øyets fysiologi fremstilles med vekt på netthinnens cellestruktur og organiseringen av reseptive felter, det cellebiologiske grunnlag for neurale signalprosesser, samt netthinnen som et signaloverføringssystem. Fremstillingen munner ut i en modell for fornemmelse av lyshet og mørkhet, flate- og konturkontrast. Deretter følger en analyse av begrepene respons og følsomhet, kontrast og kontrastfølsomhet.

Det avsluttende og mest omfattende kapittel, handler om farvesynet, som også synes å være forfatterens særlige anliggende. Det innledes med en redegjørelse for farveerfaringens fysisk-optiske forutsetninger og systematikk. Typer av farveblandinger gjennomgås som grunnlag for målesystemer for farver, med særlig vekt på det internasjonale CIE-systemet. Av hensyn til den historiske kontinuitet, hadde det her vært på sin plass med en henvisning til Grassmanns trikromatiske farverom (1853), som også står sentralt i matematikkhistorisk perspektiv. Med utgangspunkt i Helmholtz (1896) og Schrödinger (1924), og på grunnlag av egne arbeider, drøfter Valberg muligheten for å definere linjeelementer i et alminnelig eller forskjeller.farverom på grunnlag av minste merkbare farveforskjeller. Problemet er at farve-

forskjellens komponenter (luminans og krominans) ikke har noe felles mål. Dermed ledes oppmerksomheten mot adaptasjon og farvekontrast (farvete skygger etc.). Det vises at Edwin Lands retinex-modell, som vakte så stor oppsikt i 60-årene og ble propagert med stor energi, bryter sammen.

Farvefornemmelsens fysiologiske grunnlag innledes med en oversikt over typiske former for defekt farvesyn (farveblindhet) som mulig grunnlag for bestemmelse av elementære komponenter i fornemmelsesfunksjonen. Leseren innføres i en lite kjent forløper til Young–Helmholtz' tre-reseptorhypotese, samt dennes konfrontasjon med Herings postulat om tre par opponente, "unike" farvefornemmelser (gult/blått, rødt/grønt, hvitt/sort). Av grunner som Valberg ikke egentlig drøfter kritisk, synes han å føle seg forpliktet overfor Herings postulat, og en stor del av fremstillingen er viet neurofysiologiske modeller for såkalt farveopponens, basert på prinsippet om on-offrespons: Visse celler reagerer på en spesifikk stimulus, andre på fravær av en spesifikk stimulus. På grunnlag av egne og andres arbeider utvikler Valberg en modell for spektral følsomhet og respons på grunnlag av seks typer av slike opponente cellefunksjoner. En samlende oversikt over de seks celletypene finnes imidlertid bare implisitt i en illustrasjon som viser farvete polardiagrammer for cellerespons som funksjon av spektral renhet og dominant bølgelengde. Å illudere celleresponser ved hjelp av pigmentfarver, i dette tilfellet printerpigmenter, er problematisk. Det minner for øvrig om lærebøker i fysikk som ynder å gjengi gassenes glødespektra ved hjelp av høyst misvisende trykkfarver. En påstand om at "for S-L-cellen er den maksimale responsen ikke langt fra elementær blå, bare en tanke på den fiolette siden", har ingen mening.

Behandlingen av noen kjente og slående farvefysiologiske erfaringer, så som Abney-effekten og Bezold-Brückes fenomen, leder frem til et avsnitt om mulige organiserende hjerneprosesser. De eiendommelige virkningene av en type hjerneskader ("split-brain"), hvor funksjonelle komponenter i et helhetlig synsbilde faller ut, blir gjennomgått.

På tross av disse skjønnhetsplettene gir Valberg i større grad enn mange forfattere på dette feltet, plass til en grunnleggende vurdering av modellenes rekkevidde. Eksempelvis understreker han at forklaringen på en så elementær erfaring som farvekonstans (eplet beholder sin farve i skiftende belysning) ligger hinsides de neurofysiologiske modeller som i dag står til rådighet. Han stiller seg også spørrende til muligheten av å bestemme fysiologiske "korrelater" til elementære perseptive kvaliteter overhodet, til tross for at han, som ovenfor nevnt, selv prøver seg frem med slike analogier. Valberg krysser da grensen mot fagfelter som kognitiv psykologi og analytisk utsagnsfilosofi. Disse er imidlertid ikke representert i den brokete samling av seminardeltagere som boken innledningsvis refererer til. Man kunne ønske at Valberg her hadde provosert den motstand som tvinger til presisjon. Tverrfaglighet er et ideal som har sin pris. Hvis man pruter, blir man lett sittende med en vare som er tynnet ut med vitenskapelig sjargong. At celler har visse "oppgaver", at det finnes celler som "ser" konturgrensers helning, er suggestiv sjargong. Celler representerer reaksjonsmønstre. Noen annen "oppgave" har de ikke...

La oss betrakte noen typiske tilfeller av fysiologiske responsfunksjoner: Etter å ha hørt Anne Sophie Mutter, godtar jeg – som talemåte – både at hun gir g-strengen andre oppgaver enn a-strengen, og at hun lar dem kommunisere med hverandre, f.eks. i latter og gråt. Det betyr bare at hun kjenner og behersker strengenes reaksjonsmønstre så godt at hun med sitt instrument kan stimulere til latter og gråt hos den som har sans for slikt.

Apropos latter: For en tid siden gikk det en melding gjennom pressen om at Itzhak Fried ved University of California, ved et tilfelle hadde oppdaget det området i hjernen som ligger til grunn for latterreaksjonen. Da han under undersøkelsen av en epileptiker kom til å berøre et bestemt hjerneområde med en elektrode, begynte pasienten å le, og jo sterkere han stimulerte, jo høyere lo hun. Fried hadde oppdaget den fysiologiske forutsetningen for latterreaksjonen. Samtidig var responsen patologisk, for så vidt som legene ikke kunne se at det fantes noe å le av. Hvis ikke Fried selv hadde styrt elektroden, ville han kanskje ha diagnostisert henne som et psykiatrisk kasus. Fysiologien er en nødvendig, men ikke tilstrekkelig betingelse for en sunn latter. Det må også foreligge noe å le av. Dette er ikke målbart, men det gir latteren en bestemt karakter innenfor en skala av karakteristiske former for latter. Latter kan være befriende, overstadig, tilbaketrengt, ironisk, vemodig etc. Geniale humorister, som Charles Dickens, går ikke rundt og ler, men de gjengir livets situasjoner på en slik måte at de fremkaller et befriende smil hos leseren.

Like lite som Anne Sophie Mutters fiolin, kan en eller annen hjernefunksjon gjelde som et "korrelat" til latter. Et slikt korrelat finnes ikke. Det kom-

plette latterfenomen forutsetter en bestemt sans: sansen for humor, som gir rom for individets frie omgang med livets situasjoner. Itzhak Frieds elektrode stimulerer en innholdsløs latter, en tom funksjon, som den leende selv ikke vedkjenner seg. Itzhak Frieds er å ligne med en dilettant som lar buen gli tilfeldig over fiolinens strenger.

Fysikkens verdensbilde bygger på tilsvarende forhold fra andre sanseområder. Ett av dem er persepsjonen av *hastighet*. Begrepet går tilbake til Aristoteles, som definerte hastighet som forholdet mellom tilbakelagt (endelig) vei og tid. Så vidt meg bekjent, hadde han ingen eksplisitt definisjon av *øyeblikkelig* hastighet. Den begynte å komme mot slutten av middelalderen (Oresme), i form av et abstrakt grafisk bilde hvor hastigheten representerer bevegelsens *intensitet* fra sted til sted. Den analytiske definisjon av hastighet som en differensialkvotient, sitter i dag i fingrene på oss, men studenter begynner gjerne å stotre hvis de blir bedt om å karakterisere hastighetserfaringen på en anskuelig måte. En slik anskueliggjøring oppnår man ved å forbinde bevegelsen med en art av forventning. Hastighetens "størrelse" i øyeblikket blir da et mål for når bevegelsen forventes å nå et eller annet mål. Det ville være meningsløst å utstyre naturprosessen med en iboende forventning, men persepsjonen av hastighet gir individet muligheten til å karakterisere en verden av hurtige og langsomme, målrettede bevegelser.

Et tyngdepunkt i Valbergs fremstilling danner fornemmelsen av *lyshet*, som også er et meget diskutert begrep i synslærens historie. I løpet av de siste 100–150 år, er det kommet en rekke store monografier om dette spørsmål, men det er også mitt inntrykk at enda for 50 år siden ble spørsmålet drøftet mer seriøst enn hva man stort sett nøyer seg med i dag.

Skaleringen av lyshet finner sted ved at minste gjenkjennbare lyshetsforskjeller under definerte observasjonsbetingelser, bestemmes som funksjon av et analytisk uttrykk for de målte strålingsintensitetsgradienter eller forskjeller. Denne forskjellen defineres f.eks. som *kontrast* eller *kontrastgrense*. Men hva utretter egentlig lyshetsforskjeller i vårt øyeblikkelige synsrom? De frembringer en fornemmelse av romlig sluttet form. En hvit rose eller en hvit kule, fremtrer som en karakteristisk romlig form gjennom fordelingen av lyshet på overflaten. Sin *karakter* har den fra det vi gjerne omtaler som *kontrast* mellom lysere og mørkere deler av overflaten. Dermed brukes ordet kontrast om to forskjellige ting, en målbar lyshetsgradient, og en ikke målbar karakter ved synsbildet. Kontrast som karakter gir individet spillerom for en fri omgang med sine optiske omgivelser.

Dette forholdet er efter min oppfatning også relevant for forståelsen av farveopponens, som utgjør et annet tyngdepunkt i Valbergs fremstilling. Grassmanns trikromatiske farverom betinger ingen karakteristiske "primærfarver". Det hviler bare på den alminnelige kjensgjerning at på en topologisk ring (i dette tilfellet farvetonesirkelen) kan vi orientere oss ved hjelp av minst tre utvalgte punkter. Farvene gir våre omgivelser kromatisk *karakter*. De er ikke målbare, men gir rom for individets frie omgang med sine visuelle omgivelser. Uten dem hadde vi ingen kunst, ingen vitenskap. Vi hadde ingen ting.

Selv om jeg hadde ønsket at Valberg hadde svinget sabelen friere, mener jeg han fortjener ære for en instruktiv fremstilling av dagens vitenskap om farvesyn, og for å ha lagt forholdene til rette for en meget nødvendig debatt om farvesynets forutsetninger og funksjon.

Boken røper inngående kjennskap til feltet. Enkelte steder blir fremstillingen nokså komplisert og får karakter av at forfatteren småsnakker med seg selv mer enn at han henvender seg til leseren. Dette avhjelpes av at fremstillingen er gjennomillustrert med gode bilder og diagrammer, foruten at den er rik på eksempler og eksperimenter som leseren kan utføre på seg selv. For lærere på videregående trinn, vil Valbergs bok være en nyttig informasjonskilde. På høyere og mer spesialisert undervisningsnivå, vil den utvilsomt bli mottatt med tilfredshet. Det ligger i tiden at det er en utbredt interesse for bokens tema. Behovet for informasjon er enormt, og trolig vil boken få en del kjøpere på grunn av sin tittel. Dette gjelder blant annet innenfor kunstfag. Slike lesere vil erfare at store deler av boken går hus forbi, men at fremstillingen nok vil stimulere til søk efter videre informasjon.

Torger Holtsmark

∞

Fysikk i Skolen

Fysikkundervisningen i England

På "Annual meeting for Association for Science Education (ASE)" i England i januar, var en hel dag satt av til å sette søkelys på fysikkundervisningen og rekruttering til fysikk i det vi kaller videregående opplæring. I England opplever de noe av det samme som vi opplever i Norge: Fysikkfaget er på vikende front i flere sammenhenger i Upper Secondary Education, colleges og universiteter.

Institute of Physics (IoP) som er interesseorganisasjonen for fysikere i England, og en meget seriøs aktør i så måte, ser med uro på denne utviklingen, og de har satt i gang et prosjekt som de kaller "post–16 Initiative". Dette initiativet tar sikte på å revitalisere fysikkundervisningen på dette nivået, trekke til seg flere studenter, gi støtte til fysikklærere og påvirke utviklingen av framtidige læreplaner i fysikk. Det er svært oppmuntrende å se hvordan et fysikermiljø tar ansvar og bruker sin kompetanse til å skape debatt og utvikle ideer.

IoP tar sikte på å utvikle en rekke debatthefter om viktige spørsmål vedrørende fysikkfagets innhold og metode. Temaene vil omfatte fem hovedområder:

1. Teaching specific topics in physics – from a contemporary perspective
2. Pedagogical issues
3. Recruiting and supporting physics teachers
4. Course and institutional structures
5. Responding to long term social and industrial trends

Det første heftet i denne serien har tittelen: "Shaping the Future. Making Physics Connect." Det er interessant for oss som er opptatt av de samme spørsmålene i Norge, å få vite hva slags "connections" det er snakk om. Innholdet i heftet viser det:

- Using case studies to show the development of concepts in physics
- Portraying scientists as real people
- Introducing what it is like to work as a scientist
- Exploring science – technology – society connections
- Making explicit the coherence of the subject
- Relating physics to the arts and humanities

IoP har gjennom dette debattheftet og de forelesningene som de gjennomførte på ASE-møtet i januar, reist spørsmål som våre læreplaner i fysikk delvis har tatt opp i seg ved de to siste revisjonene. Fysikkundervisningen i England har hatt tradisjon for å ta opp de klassiske disiplinene på en mer grundig måte enn fysikkundervisningen i Norge, men de har til gjengjeld ikke tatt med perspektivene som er nevnt ovenfor, og i mindre grad det vi vanligvis kaller moderne fysikk (relativitetsteori, astrofysikk etc). Nå diskuteres det altså om de bør ta inn emner fra den moderne fysikken, historisk stoff og mer person- og samfunnsorientert stoff.

Argumentene for å foreta disse endringene er flere. For det første, mener noen at dette vil kunne bidra til å gjøre fysikken mer attraktiv for elever og studenter, og dermed kunne føre til økt rekruttering. For det andre, vil dette bidra til at elever og studenter får et mer helhetlig og korrekt bilde av fysikken, dens utvikling og vesen. For det tredje, vil en slik omlegging også kunne befordre læring i fysikk på en bedre måte. Dette er viktige argumenter også for fysikkundervisningen i Norge. Men vil en omlegging av fysikken i den retningen som tas opp i det nevnte debattheftet, gjøre noe med de forholdene som er nevnt ovenfor? Erfaringene fra Norge er vel ikke helt gode i så måte. Eller kanskje det ville ha vært langt verre i fysikkfaget her til lands dersom vi ikke hadde hatt de læreplanene vi har i dag? Jeg bare spør.

Jeg siterer fra forordet av Peter Campbell, i Shaping the Future: "Scientific ideas have affected the way we all experience the world. Philosophers, poets and novelists have been touched by them. But conventional science teaching does us all a disservice, misrepresenting the nature of science and at the same time alienating learners. There is a great need to re-establish the human-ness of science."

Hva mener norske fysikklærere og norske fysikere om slike tanker? Jeg utfordrer dere igjen til å komme med synspunkter på hvordan vi her i Norge kan utvikle faget i skolen til å vekke større interesse, gi god allmenndannelse og til å gi et godt grunnlag for videre studier. Eller er disse målene for sprikende til å kunne forenes?

De som ønsker å følge med i denne debatten i England, anbefales å følge med på Internett:
http://post16.iop.org

Anders Isnes

∞

Nye Doktorer

Hilde Merete Olerud

Cand.scient. Hilde Merete Olerud har tatt graden doktor ingeniør ved NTNU, med avhandlingen *Assessments of patient doses and image quality in X-ray diagnostics in Norway.*

Bruken av røntgendiagnostikk i Norge er studert ved landsomfattende kartlegginger av antall undersøkelser, og over 5000 målinger av stråledose til pasient ved mer enn 50 sykehus. Individuell og kollektiv effektiv dose fra all diagnostikk ble basert på målinger i luft med ionisasjonskammer, eller i fantom, og bruk av publiserte omregningsfaktorer etablert fra Monte Carlo-simuleringer. Ett av studiene inkluderte også en vurdering av bildekvalitet i mammografi ved hjelp av ulike testobjekter i to tekniske fantomer. Et humant fantom for studier av lesjoner i lever ble utviklet og utprøvd i fem computertomografi (CT)-laboratorier. Dette fantomet ble brukt til å bestemme total ytelse basert på "receiver operating characteristics" (ROC)-analyser. Fra 1983 til 1993 har antall røntgenundersøkelser økt fra 641 til 710 per 1000 innbyggere, og total kollektiv effektiv dose fra røntgendiagnostikk ble beregnet til 3400 manSv (0,78 mSv/innbygger). Antall CT-undersøkelser dobles hvert femte år, og utgjorde i 1993, 30 % av total kollektiv dose fra diagnostikk. Studiene avdekket betydelig variasjon både i stråledose til pasient og i bildekvalitet for samme type undersøkelse utført ved ulike sykehus. Denne variasjonen ble forklart ved bruker- og apparaturavhengige faktorer.

Doktorgradsarbeidet inneholder innspill til arbeidet med å standardisere metodene for bestemmelse av stråledose og bildekvalitet, og til arbeidet med å etablere anbefalinger for referansedoser og bildekvalitetskriterier i røntgendiagnostikk.

Hilde Merete Olerud ble cand.scient. i fysikk ved Universitetet i Oslo i 1987, og er ansatt som forsker ved Statens strålevern.

∞

Bjørn Braathen

Cand.scient. Bjørn Braathen har disputert for dr.scient.-graden ved Universitetet i Tromsø. Avhandlingens tittel er: *Hidden Markov Random Field models and Anisotropic diffusion for segmentation of images.*

Tema i avhandlingen er segmentering/klassifisering av generelle bilder. Segmentering vil si å skille objekter i et bilde fra bakgrunnen, og klassifisering er å knytte disse objektene til kjente klasser. Innenfor en bestemt klasse vil det være en naturlig variasjon som vil kunne gjøre at to punkter kan ha like verdier eller "farge", men tilhøre forskjellige klasser. Anisotropisk diffusjon anvendes for å gjøre variasjonen innenfor en klasse mindre.

To varianter av skjulte Markovmodeller benyttes i segmenteringen. En skjult Markovmodell antar at det observerte bildet er en bestemt funksjon av et underliggende felt, Markovfeltet. Dette har den egenskapen at fargen i et punkt avhenger av fargen til de omkringliggende punktene. En annen segmenteringsalgoritme er klynging, hvor et objekt er de punkter i bildet som er nærmest i farge.

Anvendelsen av anisotropisk diffusjon vises å ha en positiv effekt på bestemte klyngingsalgoritmer. En slik filtrering vil derimot forandre klassenes fordeling, og dette vises å ha en negativ effekt når segmenteringsalgoritmen forutsetter en bestemt klassefordeling slik tilfellet er for skjulte Markovmodeller. Avvik fra Markovmodellenes typiske antakelser av klassefordeling, kan ha store effekter på segmenteringsresultatet. Dette diskuteres for begge modellene.

Bjørn Braathen ble utdannet cand.scient. ved Institutt for fysikk, UiT, i 1988. Han har vært stipendiat, amanuensis og forsker ved instituttet. I 1991–92 hadde han et opphold ved Ecole Nationale Superieure des Telecommunications de Bretagne i Frankrike, hvor den faglige kontakt som avspeiles i avhandlingen ble opprettet. Prosjektet har vært finansiert av Norges forskningsråd og UiT.

∞

Are Osen

Cand.scient. Are Osen har forsvart sin avhandling *Multippelfjerning fra seismiske data innsamlet på havbunnen*, for graden dr.scient. ved NTNU.

Oljeselskapene har nå fått mulighet til å påvise olje- og gassreservoarer ved å samle inn seismiske data på havbunnen ved hjelp av instrumenter som registrerer trykkvariasjoner like over bunnen og bevegelser på havbunnen. Slike målinger påvirkes imidlertid av ekko i vannlaget slik at lyden registreres flere ganger. Hvis dette ekkoet ikke svekkes, blir tolkningen av dataene vanskelig.

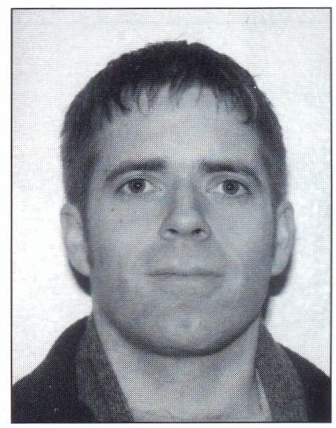
Osen har tatt utgangspunkt i en tidligere beskrevet metode for å svekke slike ekko fra trykkmålingene. Ved å analysere den elastiske bølgeligningen, har han funnet at teorien kan utvides og gjøres mer generell. Han har vist at metoden som benyttes i industrien er tilnærmet riktig, og han angir for hvilke tilfeller det kan være viktig å benytte en bedre, mer generell metode for å fjerne vannlagsekkoene. Ved å anvende teknikken på data fra Gullfaksfeltet, har Osen undersøkt effektene av sammenkopling mellom instrument og havbunn, og variasjoner i instrumentrespons. Studiet har vist at det er avgjørende for et godt resultat at koplingsfunksjonen blir beregnet og korrigert for. Osen presenterer også en alternativ metode for å beregne kildesignalet som sendes ned i undergrunnen. Dette kan gi et verdifullt bidrag til metoder som skal fjerne energi som er reflektert fra overflaten.

Avhandlingen er utført ved Institutt for fysikk, NTNU, med professor II Lasse Amundsen, Statoils Forskningssenter, som hovedveileder og professor Arne Reitan, NTNU, som medveileder.

Are Osen ble utdannet cand.scient. ved Universitetet i Trondheim, i 1995. Han er for tiden stipendiat i forskningsprogrammet VISTA, som administreres av Det Norske Videnskaps-Akademi og Statoil.

∞

Trygve Sparr



Cand.scient. Trygve Sparr har forsvart avhandlingen *Clear Air Phenomena Measured by a Multistatic Radar*, for dr.scient.-graden ved Universitetet i Tromsø.

Ved mange flyplasser kan forskjellige vindfenomen som turbulens, vindskjær og virvler, være farlige for fly ved avgang og landing. Formålet med prosjektet var å utvikle, bygge og teste en radar som kan brukes til å påvise slike fenomen.

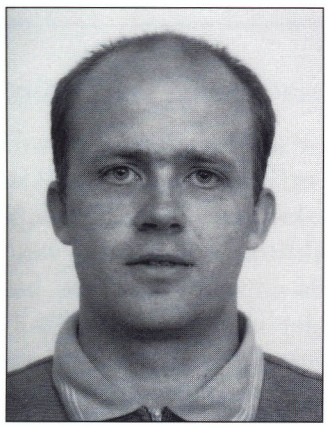
Beregninger viser at multistatisk radar, med adskilte sender og mottakerantenner, har klare fordeler fremfor konvensjonell radar for denne type målinger. Spesielt er følsomheten mye bedre for turbulens og virvler i klar luft. Radaren baserer seg på refleksjoner fra svake variasjoner i lufta som man av og til kan se over varm asfalt. Refleksjoner fra slike variasjoner er svært retningsavhengige. Dette utnyttes i et multistatisk system.

Et slikt radarsystem ble utviklet i samarbeid med firmaet Susar AS og Luftfartsverket. Radaren ble testet ved Lillestrøm og på Værnes flyplass. På det meste besto den av to sendere og tre mottakere med til sammen 10 antenner plassert ved rullebanen på Værnes. Testresultatene viser at teknikken har potensial til å kunne påvise og måle fenomen som ikke kan påvises med eksisterende teknikker. Spesielle målinger ble utført for å påvise horisontal lagdeling i atmosfæren og vindskjær. Målingene ble sammenliknet med vanlige vindmålere og teoretiske modeller for atmosfærens oppførsel. Disse sammenlikningene viste at det teoretiske grunnlaget er godt, og at målingene ga stor nøyaktighet.

Trygve Sparr tok hovedfag i fysikk ved UiT i 1992. Han har arbeidet som forsker i Susar AS og i Susar Consulting AS. Han er nå forsker ved Forsvarets forskningsinstitutt. Doktorgradsarbeidet ble delvis finansiert av Norges forskningsråd.

∞

Frode Strisland



Sivilingeniør Frode Strisland har tatt graden doktor ingeniør ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU), med avhandlingen *Studier av adsorbater på metalloverflater.*

Kjemiske reaksjoner mellom metaller og gasser er viktige i mange sammenhenger, f.eks. ved korrosjon eller heterogen katalyse. Slike reaksjoner skjer i et tynt overflatesjikt på metallet, bare noen få atomlag tykt, og er gjerne svært komplekse. Men ved å studere forenklede, idealiserte modellsystemer, er det ofte mulig å finne de dominerende reaksjonstrinnene. Strisland har studert ulike modellsystemer med eksperimentelle teknikker som gir informasjon om hvordan de ulike stoffene er bundet til hverandre på overflater.

Studiene har gitt ny informasjon om hvordan karbonmonoksid (CO) vekselvirker med metallet rhodium, og hvordan denne vekselvirkningen endres i moderne eksoskatalysatorer for omdanning av CO til ufarlig karbondioksyd (CO_2). Slike studier er grunnleggende for bygging av mer effektive katalysatorer på lengre sikt.

Doktorarbeidet er utført ved Institutt for fysikk, NTNU, med professor Steinar Raaen som hovedveileder. Store deler av eksperimentene er utført ved synkrotronkilden MAX-lab i Lund i Sverige, hvor Strisland har oppholds seg i ett år.

Frode Strisland ble utdannet sivilingeniør fra Fakultet for fysikk og matematikk, NTH, i 1994. Han arbeider nå som forsker ved SINTEF Elektronikk og kybernetikk.

∞

Sølvi Ystad

Siv.ing. Sølvi Ystad har forsvart sin avhandling *Lydmodellering ved bruk av en kombinasjon av fysiske modeller og signalmodeller* for dr.ing.-graden ved NTNU. Prosjektet er utført ved Institutt for teleteknikk, NTNU, og ved CNRS, i Marseille.

Teknologi knyttet til kunst har liten plass i norske forskningsmiljøer sammenlignet med andre europeiske land. Prosjektet ble derfor innledet i samarbeid med utenlandske forskningsmiljøer for å få i gang forskning på lyd anvendt på musikk i Norge. Målet har vært å utvikle en generell lydstimulator som kan fungere som basis ved realisering av et numerisk blåseinstrument. Simulatoren tar hensyn til fysiske aspekter knyttet til lydkilden, og deres lyttemessige innflytelse. Modelleringen nødvendiggjør bruk av tidsfrekvensanalyse av ikke-stasjonære signaler samt utvikling av syntesemodeller basert på fysiske signalmodeller.

Arbeidet har ført fram til realiseringen av en numerisk tverrfløyte som består av en akustitsk tverrfløyte utstyrt med sensorer på fingerklaffene og en mikrofon ved munnstykkenivå. Dette instrumentet ivaretar egenskapene til det klassiske instrumentet og kan brukes på tradisjonelt vis. Tilkoblet en datamaskin, kan klangen endres i sann tid, slik at instrumentet kan simulere andre klassiske eller virtuelle instrumenter, som en 30 meter lang fløyte.

Denne type forskning har et bredt anvendelsesområde. Simulering av musikkinstrumenter kan føre frem til nye verktøy for komponister. Den kan være viktig ved musikkopplæring og kan gi nye muligheter for musikere. Videre kan den også ha betydning ved simulering av støyforurensning.

Sølvi Ystad ble utdannet siv.ing. ved Fakultet for elektro- og datateknikk, NTNU, i 1992. I 1994 tok hun graden D.E.A. ved Université-Aix-Marseille II. Hun er nå stipendiat ved Norges forskningsråd.

∞

Trim i FFV

FFVT 1/99

a) Du vet at to konvolutter er fylt med penger på følgende måte: Først legges et visst beløp i den ene konvolutten, deretter slås det mynt eller krone om det skal legges enten det halve eller det dobbelte beløp i den andre konvolutten. Du har fått en av disse konvoluttene, tilfeldig valgt.

Du tilbys deretter å bytte konvolutt. Siden du vet at innholdet i den andre konvolutten er, med lik sannsynlighet, $2S$ eller $\frac{1}{2}S$, der S er beløpet i din konvolutt, er det forventede beløp etter byttingen lik

$$0,50\left(2S+\tfrac{1}{2}S\right)=1,25S,$$

større enn S. Så du tar i mot tilbudet om å bytte. Men kan en ikke etter byttingen bruke samme argument til å vise at det lønner seg å bytte nok en gang?

b) En golfball har en mengde fordypninger på overflata. Pga. disse øker maksimallengden i et slag betydelig, med en faktor 2 til 3. Hvorfor?

Løsning FFVT 4/98

Oppgaven var følgende: Et ektepar inviterer fire andre ektepar til selskap. Ved ankomsten begynner håndhilsingen, men etter en stund stopper verten det og ber alle de andre om å si hvor mange de allerede har hilst på. Forbausende nok er det ingen som oppgir samme tall. Hvor mange hadde vertinnen hilst på? (Det forutsettes at ektefeller ikke hilser på hverandre.)

En person kan maksimalt hilse på 8 andre. Siden det er ni personer som oppgir tall, må tallene nødvendigvis være $0,1,2,3,4,5,6,7,8$. Kall personen som sier tallet n for P_n. P_8 må ha hilst på alle utenom sin ektefelle, slik at ektefellen til P_8 er P_0. (Siden verten ikke ytrer seg, er det altså ikke vertinnen som sier 8 eller 0.) P_7 har hilst på alle utenom P_0 (og sin ektefelle). Det må derfor være ektefellen til P_7 som sier 1, for alle andre har hilst både på P_8 og på P_7. På samme vis følger at P_6 og P_2 må være ektefeller, og P_5 og P_3 likedan. Det er da bare P_4 som gjenstår. Vertinnen hadde altså hilst på 4 personer.

∞

Kommentar

Fysikkundervisning – Europhysics News

Til siste utgave av Europhysics News ble vi invitert til å skrive en artikkel om norsk fysikkundervisning i skolen. Manuskriptet vårt er blitt fullstendig omarbeidet av redaktøren uten at vi er varslet. Innholdet er derfor delvis mangelfullt, delvis meningsløst. En kan f.eks. få det inntrykk at fysikk i videregående skole bare er et integrert naturfagkurs i første klasse. I tillegg er et intervju om universitetsundervisning som redaktøren har gjort med Finn Ingebretsen, plassert slik at det ser ut som en del av vår artikkel.

Carl Angell og Arne Auen Grimnes

∞

Nytt fra NFS

Fysikkundervisningen 1997/98

UHU, Utvalg for høgskole og universitetsundervisning, har laget en ny rapport for 1997/98 om den grunnleggende fysikkundervisningen ved de norske lærestedene som tilbyr fysikk opp til hovedfagsnivå. Rapporten inneholder:

1. En detaljert oversikt over alle kurs på grunnfagsnivå, med navn på foreleser, læreboktitler, timefordeling, studenttall m.m. Eksamensoppgaver for grunnkursene på hvert lærested er gjengitt som appendiks.
2. En enkel oversikt over antall fysikkstudenter på hvert lærested siste år (se baksida av bladet) sammenliknet med tall for tidligere år.

Rapporten "Grunnleggende fysikkundervisning på universitetsnivå 1997/98", kan bestilles fra: Biblioteket, Institutt for tekniske fag, Boks 5065, NLH, 1432 Ås. Tlf. 64 94 87 00, e-post: karin.lyngmo@itf.nlh.no

Arne Auen Grimnes

∞

FYSIKERMØTET 1999

http://www.fi.uib.no/1999/

Fysikermøtet er i år lagt til Quality Vestlia Hotel, Geilo, 17–19. juni. Fysisk institutt, Universitetet i Bergen, står som arrangør. Vi har arbeidet hardt for å gi møtet en fornyet form. For det første har vi lagt møtet til et hotell i håp om å skape bedre kontakt mellom deltakerne. Prisen pr. snute for opphold, kommer også meget gunstig ut. Festmiddagen skal videre være for alle deltakere uten ekstra omkostninger, og dette skulle bidra til å skape mer kontakt, spesielt på tvers av aldersgruppene.

Vi har satt opp et program med topp forelesere innen et bredt utvalg av fysikken. Disse forelesningene vil garantert bli til inspirasjon og berikelse! Suksessen med gjeninnføring av parallellsesjoner vil vi fortsette fra i fjor. Vi vil også i år belønne to studenter med deltakelse på "International Conference for Physics Students", Helsinki, 14.–20. august 1999. En ny sesjon kalt NNF (Ny i Norsk Fysikk), er etablert for at nytilsatte ved universitetene skal få mulighet til å presentere seg for et samlet nasjonalt fagmiljø. Videre legges det opp til to debatter, eller høringer, hvor viktige tema innen fysikkundervisning og forskning blir tatt opp. Verdt å merke seg er også tre prisutdelinger, inklusiv førstegangs utdeling av Norsk Hydros Birkelandspris i fysikk – en ny åpen nasjonal "mini-nobelpris".

Til slutt vil vi nevne to spennende utflukter. Den første går til kraftverket på Hovet, hvor kontrollrommet for energistyring nedover hele Hallingdalen skal være meget imponerende. Deretter følger en nattlig tindebestigning! Området for øvrig innbyr til store naturopplevelser både i forkant og i etterkant av møtet.

Nærmere detaljer finnes på møtets www-side: *http://www.fi.uib.no/1999/* Vi håper at en titt der gir deg både kraft og vilje til ikke bare å melde deg på selv, men også til å få med deg kolleger, venner og studenter. – *Vi sees på Geilo!*

Foreløpig program

Torsdag 17.6.

11.00–12.00	Registrering
12.00–12.15	Åpning
12.15–13.00	*Nanoteknologi* (E. Lægsgaard)
13.00–14.00	Lunsj
14.00–15.00	*Ny i Norsk Fysikk* (A. Dahlback, R. Holmestad, D. Röhrich)
15.30–17.00	Parallellsesjon
17.30	Utflukt til kraftverket på Hovet Nettverksmøte – kvinner i fysikk
20.00	Middag
21.30–00.30	Vandretur til Hallingskarvet (væravhengig)

Fredag 18.6.

09.00–10.00	*Konsten att uppskatta omvärlden* (H.-U. Bengtsson)
10.15–12.00	Parallellsesjon
12.00–13.00	Lunsj
13.00–14.30	Prisutdelinger m/foredrag
15.00–16.30	Debatt: *Fysikkutdanning mot nytt millennium*
17.00–18.30	Debatt: *Norsk fysikk i et nordisk perspektiv*
20.00	Festmiddag

Lørdag 19.6.

09.00–10.00	Årsmøte NFS
10.15–11.15	*Lys og Liv* (J.J. Stamnes)
11.15–12.15	*Entanglement and Quantum Teleportation* (A. Zeilinger)
12.30–13.30	Avslutningslunsj

Støtte til deltakelse på møtet

Hovedfagsstudenter og lærere kan søke om støtte til deltakelse på møtet. Støtten til studentene vil være på kr. 1200,– for Sør-Norge (tom. Trondheim) og kr. 2000,– for Nord-Norge. Søknad sendes til styret i NFS ved Heidi Bruvoll, Fysisk institutt, Postboks 1048 Blindern, 0316 Oslo, e-post: *heidi.bruvoll@fys.uio.no*

Jan Petter Hansen

∞

ÅRSMØTET 1999

Norsk Fysisk Selskap har årsmøte på Geilo, lørdag 19. juni kl. 0900. Saker som ønskes tatt opp må være innsendt til styret senest 3 uker før møtet.

Foreløpig sakliste:

1. Godkjenning av innkalling og saksliste
2. Årsmelding
3. Regnskap og budsjett for NFS og FFV
4. Valg:
   a) 2 styremedlemmer
   b) 2 varamedlemmer
   c) Revisor med vararepresentant
5. Aktuelle saker i NFS (faggruppestrukturen og NFS' profil)
6. Norsk Fysikkråd
7. Fysikermøtet 2000
8. Eventuelt

Årsmelding og sakspapirer vil ikke bli sendt til medlemmene, men blir lagt ut på NFS' hjemmeside før møtet: *http://www.fys.uio.no/nfs*

Februar 1999
Styret

∞

NETTVERKSMØTE

Det vil bli et kort møte i Nettverk for kvinner i fysikk under Fysikermøtet. Møtet finner sted parallelt med utflukten torsdag ettermiddag, og er åpent for alle. Dagny Stuedahl fra Institutt for informatikk, UiO, vil snakke om arbeidet som er blitt gjort for å undersøke hvorfor rekrutteringen til informatikkstudiet er lav blant jenter, og om hvilke planer IFI har for å bedre rekrutteringen, både av jenter og gutter. Styret arbeider også med å få en kvinnelig fysiker fra industrien til å holde foredrag.

Hilsen styret

∞

E-postadresser for medlemmer i NFS

Norsk Fysisk Selskap har nå begynt å bruke e-post for å holde sine medlemmer informert om virksomheten og aktuelle konferanser. I alt 920 av våre 1240 medlemmer er nå registrert med e-postadresse. Dersom du ikke har mottatt e-post fra NFS i januar eller februar, så betyr det at din e-postadresse ikke er registrert. Dette kan du rette på ved å sende en e-post til: *heidi.bruvoll@fys.uio.no*

∞

Nye medlemmer 5. februar 1999:

Abdularahman A. Ally
Fjøsvollen 6, 8150 Ørnes

Klaus T. Andreassen
Surnadal vg. skole, 6650 Surnadal

Øyvind Antonsen
Sykkylven vg. skule, 6230 Sykkylven

Thor Sverre Brustad
Stokmarknes vg. skole, Pb. 312, 8451 Stokmarknes

Rune Dahl
Tyttebærv. 20, 8026 Mørkved

Niels Devold
Vassetvegen 49, 6030 Langevåg

Eivind Fagerheim
Bustien 14, 8614 Yttern

Torunn Nilssen Fossland
Dukveien 53, 9100 Kvaløysletta

Liv Torill Kjelelsen
Carl Bertheussens vei 28, 9020 Tromsdalen

Steinar Kristensen
Sjåheiv. 30, 8200 Fauske

Arvid Mundal
Volda vg. skole, Pb. 25, 6101 Volda

Nils Olav Okstad
8650 Mosjøen

Erik Olai Pettersen
Fysisk institutt, Pb. 1048 Blindern, 0316 Oslo

Kristian Ross
Kløverv. 26, 8250 Rognan

Erik Raade
Frydenlund 21, 6300 Åndalsnes

Dick Skrove
Weidemannsveien 11, 7014 Trondheim

Jo Smiseth
Herman Kragsvei 27–23, 7035 Trondheim

Marie Solberg
Pb. 1011, 1432 Ås

Jostein A. Solhaug
NERSC, Edvard Griegsvei 3A, 5037 Solheimsviken

Per Strømme
Bjørkv. 2, 8300 Svolvær

Runar Thorstensen
Bølerlia 66, 0869 Oslo

Rune Harald Thunestvedt
Orkdal vg. skule, 7300 Orkanger

Lars Erik Walle
Voll studentby, Vegamot 1 B-15, 7048 Trondheim

∞

Påmelding til Fysikermøtet 1999 torsdag 17.6. - lørdag 19.6. Quality Vestlia Hotell, Geilo

Fornavn: _____ Etternavn: _____
Adresse: _____
_____
_____
Telefon: _____ FAX: _____
E-post : _____

Jeg ønsker å holde **foredrag** under parallellsesjonen (sett kryss)

____ A. Undervisning
____ B. Generell fysikk (Kjernefysikk, Partikkelfysikk, Teoretisk fysikk, Astrofysikk, Geo- og ionosfærefysikk, Plasma- og gassutladningsfysikk, Kondenserte fasers fysikk og Biofysikk)
____ C. Anvendt fysikk og instrumentering f.eks. Data- og måleteknikk, Optikk, Akustikk, Petroleumsfysikk
(Endelig oppdeling vil avhenge av antall påmeldinger)

med tittel _____
_____

Hotellopphold. Prisene for hotellet gjelder full pensjon. Den begynner med lunsj 17.6. og avsluttes med lunsj 19.6. (kr. 100 ekstra)

Jeg ønsker å bestille plass for til sammen _____ voksne og _____ barn i
enkeltrom kr. 700 per døgn _____
dobbeltrom kr. 630 per døgn _____
firemannsrom kr. 500 per døgn _____ (sett kryss)
Jeg ønsker å dele rom med _____

Jeg vil delta i hele møte: _____ (vi ber helst om en JA her)
eller
Jeg ankommer den _____ kl _____
Jeg reiser den _____ kl _____

Jeg vil _____ delta i ekskursjonen til Oslo Energis kraftverk. (sett inn 'ikke' hvis du ikke vil delta; Turen er gratis.)

Påmelding: snarest mulig, innen 15. mai 1999 ved å returnere dette skjema til fymo99@kvark.fi.uib.no eller med vanlig post eller FAX til

Fysikermøtet 1999 FAX: 55 58 94 40
Fysisk institutt
Allégaten 55, 5007 Bergen

Konferanseavgift: ved påmelding før 15. mai 1999: kr. 750 (studenter og lærere kr. 500)
ellers kr. 850
Avgiften dekker alle utgifter, inklusiv festmiddagen og utflukten.

Konferanseavgiften betales til konto 5235 05 26447,
Fysikermøtet 1999, Fysisk institutt, Allégaten 55, 5007 Bergen eller ved registrering.

Nettverksmøte for Kvinner i fysikk torsdag 17. juni 1999
Nettverksmøte holdes på samme tidspunkt som utflukten til kraftverket, torsdag 17. 6. kl. 17.00 -20.00
Jeg ønsker å delta i nettverksmøte _____ (sett kryss)

Spørsmål kan rettes til Jan Petter Hansen tel. 55 58 27 13 eller 55 53 01 42 (etter kl. 20.00),
eller E-post: fymo99@kvark.fi.uib.no

C-BLAD

Returadresse:
Fra Fysikkens Verden
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo

Antall fysikkstudenter ved norske læresteder

som gir fysikkutdannelse opp til hovedfagsnivå

1997	Introduksjons kurs	Første kurs i emnegruppen	Fullført emnegruppe	Fullført hovedfag	Fullført doktorgrad
UiTø	18	21	7	6	3
NTNU siv.ing. fysikk	-	98	90	43	18
NTNU cand.scient.	27	32	25	9	0
UiB	60	69	38	25	6
UiO	280	87	42	49	15
NLH	59	11	12	3	0
SUM	**444**	**318**	**214**	**135**	**42**

GRAFISK PRODUKSJON OG TRYKK: OSLO SATS, REPRO & MONTASJE A/S

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

President:
Professor Steinar Stapnes
Fysisk inst., Univ. Oslo.
E-post: steinar@fys.uio.no

Visepresident:
Professor Kristian Fossheim
Inst. for fysikk, NTNU, Trondheim.

Styremedlemmer:
Førsteaman. Olav Gaute Hellesø
Inst. for fysikk, Univ. Tromsø.
Førsteaman. Jan Petter Hansen
Fysisk inst., Univ. Bergen.
Førsteaman. Anders Isnes
ILS, Univ. Oslo.

Selskapets sekretær:
Rådgiver Heidi Bruvoll
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo.
Tlf.: 22 85 64 26, Fax.: 22 85 64 22
E-mail: heidi.bruvoll@fys.uio.no
Postgiro: 0802 5883889
Bankgiro: 5102.05.42806

Fra Fysikkens Verden

Redaktører:
Professor Øivin Holter
Professor Finn Ingebretsen
Fysisk inst., Univ. Oslo.

Redaksjonssekretær:
Overingeniør Karl Måseide
Fysisk inst., Univ. Oslo.

Redaksjonskomité:
Professor Noralv Bjørnå
Inst. for fysikk, Univ. Tromsø.
Professor Anne Grete Frodesen
Fysisk inst., Univ. Bergen.
Lektor Ingerid Hiis Helstrup
Langhaugen skole, Bergen.
Professor Per Chr. Hemmer
Inst. for fysikk, NTNU, Trondheim.
Professor Egil Leer,
Inst. for teor. astrofysikk, Univ. Oslo.

Ekspedisjonens adresse:
Fra Fysikkens Verden
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo.
Tlf.: 22 85 64 28
Fax.: 22 85 56 71 / 22 85 64 22
E-post:
oivin.holter@fys.uio.no
finn.ingebretsen@fys.uio.no
karl.maseide@fys.uio.no
Postgiro: 0807 5104724
Bankgiro: 6094.05.40227

Fra Fysikkens Verden kommer ut 4 g. årlig.
Abonnement kan tegnes fra ekspedisjonen.
Årsabonnement 120 kr. (Studenter 60 kr.)
Løssalg 40 kr. pr. nummer.