



HURTIG, MEGET HURTIG! - OPTO-ELEKTRONIK • ÅRSMØDET I DANSK FYSISK SELSKAB
• PETERS' ATLAS • UDREDNING AF DANSK FYSIK • DYRKNING AF TYNDFILM • ÅRETS
NOBELPRIS I FYSIK • MIKRO-MAKRO-TAL • TIL KONFERENCE I AMSTERDAM

KVANT

Fysisk Tidsskrift

c/o Det fysiske Institut
Ny Munkegade
Århus Universitet
DK-8000 Århus C

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

Udgives af

Dansk
Fysisk
Selskab



Selskabet for
Naturlærens
Udbredelse



Redaktion

Jørgen Friis Bak (ansv.)
Det naturvidenskabelige fakultet
Århus Universitet
Jørn Christiansen
Danmarks Lærerhøjskole
Torsten Freltoft
NKT
Mogens Esrom Larsen
Matematisk Institut
Københavns Universitet
Finn Berg Rasmussen
Fysisk Laboratorium
Københavns Universitet
Ove Østergaard
Silkeborg Amtsgymnasium

KVANT udkommer 4 gange årligt og er
medlemsblad for de udgivende selskaber.
Abonnementspris: 135 kr/år (i Danmark).

Annoncepriser

1/1 side	3000 kr
1/2 side	1600 kr
1/4 side	1000 kr
Farvetillæg	1500 kr

Priserne er excl. moms og gælder for repro-
klart materiale.

Oplag: 1500
Tryk: AKA-print

ISSN 0905-8893

Indhold:

Hurtig, meget hurtig! - Opto-elektronik

Søren Keiding 1
Det er nu muligt at lave lysglimt med en varighed nede omkring
 10^{-15} s. Disse hurtige glimt kan anvendes til at lave et elektrisk signal,
en puls, med en varighed på 10^{-12} s.

Årsmøde i Dansk Fysisk Selskab

Torsten Freltoft 7
En interessant og varieret foredragsrække sikrede, at årsmødet i år blev
en stor succes.

Uddeling af årets Fysikpris

Torsten Freltoft 8

Dansk Fysisk Selskab, 1990

Bent Elbek 9
Formandens beretning om aktiviteterne i selskabet.

I år 3 efter reformationen...

Claus Christensen 11
De første studenter er ved at få deres studentereksamen efter gymnasie-
reformen, og de skal til at gå videre i uddannelsessystemet. Artiklen
beretter om fysikundervisningen i gymnasiet.

Peters' Atlas

Mogens Esrom Larsen 15
Politikens forlag har udgivet et nyt atlas, der skulle vise alverdens lande
i en hel ny projektion ... men allerede de gamle grækere kendte den.

Evalueret af dansk fysik 18

Den offentlige fysikforskning skal belyses. KVANT har interviewet
formanden for styregruppen.

Dyrkning af tyndfilmsstrukturer til opto-elektroniske komponenter.

Jesper Hanberg 20
Mikroskopiske lagkager af forskellige kemiske legeringer bygges lag for
lag i special anlæg.

Årets Nobelpriser i Fysik

Jørgen Friis Bak 24
For 20 år siden blev der foretaget eksperimenter, der afslørede at
protonen (brintkernen) var sammensat af partikler.

Mikro-makro tal

Mogens Esrom Larsen 25
Hvad er baggrunden for betegnelser som kilo, mikro og giga, der sættes
foran enheder for at angive små eller store dele af dem?

Boganmeldelse: Skruen uden ende 27

Til fysikkonference i Amsterdam

Henrik Busch 28
Fysikstuderende kan have stort udbytte af at deltage i en af de inter-
nationale konferencer i fysik.

Forsiden:

Fremstillingen af et atlas er en omfattende proces. Tidligere var der store
problemer med blot at fremskaffe de geografiske koordinater for lande,
floder med videre, men det er i det store og hele løst i dag. Til gengæld
kan man stadig diskutere hvorledes Jordens kugleform omsættes til kortets
todimensionale flade. Mogens Esrom Larsen ser på problemet i artiklen om
Peters' atlas.

Billedet viser Amerika i det første moderne atlas, *Theatrum Orbis
Terrarum*, udgivet af Abraham Ortelius i 1570. Det var det første atlas,
hvor de enkelte kortsider var i et ensartet format og udseende.

Hurtig, meget hurtig! - Opto-elektronik

Søren Keiding, Odense Universitet

Introduktion

De seneste års dramatiske udvikling indenfor elektronik- og computerindustrien, med stadigt hurtigere kredsløb og komponenter, har medført en voldsom forskningsindsats med henblik på udvikling af ultra-hurtige optiske og elektroniske målemetoder til diagnose og karakteristik af integrerede kredse, såkaldte chips¹. Eksempelvis er der nyligt udviklet en opto-elektronisk chip², der muliggør datatransmission med en hastighed på 10^9 bits pr. sekund. De enkelte impulser, enten elektriske eller optiske, er kun nogle få hundrede picosekunder (pico* = 10^{-12}) lange. Der er ligeledes demonstreret^{3,4} både Si og GaAs baserede transistorer med båndbredder op til cirka 100 GHz, svarende til switch-tider, eller stigtider, på cirka 10 ps. Antager vi at et godt system til test og karakteristik af disse komponenter skal have 20 til 100 gange bedre tidsopløsning, kræves der systemer med stigtider på ned til 100 femtosekunder (femto = 10^{-15}), svarende til en båndbredde på 10 THz. Derved kommer man ned i et tidsdomæne hvor en lang række usædvanlige fysiske fænomener begynder at manifestere sig.

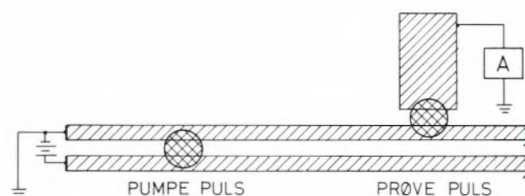
I samspillet mellem den grundvidenskabelig forskning og den teknologiske udvikling taler man ofte om resultater og produkter, der er "spin-off" fra en rent grundvidenskabelig forskningsindsats. De eksperimenter og resultater jeg beskriver i det følgende er et eksempel på, at grundvidenskabelig indsigt også kan opnås som spin-off fra en industriel/teknologisk forskningsindsats.

Jeg skal i denne artikel prøve at gøre rede for nogle af de seneste forskningsresultater indenfor dette felt. Hovedparten af det arbejde, der beskrives her er udført på IBM's forskningscenter i Yorktown Heights, New York under ledelse af Dr. Dan Grischkowsky.

Picosekund elektriske impulser

Udviklingen af metoder til frembringelse af hurtige elektriske impulser, har for alvor taget fart i takt med udviklingen af pulserede lasere. Udviklingen af specielt de såkaldte "Colliding-Pulse Mode-locked" farvestoflasere (CPM-lasere) betyder at man uden de helt store anstrengelser kan få rådighed over optiske pulser med en varighed på ned til 30 fs. Kort fortalt anvendes den pulserede laser til at frembringe korte elektriske impulser, ved at kortslutte en opladet transmissions linie (t-linie).

Selve kontakten er en fotoleder (halvleder), hvilket vil sige kontakten er lukket ($R = 1\text{--}20\text{ M}\Omega$) uden lys og åben

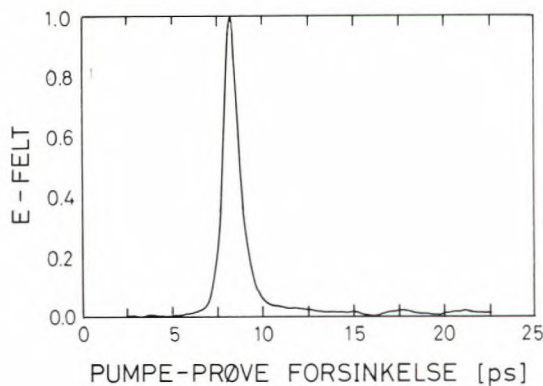


Figur 1. Auston switch, med detektionsgab til observation af de hurtige elektriske impulser.

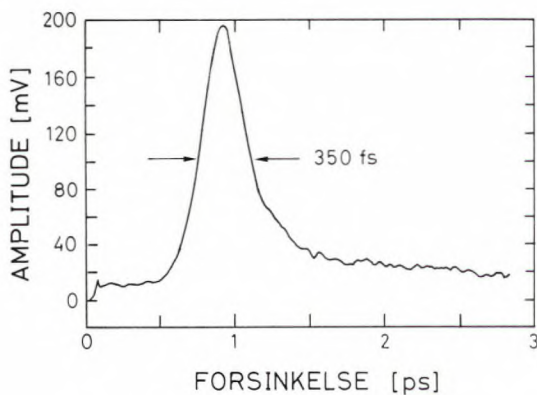
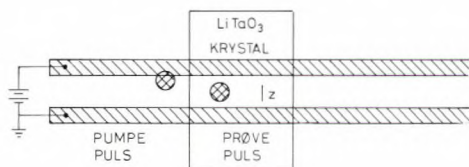
($R = 0.1\text{--}1\text{ k}\Omega$) når laseren fotoeksciterer frie ladningsbærere i halvledermaterialet. Kontaktsens åbningstid er dels bestemt af laserpulsens varighed, dels af levetiden for de frie ladningsbærere (huller og elektroner) i halvleder materialet. Disse såkaldte Auston-switches⁵ danner fundamentet for frembringelsen af ultrahurtige elektriske impulser. På figur 1, er vist en t-linie på et halvleder substrat. Substratet er Si (eller GaAs) og linierne er dannet af pådampet aluminium eller guld. Med et batteri kan der lægges en spænding over de to baner. Uden lys vil der ikke løbe nogen nævneværdig strøm mellem de to baner, men fokuseres laserstrålen nu ned imellem de to baner, vil der dannes elektron-hul par, såfremt fotonenergien overstiger båndgabet i halvlederen. De dannede ladningsbærere vil på grund af spændingsforskellen, give anledning til en svag strøm. Den laserpuls, der anvendes (CPM-laser) har en varighed på mindre end 100 fs, det vil sige injektionen af ladningsbærere er meget kortvarig. Anvendes der ionimplanteret Si, hvor elektron-hul parrene rekombinerer meget hurtigt ($\tau = 0.6\text{ ps}$), bliver de elektriske impulser, der bevæger sig ned ad t-linien, ligeledes meget korte. Typiske impulser vil have en varighed på cirka 1 ps og en amplitude på op til 1 Volt. For at detektere disse meget korte impulser kan to forskellige metoder anvendes. Den første metode anvender det ekstra gab, der findes længere nede af linien (se figur 1). Her fokuseres en forsinket laserpuls (prøve-pulsen) i gabet. Er der ingen forsinkelse, det vil sige pumpe og prøve-pulsen ankommer samtidigt, vil der ikke registreres nogen fotostrøm på amperemeteret, da den nedre bane og detektionsgab er på samme potential (jord). Øges forsinkelsen af prøve-pulsen, vil den efter tiden t_0 ankomme til gabet samtidigt med den elektriske impuls, der efter at være frembragt af pumpe pulsen, har bevæget sig ned til gabet. Derved opstår der en kortvarig spændingsforskel og en fotostrøm proportional med amplituden af den elektriske puls registreres i amperemeteret. Laserpulsens virker således som en ultra-hurtig kontakt, der måler spændingsforskellen i detektorgabet i takt med at prøve-pulsen gradvist forsinkes i forhold til pumpe-pulsen. Med denne metode er opløsningsevnen

* Se artiklen senere i bladet om præfikser - betegnelserne foran store og små dele af enhederne.

omkring 1 ps, givet ved rekombinationstiden af ladningsbærerne i implanteret Si. Figur 2a viser en sådan elektrisk impuls.



Figur 2 a) Elektrisk puls ved symmetrisk ekscitation af t-linien fra figur 1 og detektion i sidegabet



Figur 2 b) Elektrisk puls ved asymmetrisk eksitation og elektro-optisk detektion.

Forsinkelsen af laserpulsens opnås simpelt ved at lade de to pulser gennemløbe forskellige vejlængder. En vejlængdeforskel på 30 μm svarer således til en tidsforskel på 100 fs. Måske skulle man indføre betegnelsen "lyshår", svarende til den vejlængde lyset kan tilbagelægge i løbet af 100 fs. En puls fra en femtosekundlaser svarer således i længde til tykkelsen af et menneskehår.

En mere raffineret og hurtigere metode er baseret på Kerr effekten, der skyldes visse krystallers evne til at ændre lysets polarisationsretning ved pålægning af et ydre elektrisk felt. Kerr-effekten opstår som følge af en polarisering af elektroner. Fjernes det polariserende felt, vil elektronerne

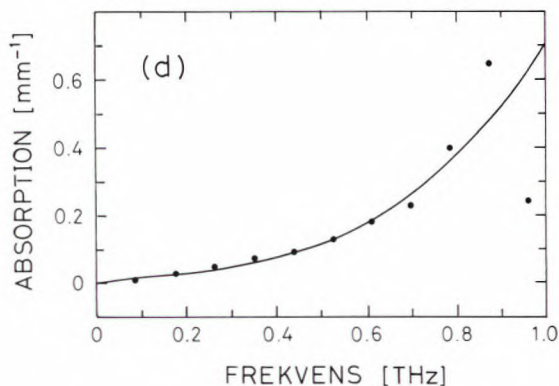
meget hurtigt vende tilbage til ligevægtspositionen, hvilket giver en meget høj tidsopløsning. Placeres en krystal oven på t-linien, vil det elektriske felt fra impulserne bevirke en polarisations rotation af prøvepulsens, der samtidigt sendes gennem krystallen. Ved at måle polarisations rotationen af en prøvepuls, som funktion af forsinkelsen i forhold til pumpepulsens, kan den elektriske impuls bestemmes med en tidsopløsning på omkring 200 fs, svarende til en båndbredde på mere end 5 THz. Den Kerr-krystal, der anvendes⁶, LiTaO_3 , har en gitter svingnings resonans ved 6.3 THz, hvilket sætter grænsen for båndbredden. Figur 2b viser tidsforløbet af en puls optaget ved hjælp af Kerr teknikken. Den viste puls har en FWHM på cirka 350 fs. Bemærk også, at eksitations geometrien er lidt anderledes i figur 2b. Det vender jeg tilbage til, men først vil jeg beskrive en række af de fænomener, der optræder når de elektriske impulser udbreder sig ned af t-linien.

Chockbølge stråling

Med rådighed over disse meget korte impulser, kan man dels fantasere over fremtidige datatransmissions systemer med 3 THz båndbredde eller man kan give sig til at studere nogle af de usædvanlige fænomener, der manifesterer sig i forbindelse med frembringelsen af og udbredelsen af THz-impulserne. I første omgang vil vi se på de elektriske impulser på t-linien.

Ved at flytte prøvepulsens op og ned langs t-linien kan man præcist måle impulsernes hastighed, eller mere præcist gruppehastighed. For et substrat baseret på en tynd Si-film på en safirkrystal (SOS), vil den ene halvdel af det elektriske felt bevæge sig i luft, mens den resterende del af feltet udbreder sig i substratet. Gruppehastigheden bliver således et middel mellem gruppehastigheden i luft og safir, svarende til $c/2.45$, hvor c er lysets hastighed. Udover impulsernes hastighed observeres der ligeledes en kraftig forbreddelse af impulserne, som følge af en stærkt frekvensafhængig absorption og dispersion. Denne absorption skyldes overraskende nok ikke materialerne (Al, Si og safir), hvilket kan ses af at absorptionskoefficienten forbliver stort set uændret ved nedkøling af hele systemet til 2.5 K. Absorptionen skyldes derimod en chockbølge, der udsendes når impulserne bevæger sig ned langs linien. Fasehastighed for lys i THz området er cirka $c/3.3$, det vil sige at impulserne bevæger sig med en gruppehastighed, der overstiger fasehastigheden i materialerne. I lighed med fly, der gennembrøder lyd-muren, eller relativistiske partiklers passage af atmosfæren, udsendes der en elektromagnetisk chockbølge, en Cherenkov chockbølge⁷. Denne chockbølge dræner energi fra de elektriske impulser, proportionalt med kubens på deres frekvens, ν^3 . Efter at have tilbagelagt 6 mm på t-linien er den oprindelige impuls forbreddet fra 1 ps til 2 ps og amplituden er reduceret til det halve.

Figur 3 viser de frekvensafhængige tab, udtrykt ved absorptionskoefficienten, sammenlignet med fit til det teoretiske udtryk for tabet i forbindelse med udsendelse af Cherenkov strålingen. I det teoretiske udtryk er der ligeledes taget højde for en svag absorption i metalbanerne, som følge af skineffekten, samt modal dispersion i t-linien. Modal



Figur 3. Absorption som følge af Cherenkov chockbølgen. Den fuldt optrukne linie viser et tilpasset teoretisk udtryk.

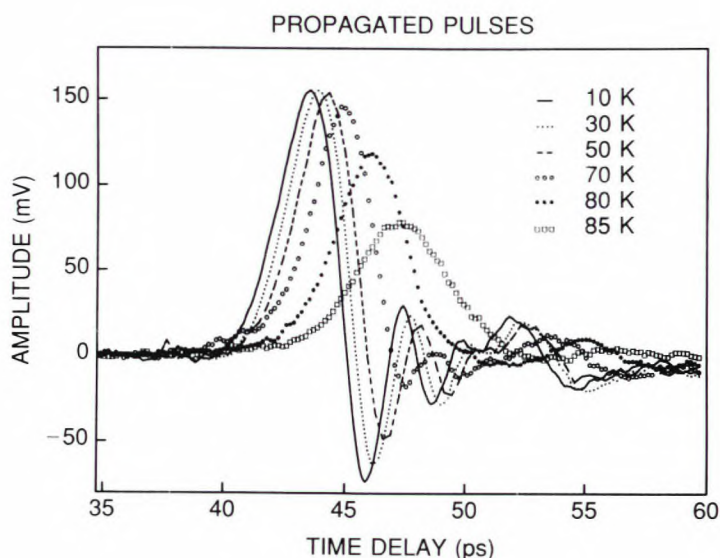
dispersionen skyldes at det effektive brydningsindex varierer med frekvensen af det elektriske felt, der udbreder sig på t-linien. De høje frekvenskomponenter i impulsen vil have en større del af det elektriske felt i substratet, det vil sige det effektive brydningsindex er højere i forhold til de lavfrekvente komponenter, der har en mindre del af feltet i substratet og således også et lavere brydningsindex. Denne modal dispersion bidrager til forbreddningen af impulserne. Modal dispersionen kan iøvrigt reduceres ved at montere et superstrat, med samme dielektriske egenskaber som substratet, ovenpå t-linien. Gøres afstande mellem banerne i t-linien mindre, mindskes tabet som følge af chockbølgen og nu vil tabene fra t-linien og substratet være dominerende. I denne konfiguration har man for eksempel studeret egenskaberne ved superledende t-linier. Specielt har studiet af de nye superledende materialer med høj overgangstemperatur, T_c , været interessant. En superleder er i princippet kun superledende for jævnstrøms-signaler, hvorimod vekselstrøms-signaler vil dæmpes på grund af en stærkt frekvens afhængig absorption. I normale metaller vil absorptionen være proportional med $\nu^{1/2}$, mens BCS-teorien for superledere forudsiger en ν^2 afhængighed. Denne afhængighed skyldes eksistensen af et båndgap E_g , hvor $2E_g = 3.52kT_c$.

Figur 4 viser impulserne efter 6 mm på t-linien af YBaCuO ved forskellige temperaturer. Tages der højde for tab til Cherenkov chockbølger og dispersion på t-linien, viser eksperimenterne tydeligt eksistensen af et båndgab i overensstemmelse med BCS-teorien,

omend temperaturafhængigheden af båndgabet viser en klar afvigelse fra BCS⁸. Eksperimenterne viser også at det, med henblik på kommunikation og datatransmission, ikke er nok at udvikle materialer til t-linier, som for eksempel superledere, men at det er ligeså vigtigt, eller måske vigtigere at udvikle gode substrater til t-linier. Desto højere frekvensen bliver, desto større del af det elektriske felt vil udbrede sig i substratet. De dielektriske egenskaber for substratet (brydningsindex og absorption) bliver derfor vigtige parametre. Derudover skal substratets krystalstruktur være afpasset, så man kan dyrke superledende t-linier af høj kvalitet. Jeg vil kort vende tilbage til dette problem senere, men først vil jeg prøve at se lidt nærmere på de mikroskopiske mekanismer, der ligger bag frembringelsen af de elektriske impulser.

Schottky barrierer

Som nævnt frembringes impulserne ved at kortslutte gabet mellem de to t-linier med en laserpuls. Derved eksciteres elektroner til ledningsbåndet og huller til valensbåndet. Pålægges en spænding mellem de to baner vil de frie ladningsbærere accelereres ud mod banerne. Anvendes ionimplanteret Si, vil ladningsbærerne kun bevæge sig nogle få μm før de rekombinerer. Det betyder at kun ganske få elektroner opsamles på t-linierne, for hver laser puls, der består af cirka 10^8 fotoner. Fotostrømmen som funktion af tiden vil først stige med en stigetid bestemt dels af laserpulsen og mobiliteten og derefter henfalde eksponentielt ($\tau = 0.6$ ps) som følge af rekombination af elektron-hul parrene.



Figur 4. Impulser på t-linie af høj-temperatur superledere. Impulserne har gennemløbet 6 mm t-linie ved forskellige temperaturer (reproduceret med tilladelse fra forfatteren).

En alternativ metode til frembringelse af elektriske impulser, anvender en asymmetrisk excitation af t-linierne⁸, som vist i figur 2b. I denne konfiguration fokuseres laseren på overgangen mellem en af metalbanerne på t-linien og substratet. Endvidere er t-linien ikke forspændt. I stedet er det det elektriske felt i forbindelse med metal-halvleder overgangen (Schottky barrieren), der driver fotostrømmen. Laserpulsens laver "varme" elektroner, det vil sige elektroner med høj kinetisk energi, i ledningsbåndet. Kun disse varme elektroner har energi nok til at passere barrieren. Elektronerne mister deres kinetiske energi meget hurtigt, i løbet af 30 fs, og derefter har de ikke tilstrækkelig energi til at passere Schottky barrieren, og fotostrømmen ophører, selvom der stadig er frie elektroner i halvledersubstratet. Det er denne metode, der er anvendt til at frembringe impulser på 350 fs, der er de hurtigste elektriske impulser, der hidtil er målt.

THz-beams

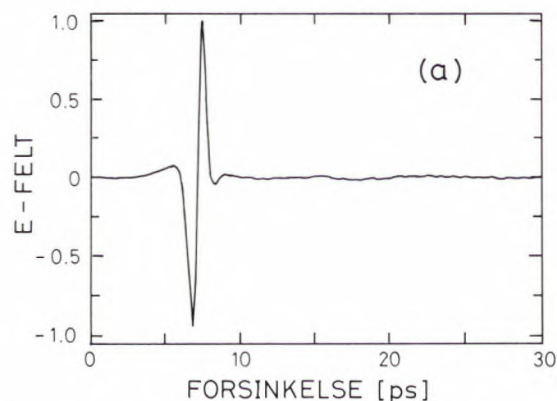
Det måske mest interessante ved Auston-switchen, er at der i forbindelse med kortslutningen af gabet, udsendes elektromagnetisk stråling⁹. De frie ladninger accelereres af feltet mellem de to baner og ladning under acceleration udsender stråling. Det udsendte elektriske felt er proportionalt med den tidsafledede af fotostrømmen;

$$E(r,t) = \frac{n^2 l}{4\pi \epsilon_0 c^2 r} \frac{dI(t)}{dt}$$

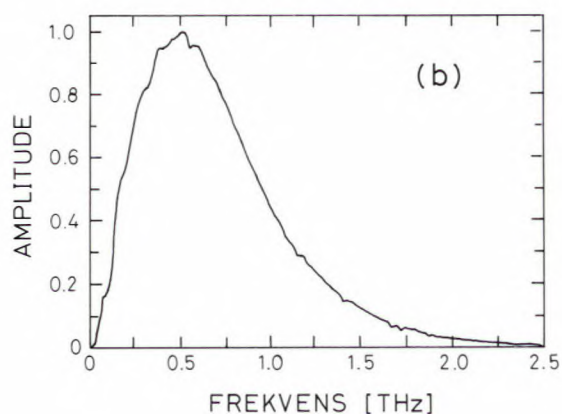
Dette udtryk svarer til udstrålingen fra en klassisk dipol, hvor antenne dimensionerne (l), der her er afstanden mellem banerne, er mindre end den typiske bølgelængde. Med fotostrømme i picosekunderområdet bliver frekvensen af det udsendte lys i terahertzområdet (tera = 10^{12}), det vil sige det fjern-infrarøde spektralområde med bølgelængder i millimeter og sub-millimeter området. Da dipolerne ligger på overfladen af substratet, rettes langt hovedparten af strålingen ind mod substratet (95%), mens kun en lille del (5%) udstråles væk fra substratet. Placeres en linse bag på substratet er det derfor muligt at opsamle og fokusere terahertz pulserne. Disse kan derefter styres med ganske almindelige spejle¹⁰. THz-pulserne detekteres ved hjælp af samme princip, som de elektriske impulser på t-linierne. Nu synkroniseres THz-pulsen og laserpulsens, således at de ankommer samtidigt til gabet mellem banerne. Der er nu ingen ydre forspænding på linien, men istedet virker det elektriske felt fra THz-pulserne som forspænding. Det vil sige at den målte fotostrøm nu er direkte proportional med E -feltet fra THz-pulserne.

På figur 5a er vist en typisk THz-puls. Pulsen består af en enkelt elektromagnetisk svingning med en frekvens på omkring 0.5 THz, svarende til en brugbar båndbredde rækkende fra 50 GHz til 2.5 THz (figur 5b). Detektion af THz-pulsen er således koherent, det vil sige at både amplituden og fasen af THz-pulsen kendes.

Pulsen er optaget på opstillingen vist i figur 6, ved at scanne prøvepulsen samtidigt med at fotostrømmen på



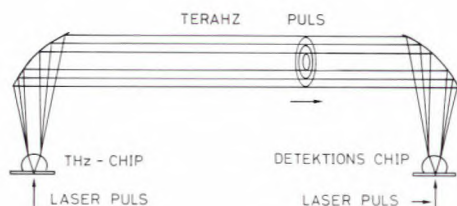
Figur 5 a) Tidsspektrum af THz-pulsen optaget på opstillingen vist i figur 6 uden en prøve indsat i strålegangen.



Figur 5 b) Spektret af pulsen fra 5a.

detektor chip'en måles. Effekten i disse THz-pulser er meget lav, typisk nogle få nanowatt. Ikke desto mindre kan pulserne måles med et bemærkelsesværdigt højt signal-støj forhold på mere end 10000:1. Normalt er detektion af THz signaler belastet af problemer med den termiske baggrund. For at undgå baggrunden er det således nødvendigt at køle detektorerne ned til flydende Helium temperatur og skærme dem meget omhyggeligt. THz-pulserne derimod detekteres af en detektor, der kun er åben eller aktiv, når laserpulsens rammer gabet. De lasere der anvendes giver cirka 100 fs pulser med en repetitionsfrekvens på 100 MHz. Det betyder at detektoren i 1 s faktisk kun er åben i 10 μ s (duty cycle på 10^{-5}), hvilket giver en tilsvarende reduktion af baggrunden. Samtidigt er det koherente signal proportionalt med repetitionsfrekvensen, mens støjen er proportional med kvadratroden af repetitionsfrekvensen. Den meget høje repetitionsfrekvens på 100 MHz bevirker således en kraftig forøgelse af signal-støj forholdet. THz-pulserne spektrale indhold, i et område af spektret, der er vanskeligt tilgængeligt for spektroskopi, kombineret med den store følsomhed, giver således mulighed for, på en overraskende nem måde at foretage spektroskopiske undersøgelser af gasser, væsker og faste stoffer i THz området.

Placeres en prøve, for eksempel en skive af høj- T_c substratet LaAlO_3 , mellem de to parabolspejle i opstilling på



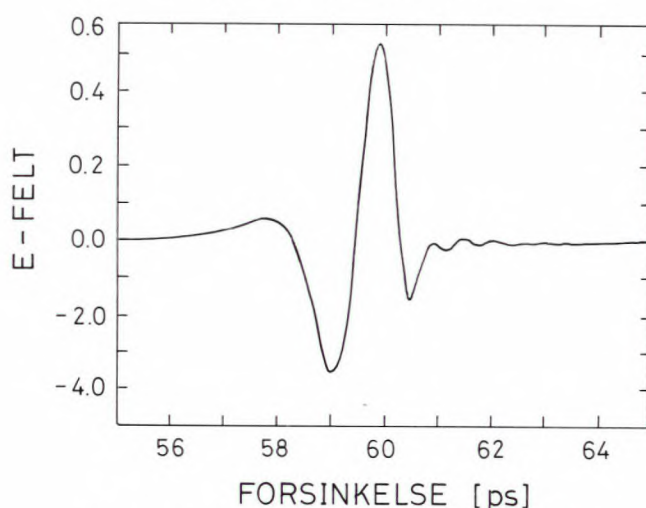
Figur 6. THz-opstillingen. t-linien sidder på overfladen af chip'en med front mod laseren. THz-pulsen er rettet ind i substratet og fokuseres af Si-linsen, monteret bag substratet. THz-pulsen styres derefter til detektoren af de to parabolspejle.

figur 6, vil pulsen, der registreres på detektoren være ændret på flere måder. Først og fremmest vil den være forsinket i forhold til pulsen optaget uden prøve. Forsinkelsen er givet ved tykkelsen af prøven, d , og forskellen i brydningsindex mellem prøven og den omgivne luft.

$$t_{\text{delay}}(\nu) = \frac{d}{c} [n_{\text{sample}}(\nu) - n_{\text{luft}}]$$

Forsinkelsen afhænger af frekvensen ν , svarende til dispersionen i prøven. Dette medfører en forbreddning af pulsen proportional med dispersionen. Endvidere vil der være en frekvensafhængig absorption i prøven, der dæmper pulsens forskellige spektralkomponenter, givet ved

$$E(\nu) = E^0(\nu) \exp(-\alpha(\nu)d)$$

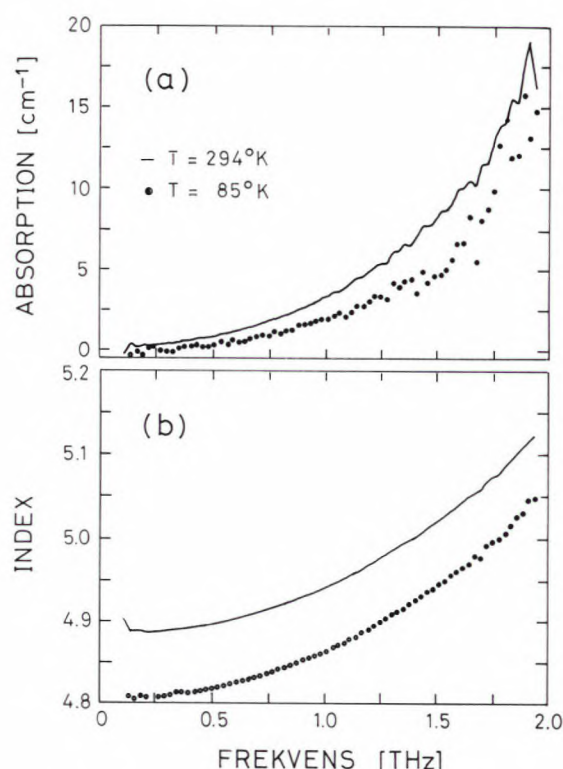


Figur 7. Pulsen efter passage gennem en 0.4032 cm tyk LaAlO_3 krystal. I forhold til reference pulsen (fig. 5a) er den blevet både forsinket og forbredd som følge af dispersion og absorption i krystallen.

THz-pulsen, efter passagen af LaAlO_3 prøven er vist i figur 7.

Da der arbejdes med elektriske felter, hvor både fase og amplitude er veldefinerede kan både brydningsindex og absorption bestemmes samtidigt ved at sammenligne Fourier transformen af de to pulser henholdsvis med og uden prøve.

Det vil sige at en fuldstændig beskrivelse af materialets lineære dielektriske egenskaber, nemlig index og absorption, fås ved at optage to tidsspektre ved stuetemperatur, hvilket tager et par minutter, og derefter Fourier analysere pulserne. For LaAlO_3 prøven er resultaterne vist i figur 8¹¹. Det ses, at LaAlO_3 ikke er ideelt som substrat for høj temperatur superledere, som følge af den relativt høje absorptionskoefficient i THz området. Denne form for spektroskopi, Tids Domæne Spektroskopi (TDS), bruges i øjeblikket flittigt til at studere en række faste stoffer og gasser i THz området. Samtidigt arbejdes der intenst på at øge båndbredden af THz-pulserne, det vil sige gøre dem kortere. Den teoretiske grænse er givet af pulsbredden af den laserpuls, der driver THz-pulsen, det vil sige at båndbredden skulle kunne øges til 5-10 THz.



Figur 8. Brydningsindex og absorptionskoefficient for LaAlO_3 givet ved stuetemperatur og flydende kvælstofs temperatur.

Perspektiver

Inden for den naturvidenskabelige faglitteratur støder man ofte, meget ofte!, på artikler med beskrivelser af nye eksperimentelle metoder, der, ifølge forfatterne, rummer uanede muligheder for at udforske vor omverden. Dog viser det sig, at kun meget få af disse nye metoder får en større udbredelse. De fleste går i glemmebogen. Hvorvidt de eksperimentelle teknikker, der er beskrevet i denne artikel, viser sig at være holdbare, afhænger af flere faktorer. Indenfor industrien vil udviklingen af femtosekund halvlederlasere, gøre det betydeligt nemmere at frembringe elektriske impulser i femtosekund området. Da halvlederla-

serne endvidere vil kunne drives af de selvsamme elektriske pulser, er der nok ingen tvivl om at Auston-switchen vil få en fremtrædende plads i fremtidens teknologi. Udviklingen af AlGaAs/GaAs legeringer (kvantebrønde og supergitter) har i denne sammenhæng stor betydning.

Indenfor grundforskningen er det specielt muligheden for at frembringe kohærente pulser i THz området, der kan vise sig anvendelig. Fjern-infrarød spektroskopi med THz pulserne har den store fordel at man undgår nedkøling af detektorer til flydende Helium temperatur. Endvidere er det en fordel at der arbejdes med elektriske felter, det vil sige at amplitude og fase kendes, hvorved man får information om både real og imaginær delen af de undersøgte materials dielektricitetskonstant. Med traditionel Fourier Transform spektroskopi kan denne information kun opnås ved brug af Kramer-Kroenig relationen, eller ved meget omfattende og tidskrævende målinger. På nuværende tidspunkt skal disse fordele sammenholdes med de ulemper, der er forbundet med opbygning og drift af den femtosekund farvestoflaser, der er nødvendig for at frembringe THz-pulserne. Som tidligere nævnt er der grund til at tro at femtosekund halvleder lasere om nogle år vil være en realitet, hvorved fremstillingen af et THz pulse spektrometer, med alle de ovennævnte fordele og muligheder, bliver meget simple.

Referencer:

1. IBM Journal of Research and Development, **34**, Maj 1990, særnummer om Ultrahurtig Chip Diagnostik.
2. Marc Brodsky, Scientific American, **56** (feb. 1990).
3. David Hareme et al. ved IBM har udviklet en ny generation af Si:Ge baserede bipolære transistorer med båndbredder op til 100 GHz.
4. T.Henderson et al., IEEE Electron Device Lett., EDL-7, 649 (1986)
5. D.H.Auston, IEEE J.Quantum Electron., **19**, 639 (1983)
6. J.A.Valdmanis, Electron.Lett., **23**, 1308 (1987)
7. D.Grischkowsky et al., Phys.Rev.Lett., **59**, 1663 (1987)
8. D.Kroekel, D.Grischkowsky and M.B.Ketchen, Appl. Phys.Lett., **54**, 1046 (1989)
9. P.R.Smith, D.H.Auston and M.C.Nuss, IEEE J.Quantum Electron., **24**, 255 (1988)
10. M.van Exter, Ch.Fattinger and D.Grischkowsky, Appl.Phys.Lett. (1989)
11. S.R.Keiding and D.Grischkowsky, Appl.Phys.Lett 1990



Søren Keiding Adjunkt ved Fysisk Institut, Odense Universitet. Lic.scient. grad fra Aarhus Universitet. Var fra 1988 til 1990 ansat ved IBM Thomas J. Watson Research Center i New York.

Årsmøde i Dansk Fysisk Selskab.

Der har været megen diskussion, om Årsmødet i Dansk Fysisk Selskab med fordel kunne lægges sammen med sektionernes forårsmøde i maj måned. Argumenterne er, at Danmark er for lille til at holde to årlige landsdækkende møder, og at man kunne fremme kvaliteten og interessen ved at koncentrere sig om at arrangere ét møde med eventuelt to overnatninger. Bemærkninger om, at årsmødet til tider har været "slapt" både med deltagelse og program er bestemt rigtige, men i år var både fremmødet og indholdet generelt i top.

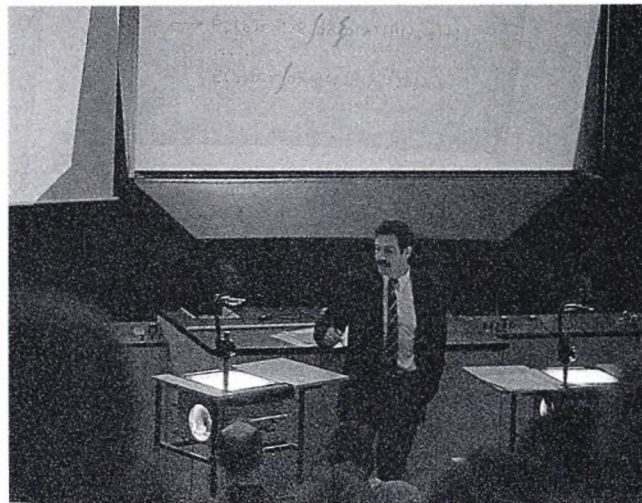
Underholdende foredrag.

Programmet bestod af seks inviterede foredrag fra forskellige hjørner af især dansk fysik, overrækkelse med videre af Dansk Fysisk Selskabs Fysikpris, samt en paneldiskussion, hvor det kontroversielle emne "Rekrutterings- og aldersproblemer i Dansk Fysikforskning" blev debatteret.



Auditorium 3 på H.C. Ørsted Institut var stuvende fyldt mens Rodney Cotterill, Danmarks Tekniske Højskole holdt sit spændende foredrag med titlen *In Pursuit of Thought: The Quest for a Physics of Consciousness*. Foredraget tog udgangspunkt i nogle meget interessante udenlandske observationer af 35-60 Hz svingninger mellem forskellige centre i hjernen, når øjet udsættes for bestemte stimuli. Cotterill forklarede ud fra hjernens struktur, hvordan disse svingninger nødvendigvis måtte involvere signal transmission ad kanaler, der endnu ikke har været betragtet. Tilstedeværelsen af svingninger med frekvenser af netop denne størrelsesorden forklarer samtidig basale egenskaber, der menes at danne grundlag for bevidsthed, nemlig kontinuitet og korttidshukommelse.

Et andet foredrag, som var både meget interessant og fantastisk underholdende præsenteret, var Alain Aspects *Experimental Test of the Quantum Theory*. Historien var godt ti år gammel, og flere havde sikkert hørt foredraget før, men alligevel formåede Aspect at holde forsamlingen tryllebundet mens han afsagde dommen over det gamle opgør mellem "København skolen", som Niels Bohr



repræsenterede og Albert Einsteins idéer om, at kvantemekanikken kun er en slags "statistisk mekanik" for et (ukendt) underlæggende system. Som bekendt gav Aspects eksperimenter resultater, som kun kan forklares ved hjælp af kvanteteorien, mens intet underlæggende system i detaljer kan beskrive forsøgsresultaterne.

Robert Feidenhans'l, RISØ gav med sit foredrag en indføring i spektroskopis mysterier i forbindelse med *Atomic Geometries at Surfaces: A View from Reciprocal Space*. På en fin måde dannede foredraget optakt til Jens Kehlet Nørskovs efterfølgende prisforedrag, hvor grundlæggende overfladefysiske problemstillinger blev belyst med konkrete eksempler fra praktiske anvendelser.

Klaus Mølmer, Aarhus Universitet fortalte om den nyeste udvikling inden for laserkøling af atomer. Laserkøling er en proces, hvor vekselvirkningen mellem laserlys og en samling ioner i en lagring udnyttes til at bremse de hurtigste og accelerere de langsomste ioner, så hastighedsfordelingen bliver smallere - det vil sige ion ensemblet bliver "koldere".

Det sidste fysikfaglige foredrag havde titlen *Toy models of Quantum Gravity* og blev givet af Jan Ambjørn, Niels Bohr Instituttet. Foredraget gav med dets indhold og form udtryk for den frustration, det giver at beskæftige sig med et udpræget teoretisk emne, hvor der ikke findes nogen observerbare størrelser, og hvor ingen måske i virkeligheden er helt klar over, hvad emnet går ud på

Som afslutning på årsmødet forklarede Claus Christensen, fysiklærerforeningen om den nye gymnasireform, dens indhold og formål i relation til fysik undervisningen. Foredraget er i store træk gengivet her i KVANT.

Paneldiskussionen om rekrutterings- og aldersproblemer i dansk fysik bragte mange spændende og kontroversielle idéer på banen.

Et panel sammensat af Allan Mackintosh, Direktør for NORDITA, Tor Nørretranders, Videnskabsjournalist, Jørgen Kjems, Forskningsdirektør RISØ, Dorte Olesen, Forskningspolitisk Råd samt Søren Isaksen, Koncernudviklings-

chef NKT (ordstyrer) gav deres bud på de strukturproblemer, der hænger dansk fysik for tiden.

Dansk Fysisk Selskab nye formand (fra januar 1991) Nils O. Andersen, H.C.Ørsted Institutet, indledte med at præsentere en ny undersøgelse, han havde foretaget. Undersøgelsen beskriver aldersprofilerne af fastansatte fysikere på danske universiteter og Danmarks Tekniske Højskole, og den viser en uhyggelig koncentration af ansatte i aldersgruppen 40-55 år, mens der næsten ingen fastansatte findes uden for dette interval. Problemet er mest udpræget på Københavns Universitet. Undersøgelsen foreligger på tryk og kan fås ved henvendelse til Nils O. Andersen.

Tor Nørretranders redegjorde for nogle bibliografiske undersøgelser, han havde foretaget af udviklingen i antallet af danske artikler i internationale tidsskrifter. Resultatet er her, at Danmark ligger som et af de bedste lande i verden - men har gennem 80'erne været for nedadgående! Langsomt, men sikkert publicerer danske forskere færre og færre artikler målt i forhold til udenlandske kolleger. Nogen vil måske mene, dette kun er et sundt tegn, når man ser på noget af det, der faktisk publiceres; hos andre vækker tendensen bekymring.

De første to indlæg tjente det formål, at besvare spørgsmålet: Har vi problemer i dansk fysik? De næste var så bud på forskellige løsningsforslag. Allan Mackintosh rettede kraftige angreb på styrelsesloven, hvilket gav meget blandede reaktioner fra salen; Jørgen Kjems mente, at forskellige strukturelle ændringer ville kunne løse problemerne; og Dorte Olesen afslørede indholdet af et nyt lovforslag, der anbringer overskuddet fra salget af Statsanstalten for Livsforsikring i en fond, hvis afkast bruges til grundforskning. Det vil sige 200 millioner kroner *mere* til grundforskning i Danmark pr. år - hvem har så et problem?

Spøg til side, indlæggene var faktisk generelt både saglige og markante, og der var mange spørgsmål og reaktioner fra salen. Vi håber meget på KVANTs redaktion, at debatten vil fortsætte her i bladet. Også med hensyn til det strukturudvalg, folkettinget har nedsat til at kulegrave dansk fysik, og hvis arbejde løbende vil blive refereret i KVANT - se omtale af udvalget samt interview med udvalgets formand andetsteds i bladet.

Torsten Freltoft, redaktionen

Uddeling af årets fysikpris

For tredje gang uddeler Dansk Fysisk Selskab fysikprisen, og denne gang tilfaldt prisen forskningsprofessor Jens Kehlet Nørskov, Laboratoriet for Teknisk Fysik, Danmarks Tekniske Højskole.

Tildelingen begrundes med, at Jens Kehlet Nørskov internationalt set er en af de mest fremragende yngre faststof- og overfladefysikere. Hans banebrydende forskningsindsats inden for såvel overfladefysik som overflade kemi og materialeforskning i bredere forstand er præget af stor originalitet, effektivitet og produktivitet, og resultaterne har allerede vundet betydelig international udbredelse. På overbevisende måde har Jens Kehlet Nørskov forstået at bygge bro mellem den grundlæggende kvantefysik/overfladefysik og praktisk anvendt materialeforskning. Samtidig har hans inspirerende og dynamiske forskergruppe formået at tiltrække nogle af de mest begavede og aktive blandt danske studerende og juniorforskere.



Undervisnings- og forskningsminister Bertel Haarder overrækker fysikprisen til forskningsprofessor Jens Kehlet Nørskov.

Prisen på 50.000 kr har de sidste tre år været stillet til rådighed af NKT. Fra næste år skifter prisen navn til *NKT's Forskerpris* samtidig med at beløbet hæves til 100.000 kr.

Den nye pris uddeles kun hvert andet år til en fysiker af Dansk Fysisk Selskab, mens den de andre år uddeles til en kemiker af Kemisk Forening.

Dansk Fysisk Selskab, 1990

Bent Elbek, formand for Dansk Fysisk Selskab

Formandens beretning, afgivet på generalforsamlingen den 19. november 1990 på H.C.Ørsted Instituttet

Selskabets bestyrelse har i det forløbne år bestået af:

- Bent Elbek
Niels Bohr Instituttet, Københavns Universitet (formand)
- Brian Bech Nielsen
Det fysiske Institut, Aarhus Universitet
- Søren Isaksen
NKT Koncernudviklingscenter
- Jens Peter Lynov
Forskningscenter Risø
- Niels Falsig Petersen
Fysisk Laboratorium I, Danmarks Tekniske Højskole
- Nils O. Andersen
Fysisk Laboratorium, Københavns Universitet
- Jens Onsgård
Fysisk Institut, Odense Universitet
- Jørgen Schou
Forskningscenter Risø (sekretær)

Der har i løbet af året været holdt 4 bestyrelsesmøder, heraf 1 udvidet med deltagelse af sektionsformændene.

Sekretariatsfunktionen har ligget hos Niels Bohr Instituttet, Risø, hvor Lissie Wagner Boesen har varetaget de daglige opgaver. Kassefunktionen har fortsat ligget ved Det fysiske Institut, Aarhus Universitet, hvor regnskabet har været ført af Adda Larsen. Selskabet takker begge for veludført arbejde.

Som forvarslet sidste år bliver det, på grund af de stadige reduktioner i institutternes personale, i stigende grad nødvendigt at selskabet baserer sin administration på betalt, udefra kommende medhjælp.

Selskabet havde pr. 1. september 460 medlemmer, det vil sige personer som modtog selskabets udsendelser. Desværre har der også i år været en del efterladende betalere. Der har været medlemsudsendelser den 14. januar, 4. april, 15. juni og 25. oktober.

Der har ikke været afholdt aftenmøder i det forløbne år.

Forholdet til European Physical Society

Formanden har den 27. januar deltaget i et møde i Amsterdam, hvor man på initiativ af Netherlands Physical Society og med deltagelse af repræsentanter fra også Belgian Physical Society drøftede forholdet mellem European Physical Society (EPS) og de mindre fysiske selskaber. På baggrund af drøftelserne blev der på EPS Executive Committee Meeting i Uppsala 27. marts vedtaget et forslag om en spørge-undersøgelse af de nationale selskabers erfaringer med og ønsker til EPS. Denne undersøgelse er nu igangsat af Netherlands Physical Society.

Bestyrelser for Dansk fysisk Selskabs sektioner:

Faststofsektionen:

Per-Anker Lindgård, Forskningscenter Risø (formand)
Bjarne S. Clausen, Haldor Topsøe A/S
Jørn Bindslev Hansen*, Danmarks Tekniske Højskole, Lyngby
Per Hedegård, H.C.Ørsted Instituttet, Københavns Universitet.
Arne Nylandsted Larsen, Det fysiske Institut, Aarhus Universitet
Kell Mortensen, Forskningscenter Risø
Sven Tougaard, Fysisk Institut, Odense Universitet
Axel Svane, Det fysiske Institut, Aarhus Universitet
M.P. Sørensen†, MIDIT, Danmarks Tekniske Højskole, Lyngby

* Til august 1990

† Fra august 1990

Atomfysiksektionen:

Knud Taulbjerg, Det fysiske Institut, Aarhus Universitet (formand)
Nis Bjerre, Det fysiske Institut, Aarhus Universitet (sekretær)
Erling Veje, Fysisk Laboratorium, Københavns Universitet
Jens Juul Rasmussen, Forskningscenter Risø
Paolo Sibani, Fysisk Institut, Odense Universitet

Sektionen for kerne- partikel- og astrofysik:

Niels Rud, Det fysiske Institut, Aarhus Universitet (formand)
Thomas Døssing, Niels Bohr Instituttet, Københavns Universitet
Jens Jørgen Gårdhøj, Niels Bohr Instituttet, Risø
Peter Hansen, Niels Bohr Instituttet, Københavns Universitet
Aksel Jensen, Det fysiske Institut, Aarhus Universitet
Niels Lund, Dansk Rumforskningsinstitut, Lyngby
Niels Kjær Nielsen, Fysisk Institut, Odense Universitet

Sektionen for uddannelse og undervisning:

Peter Colding Jørgensen, Fysisk Institut, DLH (formand fra november 1990)
Poul V. Thomsen, Det fysiske Institut, Aarhus Universitet
Karin Beyer, IMFUFA, Roskilde Universitetscenter
Erik Both, Laboratoriet for Teknisk Fysik, Danmarks Tekniske Højskole
Ole Goldbech, Direktoratet for Folkeskolen
Christian Petresch, Zahles Seminarium
Carl Jørgen Veje, Fysisk Institut, Danmarks Lærerhøjskole

På EPS executiv mødet var Dansk Fysisk Selskab var repræsenteret af Henrik Smith. Der var på mødet en del kritik af det store budgetunderskud i EPS. Det er siden vedtaget at sanere EPS' dårlige økonomi ved at flytte væsentlige dele af sekretariatet fra Genève til Budapest.

Physica Scripta

Redaktionen af Physica Scripta, som Selskabet er medudgiver af, har udtrykt et ønske om, at modtage flere artikler med danske forfattere.

Uddeling af Fysikprisen

Fysikprisen uddeles i dag for tredje gang. Priskomiteen har bestået af Ben Mottelson, Leo Falicov, Ove Poulsen og Peter Sigmund. (Prisen gik til forskningsprofessor Jens Kehlet Nørskov for hans "fremragende teoretiske arbejde indenfor overfladefysik" - se den tidligere artikel).

Fundatsen for Fysikprisen har fået en mindre opstramning. Sponsoren af prisen, NKT, har udtrykt villighed til at forsætte prisuddelingen i Dansk Fysisk Selskabs regi, men kun hvert andet år. Til gengæld fordobles prisen og der uddeles en tilsvarende pris ved Kemisk Forening i de mellemliggende år. Priserne vil i fremtiden betegnes "NKT's Forskerpris".

Udgivelse af KVANT

I juni måned udkom første nummer af det nye fysiske tidsskrift KVANT. Bladet udgives af Dansk Fysisk Selskab og Selskabet for Naturlærens Udbredelse. Starten af tidsskriftet er muliggjort gennem støtte fra Ths. B. Thriges Fond, Augustinus Fonden, Niels Bohr Fonden og tilskud af Tipsmidlerne. Selskabet takker disse fonde for den modtagne støtte. Redaktionen af KVANT består af:

- Jørgen Friis Bak
Aarhus Universitet (ansvarshavende)
- Torsten Freltoft
NKT Koncernudviklingscenter
- Mogens Esrom Larsen
Matematisk Institut, Københavns Universitet
- Finn Berg Rasmussen
Fysisk Laboratorium, Københavns Universitet
- Ove Østergaard
Silkeborg Amtsgymnasium

Sommerskole

Selskabets sommerskole blev i år igen afholdt på Sorø Akademi. Der deltog 24 gymnasieelever fra hele landet. Selskabet står som initiativtager i samarbejde med Fysiklærerforeningen og Gymnasiedirektoratet. Kurset blev ledet af Trine Dahl-Jensen, Klaus Mosegaard, Jens Viggo Clausen og Nils O. Andersen. Sommerskolen blev økonomisk støttet af Jernets Uddannelsesfond, Roskilde Universitetscenter og Fysisk Centralinstitut, Københavns Universitet.

Sektionerne

Faststofsektionen og Atomfysiksektionen har i fællesskab afholdt "Forårsmøde 90" på Nyborg Strand den 17.-18. maj 1990. Der var 120 deltagere, og det blev støttet af Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd 19 500 kr, Tuborg Fond og Otto Mønsted Fond 20 000 kr, Dansk Fysisk Selskab 7 700 kr.

Faststofsektionen har desuden afholdt følgende møder:

"Winter School in Modern Physics", H.C.Ørsted Institutet, 29.-30. januar 1990. Arrangeret af Per Hedegård og Per-Anker Lindgård. 55 deltagere, støttet fra Forskerakademiet med 38 780 kr.

"Aktuel Halvlederfysik" på TFL Hørsholm, 14. november 1990. Arrangeret af Peer Tidemand-Pettersen. 30 deltagere, støtte fra Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd på 5 000 kr.

"DFS topical meeting on High T_c Superconductivity" Danmarks Tekniske Højskole, Lyngby, 4. december 1990. Arrangeret af Jørn Bindslev Hansen, Per Hedegård og Mads Peter Sørensen. ca. 30 deltagere, støtte Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd på 5 000 kr.

Faststofsektionen har planer om følgende møder:

"Winter School in Modern Experimental Physics" 21.-22. januar 1991, Forskningscenter Risø. Støtte søgt fra Forskerakademiet. Mødet er annonceret på Nordisk Plan.

"Surface Science, High T_c Superconductivity and Computer Simulation" 7.-10. maj 1992, Nyborg Strand. Fælles Nordisk Møde i stedet for det sædvanlige Forårsmøde. Planlægningen er støttet af Dansk Fysisk Selskab med 3 500 kr.

Sektionen for kerne- partikel- og astrofysik har afholdt forårsmøde på Tårnborgh Parkhotel, Korsør. Det var arrangeret af Thomas Døssing, Jens Jørgen Gårdhøj, Peter Hansen og Niels Lund. 31 deltagere, støtte fra Dansk Fysisk Selskab 5 310 kr.

Sektionen for uddannelse og undervisning planlægger et forårsmøde i 1991.

år 3 efter reformationen

af gymnasiefysikken kommer de første studenter. Tag godt imod dem på universiteter og højere læreanstalter - de er dygtige og vil gerne lære og arbejde.

Claus Christensen, Fysiklærerforeningen

De ændringer af gymnasiets fysikundervisning, der er gennemført i forbindelse med reformen i 1988, er nok de største siden, ja jeg husker det næppe, men vel nok siden 1967, hvor der blandt andet blev indført skriftlig studentereksamen i fysik.

Timefordeling af fysikundervisningen				
Efter reformen		Før reformen		
1g	3	3	1g	
Obligatorisk niveau				
2g	3	2	3	2g
		↓	↓	
3g Højt niveau	5	2	5	3g
		naturfaglig samfundsaglig	mat-fys	
Obligatorisk niveau:		Højt niveau:		
■ 6 ugetimer i 1-2g		■ 11 ugetimer i 1-3 g		
■ Mundtlig eksamen		■ Skriftlig og mundtlig eksamen		

Dengang blev energibegrebet sat i centrum. I det hele taget blev undervisningen mere begrebscentreret. Tankegangen var, at hvis eleverne forstod de bagved liggende fysiske begreber "ordentligt", så havde de forstået fysikken - og den kunne de så gå ud i verden og bruge til at forstå alt mellem himmel og jord.

Sådan kender vi alle fysikken. Universitetsstudierne er bygget op om det fysiske begreb og den matematiske formel som det grundlæggende - det, der gør, at vi forstår verden. Det er efter den tankegang, undervisningen var tilrettelagt. Men spørgsmålet er i høj grad, om det er den måde, man lærer, forstår, begriber og arbejder med omverdenen på, når man *ikke* er fysiker. Og det er de fleste 16-19 årige ikke. De har meget svært ved at omsætte fysikkens begreber og

formler til *forståelse* af verden omkring os. Reaktionen har da også i høj grad været en flugt væk fra fysik. Det er som om eleverne har sagt: Kan impulsbegrebet og de love det indgår i, ikke bruges til at blive klogere på verden, ja hvorfor så bruge tid og kræfter på det?

I 70-erne og 80-erne er gymnasiet blevet en bred, almentdannende uddannelse, der *også* forbereder til studier ved blandt andet universiteter og højere læreanstalter. Cirka 35% af en ungdomsårgang går i gymnasiet. De fleste (cirka 13.000) på matematisk linje. Af disse vælger 25-30% fysik på højt niveau (mat-fys). Resten havde tidligere fysik på samfundsfaglig eller naturfagligt niveau. Det hedder fremover obligatorisk niveau, men er skruet anderledes sammen.

De fleste benytter deres studentereksamen til korte eller mellemlange uddannelser, hvoraf de færreste har et egentligt fysikindhold.

Gymnasiet bliver derfor for mange elever det sidste bekendtskab med naturvidenskabsundervisning. Det forpligter på flere måder. Gymnasiet skal give eleverne en elementær naturvidenskabelig oplysthed i et moderne teknologisk samfund. Den kan de dårligt få andre steder. Vi skal også sørge for en generel positiv indstilling til at behandle teknisk-naturvidenskabelige problemstillinger på et solidt fagligt grundlag, og helst i sammenhæng med de omgivelser hvorfra problemstillingen er hentet.

Undervisningen skal blandt andet give eleverne mulighed for at deltage i kultur- og samfundslivet, deltage i debatter om fordele og ulemper ved forskellige tekniske løsninger, og give en vis indsigt i det moderne samfunds teknologiske grundlag. Den skal også give eleverne mulighed for at vælge en af de mere og mere udbredte mellemtekniske uddannelser, der kræver indsigt i blandt andet fysik. Disse uddannelser kræver et naturligt forhold til de arbejdsformer, vi kender indenfor faget, det vil sige eksperimentelt arbejde, teoretisk arbejde, arbejde med numeriske eksempler. Denne del af undervisningen sker i særlig grad på det nye obligatoriske niveau.

Samtidig skal vi give en gruppe af eleverne et så højt fagligt niveau i fysik, at de kan gå i gang med "fysiktunge" studier, med en klar opfattelse af, hvad fysik er og hvad fysik kan bruges til, også når det bliver mere abstrakt.

På det høje niveau skal vi således fremme både klarhed og abstraktionsevne, og samtidig skulle der gerne komme en begejstring og et gå-på-mod, som styrker elevernes chancer for gennemføre en fysiktung uddannelse. Fra gymnasiets side arbejder vi på at forbedre gennemførelsesprocenterne på

universiteter og højere læreanstalter, hvilket blandt andet må ske på et reelt engagerende og inspirerende grundlag for eleverne. Kun derved opnår man, at de finder fysik interessant og vigtigt nok til, at de vil bruge deres liv på det.

På de erhvervskvalificerende uddannelser er studiet jo med "livet som indsats". Laver man en rundspørge blandt unge mennesker idag om, hvad de prioriterer i forbindelse med deres kommende arbejde, er det "spændende arbejde", "arbejde med mennesker", "høj løn og prestige" og så videre der går igen. Vi, der tilhører forældregenerationen kunne godt lige stoppe op og tænke på, hvad vi selv i dag ville vælge, hvis vi stod som velbegavede 20-årige med alle muligheder foran os? Hvilke krav ville vi stille til en uddannelse? Mon ikke vi ville stille de samme krav, som de unge gør idag?

Kritikken af fysikundervisningen i gymnasiet steg i løbet af 80'erne. Den var for abstrakt og verdensfjern. Studenterne flygtede til andre uddannelser og grene. Der kom fokus på, at pigerne undsagde fysik. Universiteter og højere læreanstalter syntes ikke studenterne kunne nær så meget som i gamle dage. De komplekse tal forsvandt - og så har de jo ikke en ærlig chance for at forstå vekselstrøm - som... osse er væk. Det bliver da værre og værre. Og stive leger, induktion - har det da ingen ende? "Vi må sikre elitens vej til den relevante uddannelse" - underforstået til fysik. Problemet er vist nok bare, at eliten nærmest bliver HD-ere idag.

I samme periode har vi været vidne til en øgning i interessen for fysik og naturvidenskab generelt. Behovet for at blive klogere og få forstand på omverdenen er ikke blevet mindre. Illustreret Videnskab er en kæmpesucces. Hvælv - stor succes. Kaos - paradigmeskift - neurale netværk - alternativ energi - miljø - hybridnet - computere - masser af interesse fra unge som gamle, men ikke for fysik...

Gymnasireformen af 1988 blev anledningen til at gå i gang med et radikalt skift med hidtidig tradition. På obligatorisk niveau (3 ugetimer i 1g og 2g) lægges der særlig vægt på de almene kvalifikationer, mens der på højt niveau (5 ugetimer i 3g) lægges vægt på almene og i særlig grad studieforberedende elementer. I den nye målsætning for faget er der derfor indarbejdet en række nye elementer.

5 dimensioner.

Man har valgt at anvende ordet "dimension" for en af nyskabelserne i gymnasireformen, selvom ordet er lidt uheldigt. Et bedre søges. Dimensionerne beskriver sammenhænge eller perspektiver, som skal belyses i undervisningen. Der er krav om, at der skal tilrettelægges nogle undervisningsforløb, der har det hovedsigte at tilgodese en dimension, men der er ikke krav om at alle dimensioner behandles lige grundigt. Der er heller ikke krav om bestemte emner indenfor hver af dimensionerne.

I forbindelse med *den nære omverden* kan man få forståelse af, at både naturfænomener og menneskeskabte fænomener, som for eksempel vejret, sanserne, sport, trafik, hjemmets teknik og så videre, kan forklares på et fysisk grundlag.

DIMENSIONER I FYSIKUNDERVISNINGEN

DEN NÆRE OMVERDEN

Eleverne skal opnå forståelse af, at fænomener i den nære omverden kan forklares på fysisk grundlag.

FYSIKKENS VERDENSBILLEDE

Eleverne skal opnå et indtryk af fysikken som en sammenhængende naturbeskrivelse.

FYSIKKEN I HISTORISK OG FILOSOFISK BETYDNING

Eleverne skal opnå kendskab til dele af fysikkens historie og få et indtryk af fysik som erkendelsesform.

TEKNIK

Eleverne skal opnå kendskab til konkrete anvendelser af fysikkens resultater og metoder indenfor teknik.

TEKNOLOGI OG SAMFUND

Eleverne skal få indblik i, at fremskridt inden for fysikken er nært forbundet med den samfundsmæssige og teknologiske udvikling.

I *fysikkens verdensbillede* skal eleverne have indtryk af fysikkens muligheder for at give en sammenhængende beskrivelse af universet, hvor alt fra det mindste til det største forklares ud fra få grundprincipper.

I arbejdet med *fysikken i historisk og filosofisk belysning* kan man arbejde med nogle epoker i videnskabshistorien eller teknologihistorien. Man kan herunder komme ind på, hvordan fysikkens begreber er opstået og udbygget, ligesom man kan komme ind på gamle apparater eller historiske eksperimenter.

I dimensionen *teknik* kommer man ind på nogle eksempler på fysikkens umiddelbare anvendelse i teknikken, og hvordan tekniske indretninger hviler direkte på de fysiske principper, man lærer om i fysikundervisningen. Virksomhedsbesøg eller et længerevarende projekt om en bestemt produktionsmetode kan også indgå.

I *teknologi og samfund* kommer man ind på, at fysik og anden naturvidenskabelig forskning er tæt forbundet med den teknologiske og samfundsmæssige udvikling.

Tematisk undervisning

Som en nyskabelse stilles der også krav om, at en del af undervisningen tilrettelægges tematisk. Et tematisk undervisningsforløb opbygges for eksempel ud fra et centralt spørgsmål, et tema, fra en sammenhæng, der af eleverne opfattes som relevant, og hvori faget spiller en væsentlig rolle. Det valgte tema er styrende for udvælgelsen og

organiseringen af lærestoffet. I et tematisk undervisningsforløb inddrages kernestoffet således i en fysikekstern sammenhæng. Det er en betydelig nyskabelse, men i sandhedens interesse må man nok sige, at revolutionen er mindre end det umiddelbart lyder. Det skyldes dels, at lærerne er uvante med denne undervisningsform, dels har der manglet temahæfter på skolerne til de første forløb (de skulle skrives - og købes...). Men i løbet af få år er der udgivet så mange temahæfter, at undervisningen vil være drejet betydeligt længere over mod en tematisk tilrettelæggelse.

Eksperimentelt arbejde

Det eksperimentelle arbejde har også skiftet karakter. Tidligere var eksperimenter oftest designet til at vare 45 minutter inklusiv ud- og indpakning. Nogle af disse laves fortsat, men der er også åbnet for 2 eller 3 timers eksperimenter, som udføres i små hold og med individuel rapport. Desuden er der som en nyskabelse indført et 10-timers eksperimentelt projekt i hvert af de 3 år. I 10-timers projektet er det tanken, at eleverne i større udstrækning selv bidrager til udviklingen af eksperimenterne. Hver gruppe har sit emne for det eksperimentelle projekt, og de skriver sammen en grupperapport over arbejdet. Der er ikke tvivl om, at eleverne er begejstrede for denne arbejdsform, hvor deres engagement og idérigdom får friere tøjler. Lærerne er derimod mere forbeholdne, især på grund af manglen på laboratorier og materiel, samt det forhold, at man skal holde måske 7 grupper à 4 elever med hver sit projekt i hånden inden for lektionslængder à 45 minutter. Elevernes begejstring er dog så vigtig, at der ikke er tvivl om, at formen er med til at give dem en langt mere positiv indstilling til fysik.

Skriftligt arbejde

Som noget nyt er der også indført skriftlige opgaver i 1g og 2g. Det har været en meget stor succes, sikkert også på grund af den store frihed lærerne har i forbindelse med opgaveformuleringerne. Skriftlige opgaver kan naturligvis være almindelige regneopgaver, der kan være tale om efterbehandling af "take-home-labs", man kan lave en edb-simulering og benytte grafer, tabeller og kommentarer som en opgave, ligesom artikler fra aviser, tidsskrifter og så videre kan anvendes som udgangspunkt for skriftlige opgaver. Det giver en fin åbenhed og gode muligheder for varieret tilrettelæggelse af undervisningen.

Der er kun en mundtlig eksamen efter det obligatoriske niveau i fysik. De skriftlige opgaver skal derfor udelukkende støtte det daglige arbejde med indlæring og perspektivering af faget. Det skriftlige eksamensniveau kommer først efter det høje niveau i 3g, som pt. cirka 25% af eleverne har valgt. De skriftlige opgaver til studentereksamen har også udviklet sig indenfor de seneste år. Opgaverne er nu alle forsynet med overskrift, og man kan som regel tydeligt se, hvad de handler om. Eksempler: vandseng, termoelement, seismograf, hastighedsfilter, lagring, curling, dykkerklokke, vejrballon, radon i kælderrum, nuklearmedicin,... eksemplerne er legio. Både blandt lærerne og eleverne er der tilfredshed med denne drejning hen mod det mere

KERNESTOF

OBLIGATORISK NIVEAU

ENERGI

Forskellige energiformer og energiomdannelser. Energibevarelse. Energikilder, energilagring og energikvalitet.

ELEKTRISKE KREDSLØB

Kredsløb med lineære komponenter. Eksempler på ikke-lineære og aktive komponenter.

BØLGER

Bølgers udbredelse, interferens, spejling og brydning. Lyd. Elektromagnetiske bølger.

ATOM- OG KERNEFYSIK

Atomers og atomkerners bestanddele. Atomers emission og absorption af stråling. Radioaktive henfald. Ioniserende stråling.

MEKANIK

Lineær bevægelse med konstant hastighed og med konstant acceleration. Lineær harmonisk bevægelse, Newtons love. Arbejde og energi.

HØJT NIVEAU

MEKANIK

Lineær bevægelse med konstant hastighed og med konstant acceleration. Lineær harmonisk bevægelse. Bevægelse i homogene kraftfelter. Jævn cirkelbevægelse. Newtons love. Arbejde og energi. Processer med ideale gasser. Mekanikkens energisætning. Stød. Gravitationsfeltet fra et centrallegeme, satellitbevægelse, kosmologi.

ELEKTRICITET OG MAGNETISME

Elektriske og magnetiske felter. Ladede partiklers bevægelse i homogene elektriske og magnetiske felter.

KERNE- OG PARTIKELFYSIK

Kernereaktioner. Ækvivalensen mellem masse og energi. Q -værdi, bindingsenergi og kernestruktur. Subnukleare partikler.

anvendelsesorienterede.

Det er mit indtryk, at den skriftlige eksamen er på cirka samme abstraktionsniveau som hidtil.

Fagligt stof

Der er sket noget med faget. Det er skrumpet nogle steder. På obligatorisk niveau er det samlede ugetimetotal faldet (fra 7 til 6), undervisningen er koncentreret i 1-2g, hvor eleverne generelt er lidt mindre modne end i 3g, ligesom holdstørrelsen er steget, specielt i 2g. Da der samtidig var krav om et lavere abstraktionsniveau ved indgangen - overgangen fra folkeskolen var blevet alt for svær - måtte der ske nogle hug, som også skulle give plads til nyt, for eksempel temaarbejde og dimensioner.

I kassen kan man se, hvad der blev tilbage på obligatorisk niveau. Man kunne sagtens have ønsket sig en del mere. Men konsekvensen havde været en langt strammere undervisningsplan, hvilket ikke var ønskeligt. Man kunne selvfølgelig også have håbet på flere timer, men det mente Folketinget åbenbart ikke dengang i 1987.

De abstraktionsmæssigt vanskeligste emner, mekanik og felter, ligger stort set kun på det høje niveau. Her har eleverne de bedste forudsætninger for at tilegne sig de vanskelige feltbetragtninger, ligesom det er disse emner der klart peger på videregående fysikuddannelser. Satellitbevægelse og solsystemet er fremhævet, og som noget nyt er der indført lidt kosmologi. Elektriske og magnetiske felter er nedtonet noget i forhold til tidligere. Det kan man begræde, men igen er det timetals- eller pensumpresproblemet der trænger sig på. Under kerne- og partikelfysik indgår fremover lidt partikelfysik med kvarker og så videre. Kosmologien og partikelfysikken er kommet med for at medtage en beskeden mængde moderne fysik.

Afslutning

I gymnasiet er der ansat over 1000 fysiklærere, hvoraf langt de fleste er uddannet på universiteterne. Vi er glade for vores fag og ser det gerne blomstre på alle uddannelses-niveauer. Vi har været i vanskeligheder i 80-erne. Det hverken kan eller skal skjules. Men vi mener også, at vi har taget en meget stor udfordring op - nemlig at arbejde med den faglige formidling af faget i helt nye rammer. Den væsentligste nyskabelse er efter min opfattelse, at vi ikke længere betragter det forhold, at meget af den grundlæggende fysik kan samles i få begreber med få formler, som det eneste udgangspunkt for elevernes forståelse af fysik. Der er mange flere udgangspunkter, vi må bruge kræfter på at finde dem og udvikle dem. Fysik er også et værktøj til at forstå hverdagsoplevelser og erfaringer. Begreberne er historisk set konklusionen på mange generationers arbejde med at forstå fysik. Det kan man ikke helt springe over ved formidlingen af fysik - men man kan lette vejen og styrke billedet og tanken.

Udviklingen er parallel i andre lande. I Holland, England og så videre arbejder man med pensumrevisioner efter stort set samme tankegange, som styrede de ændringer, der er gennemført i Danmark. Jeg er ikke i tvivl om, at vi vil genfinde samme tendenser i de fleste andre lande. Man skal bestemt ikke tro, at vi på gymnasieområdet har alle svarene - arbejdet er kun lige begyndt. Med en let omskrivning af Churchill: Vi er endnu ikke kommet til enden af begyndelsen. Men tag godt mod studenterne, når de kommer her til sommer - de strutter af energi og virkelyst - skuf dem ikke. Undervisning drejer sig også om menneskelige relationer - sørg for, at de føler sig hjemme og velkomne.

Vi vil også gerne samarbejde konkret med de højere læreanstalter om besøgs muligheder, hvor gymnasieelever får lejlighed til at udføre eksperimenter, der normalt ikke kan lade sig gøre på gymnasierne. Derved får de lejlighed til at se, hvordan arbejdet med fysik på videregående uddannelser sker. Der er ingen tvivl om, at veltilrettelagte og forpligtende besøg med et konkret eksperimentelt indhold også styrker interessen for at arbejde videre med fysik. Vi er meget glade for det samarbejde der er etableret med universiteterne i Århus, Odense, Roskilde og Aalborg, Danmarks tekniske Højskole, Danmarks Ingeniør Akademi og RISØ.

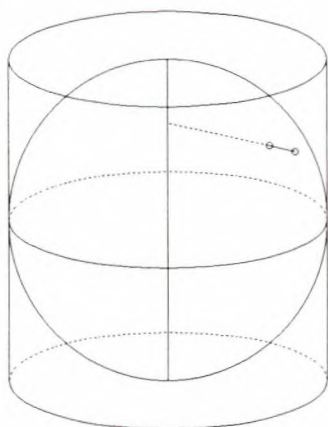


Claus Christensen Adjunkt ved Nørre Gymnasium siden 1980. Cand.scient. fra Københavns Universitet, 1980. Medlem af Fysiklærerforeningens styrelse siden 1984. Formand siden 1987.

Peters' atlas.

Mogens Esrom Larsen, Matematisk Institut, Københavns Universitet

Nu skal skyklapperne rives fra vore øjne og vi skal se verden, som den virkelig er, eller i det mindste i rigtige indbyrdes størrelsesforhold. Peters' Atlas¹, påtager sig denne opgave ved at vise os hele jorden i en relativt arealtro projektion. Det skal være bedre end f.eks. den gamle (fra 1569) Mercator-Projektion, der jo tegner lande nær polerne meget for store i forhold til lande nær ækvator. Dette forhold betegnes i forordet som en Europa-centreret tænke-måde, hvad man har vanskeligt ved at forstå, da det mest er Grønland og Alaska, der er overdimensionerede, mens det er landene ved ækvator, der gives mest "korrekt".

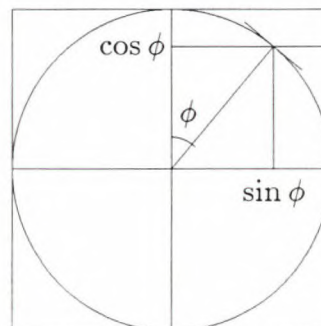


Figur 1. Archimedes cylinder-projektion.

Til det angivne formål bruges to relativt arealtro projektioner, der i indledningen til atlaset kaldes henholdsvis *Peters' projektion* og *en anden projektion*. Det er nu ikke første gang, man har fundet på arealtro projektioner af kugleskallen. De er lige så gamle som selve definitionen af en krum flades areal, og går tilbage til Archimedes († år 212 f.v.t.), som beskrev dem i sit berømte værk, *Kuglen og Cylinderen*². Heri definerer Archimedes arealet af en konveks flade ved at tilnærme den indefra og udefra med konvekse polyedre. Det er ikke så banalt, som det kan lyde. Tænk på, at hvis man tilnærmer en 45° skrå plan med en trappe, så vil arealet af trappen være $\sqrt{2}$ gange for stort, uanset hvor små trinene er. Men en trappe er jo også noget af det mest ukonvekse, man har.

Archimedes beviser ved hjælp af den arealtro projektion, at hele kuglens overflade er lig med cylinderens krumme overflade og derfor $4\pi r^2$. Altså også det samme som af en cirkel med radius lig med kuglens diameter. Hvis vi i det følgende regner afstande i jordradier, altså sætter $r=1$, bliver overfladen som en cirkel med radius 2.

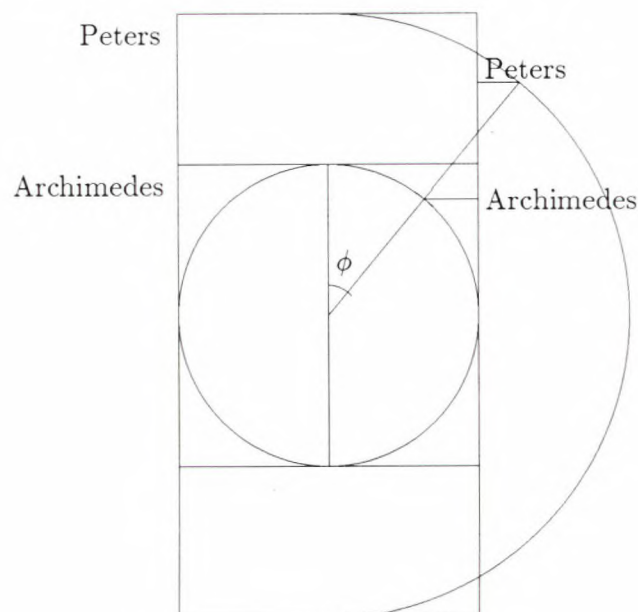
Dette resultat var faktisk det, som Archimedes var mest stolt af. Han skriver i et brev, at "sådan har det været siden tidernes morgen, men jeg er den første, der har vidst det!" Det siges også, at man huggede et billede af en kugle



Figur 2. Archimedes' projektion.

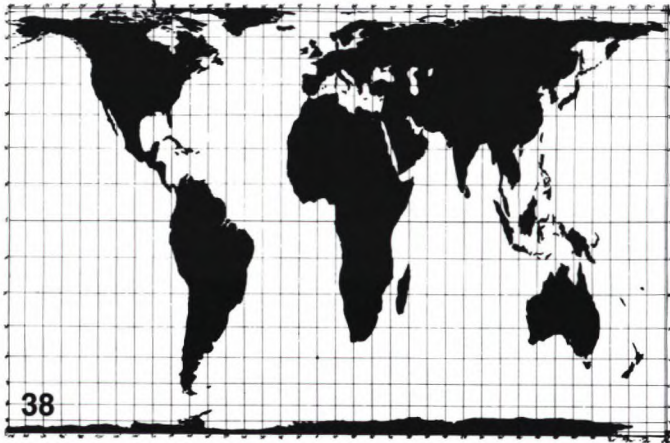
indskrevet i en cylinder på hans gravsten, men det må vist anses for hørende til anekdoternes interessante verden.

Med Peters' variant er denne klassiske projektion kommet til ære og værdighed. Hidtil har den jo været anset for noget kuriøs på grund af den meget kraftige afstandsforvrængning ved polerne. Denne forvrængning har Peters' korrigeret noget ved at gøre kortet smallere og højere, så der både er forvrængning ved ækvator og ved polerne.



Figur 3. Archimedes' og Peters' projektioner.

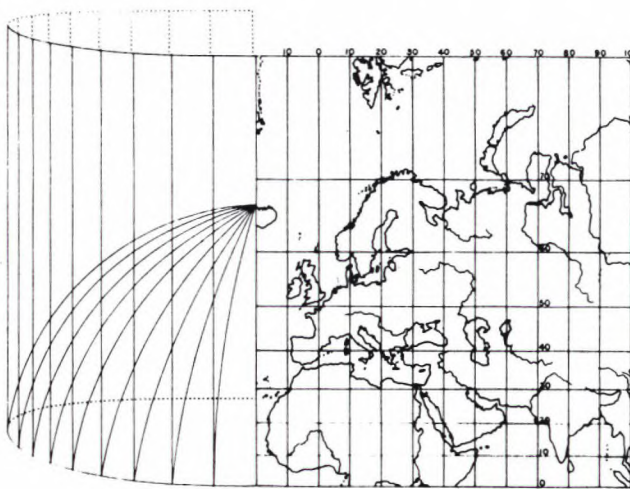
At Archimedes' projektion er arealtro, er ikke så svært at indse. Vi betragter et rektangel på kuglen i et punkt med breddegrad ϕ . Rektangleret har siderne δx i breddecirkelens retning og δy i længdecirkelens retning. Ved projektionen vil δy i tangentretningen $90^\circ - \phi$ blive forkortet med faktoren



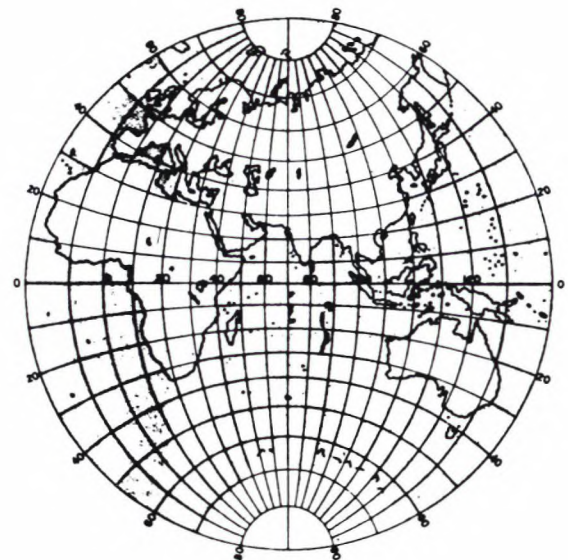
Peters projektion



“Den anden projektion”



Mercators projektion



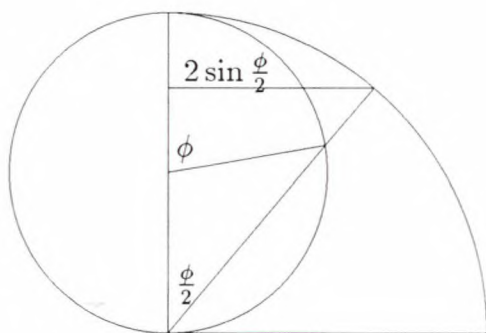
Stereografisk projektion

$\sin(90^\circ - \phi) = \cos \phi$. Til gengæld vil δx blive forlænget med faktoren $1/\cos \phi$, så rektanglets billede bliver et rektangel med siderne $\delta x/\cos \phi$ og $\delta y \times \cos \phi$, og dermed samme areal.

Forvrængningen ved projektionen er den faktor, bredden bliver forstørret med i forhold til længden, altså $1/\cos^2 \phi$. Den er altså korrekt ved ækvator. Arno Peters' projektion korregerer Archimedes' med faktoren 2, man kan sige, at han projicerer på en dobbelt så høj cylinder, så et punkt med breddegrad ϕ afbildes i et punkt på cylinderen med højden $2 \cos \phi$ over ækvator. Derved bliver forvrængningen

$\frac{1}{2\cos^2 \phi}$, som netop er 1, når $\phi = 45^\circ$, altså i Bordeaux og Torino, men naturligvis også andre steder, f.eks. Minneapolis og Montréal. Så de bedst gengivne lande er Schweiz og Østrig.

Når nu kuglefladen har arealet 4π , er det nærliggende at projicere den på en cirkel med radius 2 efter princippet, at Nordpolen placeres i centrum og længdecirklerne projiceres i radier med samme indbyrdes vinkler som disse i Nordpolen, mens alle breddecirklerne projiceres i koncentriske cirkler, sådan at hver cirkels areal svarer til arealet af den



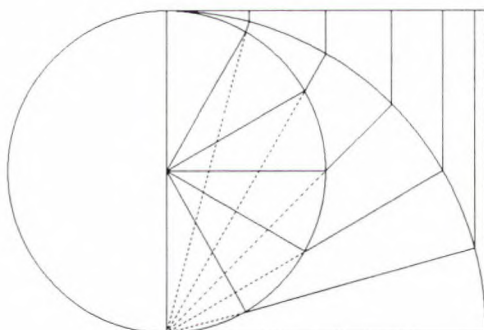
Figur 4. Konstruktion af $2 \sin \frac{\phi}{2}$ til arealtro cirkel-projektion.

tilsvarende kalot på kuglen. Sydpolen må så fordeles over cirklen med radius 2. Det er denne projektion, atlasset betegner som "en anden". Nu er det en simpel sag for os at beregne denne projektion, fordi vi nu ved, at når vinkelen med Nordpolen er ϕ , så vil den tilsvarende kalot have samme areal som det tilsvarende stykke af cylinderen. Og det er jo omkredsen af cylinderen (2π) ganget med højden $(1-\cos\phi)$. Cirklen med dette areal har radius

$$\sqrt{2(1-\cos\phi)} = 2\sin\frac{\phi}{2}$$

Figur 4 viser hvorledes $2 \sin \phi/2$ fremkommer geometrisk.

Denne projektion giver et rimeligt billede af den nordlige halvkugle, men breddecirklerne på den sydlige kommer til at ligge meget tæt. Så allerede Australien kommer til at se lige så fladtrykt ud som Grønland på Archimedes' cylinder-projektion.



Figur 5. Arealtro cirkel-projektion.

Bortset fra den smukke geometri, der ligger bag disse arealtro projektioner, er det så lykken at erstatte de gamle kort med de nye? Svaret er, at et godt kort må have et formål. Hvis man vil gengive kuglefladen så uforvrænget som muligt, så skal projektionen være vinkeltro. Dette krav er opfyldt af de to typer kort, som bruges af "professionelle" navigatører til vands og i luften.

Til søs har man siden 1569 brugt og påskønnet Mercators projektion, fordi den foruden at være vinkeltro har den egenskab, at kurver på havet med fast kurs, såkaldte loxodromer, er rette linier. Det betyder, at man med en lineal kan afstikke sin kurs eller omvendt se, hvor man havner. Her kommer Archimedes' og Peters' projektioner til kort, og en sømand er vel lidt ligeglad med, om Barentshavet er større eller mindre end Middelhavet i areal.

I luften er man ikke længere tilfreds med loxodromerne, fordi de ikke er de korteste ruter, de såkaldte geodæter. En tur til Amerika stik vest fra Plymouth er en omvej. Man ønsker sig derfor et kort, hvorpå det er nemt at tegne geodæterne. Det er faktisk sådan, at der findes en projektion, den såkaldt gnomoniske, som netop har alle geodæter som de rette linier. Men den kan kun afbilde en mindre del af jordoverfladen af gangen, så da problemet er mest relevant på store afstande, foretrækker man i stedet for den stereografiske projektion. Denne tillader dels afbildning af så stor en del af jordoverfladen, man vil, dels afbilder geodæterne i visse cirkelbuer, man let kan tegne, se ref. 3. Også på dette punkt trækker Archimedes' og Peters' projektioner de korteste strå; - en luftkaptajn er vist kun interesseret i landenes arealer, hvis de skal oversprøjtes med pesticider. Normalt er det mest interessant, om landet ser ud som Chile eller Columbia, men for eksempel på "den anden projektion" er disse lande ens, begge nærmest cirkelrunde.

Referencer.

1. Arno Peters, *Politikens Store Verdensatlas: Peters' Atlas*, Politikens Forlag, Oldenburg, 1990.
2. Archimède, *Περὶ σφαίρας καὶ κυλίνδρου (De la Sphère et du Cylindre)*, Société d'édition "les belles lettres", Paris, 1970
3. Mogens Esrom Larsen, *Den korteste vej mellem to punkter på et landkort*, Naturens Verden **5-6**, 191 (1984)



Mogens Esrom Larsen redaktør af KVANT. Lektor ved Københavns Universitets matematiske institut.

Udredning af den danske fysikforskning



Undervisnings- og forskningsminister Bertel Haarder har besluttet at der skal foretages en gennemgang af den offentlige danske fysikforskning. Den nuværende situation skal beskrives og der skal stilles forslag til områdets fremtidige struktur.

Udredningen forestås af en styregruppe, hvis formand er dr.phil. Ole Hansen, senior scientist ved Brookhaven National Laboratory, USA.

Styregruppens øvrige medlemmer er:

- Professor Jens Ulrik Andersen, Aarhus Universitet, næstformand for styregruppen, medlem af Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd.
 - Direktør Ole Krogh Andersen, Max-Planck Institut for Faststofforskning i Stuttgart.
 - Lektor Mogens Nielsen, Aarhus Universitet, formand for Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd.
 - Direktør Jørgen Kjems, Forskningscenter Risø, medlem af Statens Naturvidenskabelige Forskningsråd.
 - Lektor Jens Peter Jacobsen, Odense Universitet, formand for Naturvidenskabeligt Uddannelsesråd og medlem af Forskningspolitisk Råd.
 - Lektor Poul Thomsen, Aarhus Universitet, medlem af Naturvidenskabeligt Uddannelsesråd.
 - Professor Allan R. Mackintosh, Københavns Universitet.
- Faglig sekretær for styregruppen er lektor Nils Overgaard Andersen, Københavns Universitet.

Kommissoriet for styregruppens arbejde gengives på næste side.

Styregruppen har nu haft sit første møde. Efter mødet havde KVANT en samtale med formanden for styregruppen.

- Styregruppen er hverken den rige gaveonkel eller en fæl sparebende, men vi skal primært forsøge at tegne et billede af, hvordan fysik i Danmark skal se ud de næste ti til femten år.

Det er en meget vigtig periode, idet den rækker ind over de kritiske år efter årtusind-skiftet, hvor hovedparten af de fysikere, der nu arbejder såvel på de højere læreanstalter som i gymnasiet, vil gå på pension.

- Fagligt set medtages rub og stub, men der vil selvfølgelig være nogle grænseområder, hvor der skal træffes et valg. Således medtages den del af fysisk kemi, der finder sted på de fysiske institutter, men ikke den del, der foregår på kemiske institutter. Ligeledes medtages Institut for Fundamental Metrologi (læren om mål og vægt), mens Meteorologisk Institut udelades.

- Styregruppen skal primært se på struktur. Det drejer sig om tre former, nemlig den faglige struktur, institutstrukturen og stillingsstrukturen.

Med hensyn til den faglige struktur handler det blandt andet om at belyse manglende eller forsvundne fagområder, og at undersøge hvilke områder, der burde have et andet omfang.

På det organisatoriske område, drejer det sig blandt andet om de store institutioner, der ikke har nogen kontakt med universiteterne. Ligeledes er astronomiens og geofysikkens stilling interessant. Endelig er det af interesse at undersøge miljøet på de små fysiske institutter.

Stillingsstrukturen, hvor en universitetsansat fysiker havner i en slutstilling i form af et lektorat, uden reel mulighed for at kunne søge et professorat, er problematisk. Der mangler dynamik og muligheder for at lade udvalgte områder vokse.

Planen for undersøgelsen er at lade de berørte institutter udarbejde en beskrivelse i løbet af januar 1991, som vil danne baggrund for en besøgsrunde i begyndelsen af marts. Evaluering af de store områder er væsentlig for at belyse fagets placering, men da styregruppen ikke er sammensat til selv at løse denne opgave, vil evalueringer blive foretaget af internationalt sammensatte paneler, formentlig i maj og juni 1991. De fire områder, der vil blive evalueret, er:

- Kerne- og partikelfysik
- Faststoffysik, herunder Materialeforskning
- Atom-, Molekyl- og Optisk fysik
- Astronomi, Astrofysik og Rumforskning

Et andet væsentligt emne består i at belyse hvorledes fysikforskningen finansieres. Her indgår både statslige kilder, i form af forskningsråd og rammebevillinger, og eksterne midler. Det er specielt af interesse at belyse hvorledes de eksterne midler indgår i planlægningen på de enkelte institutter. Ligeledes er samarbejdsrelationerne med erhvervslivet interessante.

- I dag uddannes der for få fysikere i Danmark. I andre vestlige lande bliver der uddannet mindst dobbelt så mange fysikere i forhold til indbyggertallet. Og faget er trængt. Det er på vej til at dø ud i folkeskolen, og der bliver problemer i gymnasiet i 2005, når fysiklærerne går på pension...

Uddannelses- og rekrutteringsspørgsmålet er derfor af største vigtighed. Det moderne samfund er baseret på et grundigt kendskab til naturvidenskab, og det er af største vigtighed at faget bevares levende og i konkurrencedygtig stand i forhold til resten af verden.

KVANT's spalter er åbne for kommentarer og indlæg til denne udredning. Styregruppens arbejde vil blive fulgt på nærmeste hold, og vil blive beskrevet i de kommende numre.

Kommissorium for styregruppe vedrørende fysikudredning.



Undervisnings- og Forskningsministeren har besluttet, at der skal gennemføres en udredning af den offentlige fysikforskning.

Formål

Formålet med udredningen er at få tilvejebragt en beskrivelse af den offentlige fysikforskning og dennes samspil med de videregående fysikuddannelser (herunder forskeruddannelserne). Udredningsrapporten skal indeholde forslag til, hvordan *områdets fremtidige struktur* skal være. Det forventes, at rapporten indeholder konkrete ændringsforslag og konsekvensanalyser i forbindelse hermed, hvor ændringer vurderes at være relevante.

Baggrund

Overvejelser om at gennemføre en samlet vurdering af fysikområdet går flere år tilbage. Det, der særligt har bragt området i fokus og aktualiseret udredningsovervejelserne igen, er uddannelsesproblemer (rekrutterings- og frafaldsproblemer) og Niels Bohr Institutets (NBI) budget- og styringsmæssige forhold.

Uanset NBI's særstilling kan instituttets internationale placering være vanskelig at opretholde, og instituttet har gentagne gange gjort Undervisnings- og Forskningsministeriet opmærksom på sit problem med at kunne rekruttere nye forskere.

Undervisnings- og Forskningsministeriet har på det seneste modtaget henvendelse vedrørende omlægningen af den plasmafysiske forskning på Risø. På nordisk plan er der overvejelser om ændrede vilkår for NORDITA. Det kan betyde, at vilkårene for det gode samspil mellem NORDITA og NBI (og "Blegdamsvej-komplekset") forringes.

Ud over NBI-problematikken og de uddannelsesmæssige problemer er der en række forhold på fysikområdet, der bør belyses mere generelt.

Indhold

For at kunne give et bud på en fremtidssikret løsning på området er det nødvendigt først at tilvejebringe et overblik over følgende:

- organisatorisk og geografisk spredning
- forholdet mellem undervisnings- og forskningsressourcer
- uddannelseskapaletet i forhold til tilgang og behov
- faglig sammensætning i de enkelte forskningsmiljøer
- indikatorer for forskningsresultater (artikler, antal forskningskandidater m.m.)
- faglig arbejdsdeling/dobbeltdækning i Danmark
- aldersfordeling/behov og mulighed for nyrekruttering
- internationalt samarbejde
- udnyttelse af større investeringer, nationale og internationale, og behov for fremtidige investeringer.

På baggrund heraf ønskes en udredning, der med strukturen som det primære perspektiv indeholder forslag om:

- områdets fremtidige organisation, herunder ressourcefordeling og -anvendelse
- arbejdsdeling/specialisering
- muligheder for koncentration/besparelser

De centrale spørgsmål er, om der i forskningsindsatsen sker en optimal udnyttelse af de nationale og internationale faciliteter, der er til rådighed, eller om det videnskabelige udbytte kunne øges ved at omfordele, sammenlægge eller ændre organisationen på området.

Har dansk fysikforskning et rimeligt omfang og niveau. Sikrer forskningens organisation en effektiv udnyttelse af store internationale og nationale faciliteter, eller kunne udnyttelsen forbedres gennem en ændret organisation/ressourcefordeling? Er der en fornuftig balance i dansk fysikforskning, eller bør der ændres på prioriteringen? Er der unødvendige overlapninger i indsatsen? Har eksisterende forskningsenheder den tilstrækkelige styrke (årsværks- og udstyrmæssigt)? Eller vil det være mere effektivt at integrere nogle forskningsenheder/-grupper lokalt eller nationalt eller måske endda internationalt, så der etableres stærkere enheder? Hvis ja, hvilke "cases" er så aktuelle? Og er der områder inden for fysikforskningen, som mangler i Danmark, og som bør etableres/udvides?

Evalueringer af kvaliteten kan indgå til belysning af de strukturelle spørgsmål, men ikke som et mål i sig selv. Sådanne faglige evalueringer skal tage udgangspunkt i fagområder (fx kerne- og partikelfysik) fremfor i de enkelte institutioner. Styregruppen kan inddrage internationale eksperter til at gennemføre eventuelle evalueringer.

Astronomi bør indgå i udredningen. Der er andre områder og enheder, det kan være relevante at inddrage (fx Rumforskningsinstituttet, geofysik m.fl.). Det er op til styregruppen selv at afgøre, hvilke tilgrænsende områder, der skal med.

Procedure

Styregruppen nedsættes i efteråret 1990 og gennemfører med international hjælp en udredning af strukturen inden for den offentlige fysikforskning vedrørende både forsknings- og uddannelsesproblemer.

Udredningen forventes afsluttet inden sommeren 1991, hvorefter der vil blive gennemført høring og offentliggørelse.

Dyrkningsmetoder

Der findes en række forskellige metoder til at lave tynde halvlederkrystaller. Af de bedst kendte kan nævnes Liquid Phase Epitaxy (LPE), Molecular Beam Epitaxy (MBE) og Metal Organic Vapour Phase Epitaxy (MOVPE). Hver af metoderne har sine fordele og ulemper.

Med LPE kan man for eksempel lave næsten perfekte enkeltkrystaller, men det er meget svært at gøre det på store substrater. Typisk er et substrat til LPE 10 mm x 10 mm, mens substrater til MBE og MOVPE er 2" eller 3" (cirka 50 mm og 75 mm) i diameter. Med LPE er det også meget svært at lave bratte overgange mellem forskellige materialer.

MBE teknikken giver en meget god kontrol over dyrkningen, men der er driftsmæssige problemer med brugen af fosfor i systemet.

MOVPE betragtes som den bedste dyrkningsteknik til InGaAsP baserede strukturer, på trods af den også er den mest komplicerede. I processen bruges der nogle meget giftige stoffer (arsin, phosphin og organiske metal-forbindelser), hvorfor der må tages hensyn til dette ved apparatets opbygning.

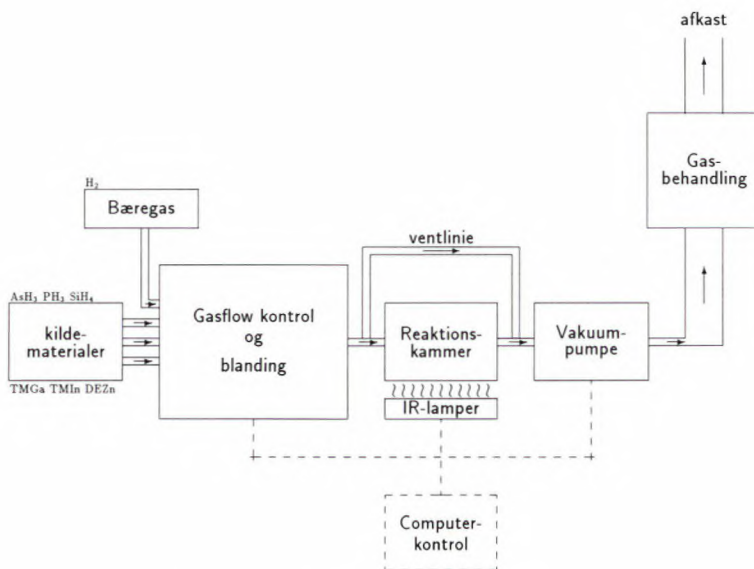
I det følgende vil jeg give en beskrivelse af det MOVPE anlæg, som i foråret 1989 blev installeret på TFL, samt beskrive dyrkningsprocessen.

MOVPE

Forskningen indenfor MOVPE blev startet af Manasevit³ i slutningen af 1960'erne. Første del af navnet kommer fra de Organiske Metalforbindelser, som er den ene type kildemateriale, der bruges i processen. VPE kommer af, at krystallagene bliver udfældet fra en gasfase (Vapour Phase) af kildematerialerne, og at lagene bliver dyrket med samme krystalstruktur som substratet (Epitaksielt).

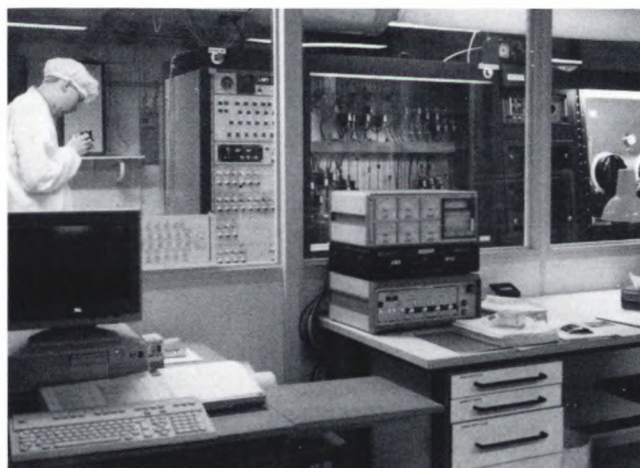
Til dyrkning af InGaAsP baserede halvledere med MOVPE, bruger man typisk de organiske metalforbindelser trimethylindium (TMIn eller $\text{In}(\text{CH}_3)_3$) og trimethylgallium (TMGa eller $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$) som kildematerialer for indium og gallium. Arsen og fosfor fås fra arsin (AsH_3) og phosphin (PH_3). Vigtige kriterier ved valg af disse kildematerialer er stoffernes damptryk og renhed.

I figur 4 er der vist et skematisk diagram af et MOVPE-system. Princippet i anlægget er følgende: ved hjælp af en bæregas, som oftest brint, ledes kildematerialerne gennem rustfri stålrør til et gasblandingspanel. Her er det muligt at kontrollere mængden af de enkelte materialer meget nøjagtigt, således at man kan blande stofferne i bestemte forhold. Fra blandingspanelet ledes gasblandingen videre til reaktionskammeret, hvori substratet (InP) er anbragt. Substratet er opvarmet til 500-700 °C enten ved brug af en højfrekvent induktions-spole eller med infrarøde lamper. Herefter ledes gasserne videre gennem en pumpe til et



Figur 4. Skematisk diagram af MOVPE-anlæg

gasbehandlingsanlæg, hvor de giftige stoffer neutraliseres. For at muliggøre meget hurtige skift mellem forskellige materialesammensætninger, kan man vælge at lede nogle af materialerne uden om reaktionskammeret. Indstillingen af gasflow, ventiler, substrattemperatur, tryk i reaktionskammeret m.m. kan alt sammen styres fra en computer.



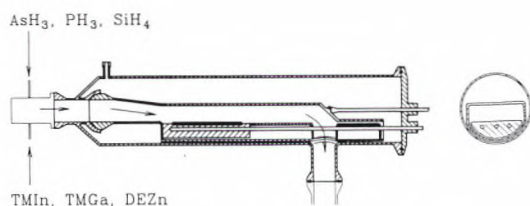
Figur 5. Billede af TFL's MOVPE-anlæg.

TFL's MOVPE-anlæg kan ses på billedet i figur 5. Anlægget er leveret af det tyske firma Aixtron. Udover de ovennævnte kildematerialer er der mulighed for at dotere lagene med Si og Zn for henholdsvis n og p type halvledere, ved brug af kildematerialerne silan (SiH_4) og diethylzink (DEZn , $\text{Zn}(\text{C}_2\text{H}_5)_2$).

Selve reaktionskammerets udformning er vigtig for at få ensartede lag. Der tilstræbes et design, der resulterer i en laminar gasstrøm gennem cellen uden "gaslommer".

Gaslommer i reaktionskammeret vil medføre, at man ved skift i gassammensætningen vil få en slags hukommelseffekt, som umuliggør skarpe overgange mellem forskellige materialesammensætninger.

I TFL's anlæg består reaktionskammeret af et horisontalt kvartsrør med rektangulært tværsnit. Dyrkningstrykket i kammeret er normalt 20 mbar, og prøverne er placeret på en grafitholder, der varmes op til 640 °C med infrarøde lamper. Figur 6 viser en tegning af reaktionskammeret. Som det ses, er der uden om det rektangulære kvartsrør et cylindrisk kvartsrør. Dette er nødvendigt fordi det firkantede kvartsrør ikke kan modstå forskellen mellem processtryk og atmosfæretryk.



Figur 6. Tegning af reaktionskammeret i TFL's MOVPE-anlæg.

Dyrkningsmekanisme

For at forstå hvorledes udfældelsen af de dyrkede halvlederlag sker i MOVPE-processen, er det nødvendigt at tage mange forhold i betragtning.

Man kan opstille modeller for, hvor stor tilvækstsrøte et givet materiale vil have som funktion af dyrkningstemperatur, gasflow, tryk med mere. Dette sker ved at studere transportmekanismerne samt de indgående stoffers mulige kemiske reaktioner, deres reaktionshastighed og de termodynamiske ligevægte. Disse modeller er imidlertid meget omfattende, og da de som oftest indeholder et utal af simplificationer og antagelser, er den opnåede overensstemmelse med eksperimenter mere kvalitativ end kvantitativ.

Generelt har man dog fundet, at der findes tre områder i dyrkningstemperatur, hvor tilvækstraten er styret af forskellige mekanismer.

For lave temperaturer (fra stuetemperatur til cirka 500 °C) er de kemiske reaktionshastigheder begrænsende for tilvæksthastigheden. Man finder her, at tilvækstraten vokser med stigende temperatur.

I et mellemområde fra ca. 500 °C til ca. 800 °C, bliver tilvækstraten begrænset af den hastighed, hvormed nyt materiale kommer frem til substratoverfladen, hvilket under normale betingelser igen er begrænset af stoffernes diffusionshastighed. Herved bliver tilvækstraten stort set temperaturafhængig, og det er derfor i dette temperaturområde en dyrkning normalt foretages. Ydermere stiger tilvækstraten proportionalt med masseflowet af gruppe-III kildemateriale, hvilket gør det let at opnå den tilvæksthastighed, man ønsker.

For højere temperaturer end 800 °C, falder tilvækstraten med voksende temperatur, hvilket skyldes en øget afdampning fra substratoverfladen.

Materiale fremstilling

Inden man kan påbegynde at fremstille en egentlig komponent, skal man kende tilvækstraterne for de forskellige materialer, doteringsniveauer, samt vide hvilken gassammensætning, der giver den rette bølgelængde og gittertilpasning. Desuden skal man, for at få så homogene lag som muligt, have fundet den ideelle kombination af temperatur, totalt gasflow og tryk. Da det jævnfør ovenstående er svært, at lave præcise modeller for dette, udgør kalibrering af MOVPE-apparatet en væsentlig del af arbejdet.

Kalibreringen sker ved at lave en masse dyrkninger under forskellige dyrkningsbetingelser, og derefter karakterisere prøverne. Til at karakterisere prøverne bruges forskellige målemetoder, blandt andet Hall- og resistivitsmålinger, CV (kapacitets-spænding) profilering, fotoluminescens og røntgendiffraktometri.

Som et eksempel vises målinger foretaget på vores højopløsnings røntgendiffraktometer. Dette måleinstrument er indkøbt igennem rammeprogrammet "Mikrostrukturer i III-V halvledere", som TFL deltager i sammen med Fysisk Laboratorium, HCØ, Laboriet for Halvlederteknik, DTH og Det fysiske Institut, Århus Universitet. Resultaterne giver samtidig et indtryk af, hvor langt vi er kommet med krystaldyrkningsteknologien på TFL.

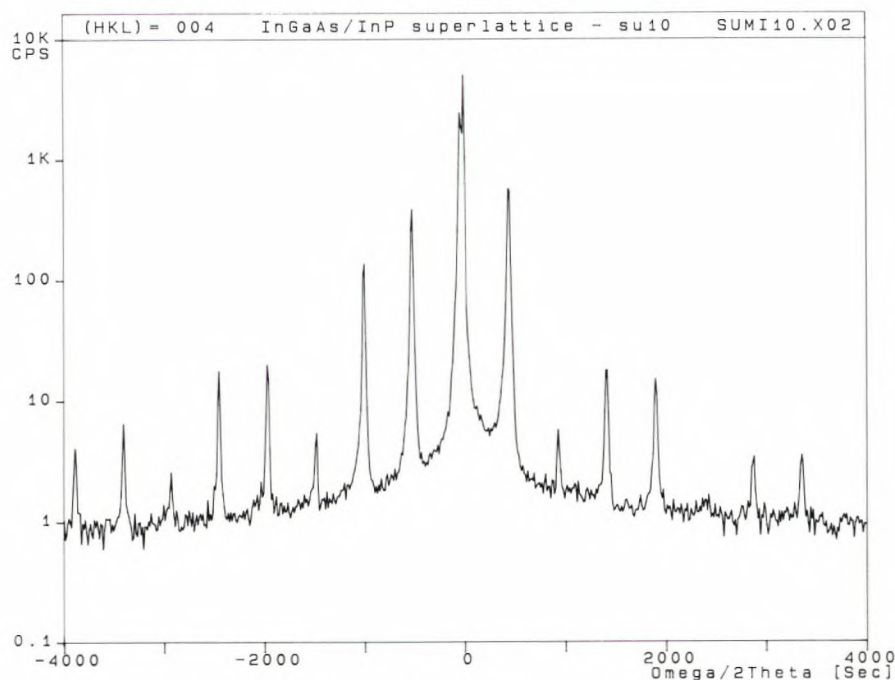
Målingerne er foretaget på tyndfilmsstrukturer, bestående af 25 skiftende lag af InP og gittertilpasset InGaAs dyrket på et InP substrat. Denne struktur udgør et såkaldt supergitter, som giver anledning til et meget karakteristisk diffraktionsspektrum. Det optagne spektrum² ses i figur 7. Først og fremmest kommer der to tætliggende toppe som skyldes Bragg-diffraktion fra krystalplanerne med (004) orienteringen. Der er to centrale toppe, fordi InGaAs lagene ikke er fuldstændigt gittertilpasset til substratet. Den observerede afvigelse svarer til en mistilpasning på 0.028 %. Ydermere ses en række mindre toppe omkring de to centrale toppe. Disse toppe skyldes supergitteret, og ved at måle afstanden mellem to på hinanden følgende toppe, kan man beregne perioden i gitteret. Bragg-betingelsen giver nemlig at perioden er

$$d = \frac{\lambda_{\text{xray}}}{2(\sin\theta_1 - \sin\theta_2)} \approx \frac{\lambda_{\text{xray}}}{2\Delta\theta \cos\theta}$$

hvor $\lambda_{\text{xray}} = 1.5406 \text{ \AA}$ er bølgelængden af røntgenstrålingen, og θ_1 og θ_2 er diffraktionsvinklen (i radianer) for de to toppe. $\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2$ og $\theta \approx \theta_1 \approx \theta_2$.

Resultatet bliver en tykkelse på 39 nm.

Kigger man nærmere på spektret, kan man se at toppene varierer i intensitet. Lægges en indhyldningskurve ind for toppene, kan man finde endnu en periode, som, med nogen usikkerhed, giver en tykkelse på 13 nm. Dette svarer til tykkelsen af InP lagene, og skyldes at røntgenstrålen bliver diffrakteret forskelligt af InP og InGaAs lagene.



Røntgendiffraktionsspektrum for InP/InGaAs supergitter. Den højeste top ligger ved en vinkel på 31.09°. Enhederne på akserne er henholdsvis buesekunder (Sec) og antal tællinger pr. sekund (CPS).

TFL er det fælles teletekniske forskningslaboratorium for Statens Teletjeneste og de regionale televirksomheder i Danmark. TFL arbejder med den langsigtede forskning på telekommunikationsområdet. Forskningsaktiviteterne er koncentreret indenfor følgende fire områder:

- Telesystemer
- Telekommunikations programmer
- Optisk kommunikation
- Signalbehandling



Jesper Hanberg Ph.D. i faststoffysik fra Fysisk Laboratorium, H. C. Ørsted Instituttet 1987. Arbejdede blandt andet med kvante-Hall-effekten og svag lokalisering i inversionslag i silicium MOSFETs. Ansat i optogruppen hos TFL i 1988, hvor han har været med til at etablere et laboratorium for III-V halvledere. Arbejder blandt andet med materialefremstilling med MOVPE.

Ovenstående resultater er et vigtigt skridt i retningen af selv at kunne fremstille avancerede opto-elektroniske komponenter i Danmark. Et mål som TFL har sat sig for at kunne være med i fronten af forskningen indenfor telekommunikation.

Referencer:

1. C. Larsen. Kvant **1** nr.1, 10, (1990)
2. Krystaldyrkning og målinger er foretaget i samarbejde med Peer Tidemand Petersson og Jørgen Møller Nielsen begge TFL.
3. H. M. Manasevit and W. I. Simpson. J. Electrochem. Soc. **12**, 156 (1968)

Årets Nobelpriser i fysik

Jørgen Friis Bak, redaktør

Dette års Nobelpris i fysik tildeles professor Jerome Friedman og professor Henry Kendall fra Massachusetts Institute of Technology (MIT) og professor Richard Taylor fra Stanford Universitet i Kalifornien.

De får den fordi de ledede den forskergruppe, der omkring 1970 eksperimentelt påviste at protonerne har en indre struktur. Deres eksperiment var en form for moderne pendant til Rutherfords klassiske eksperiment, hvor han påviste at der var en tung kerne inde i et atom med en sky af elektroner uden om. Rutherford beskød et tyndt guldfolie med α -partikler (helium-kerner) og studerede partiklernes spredningsmønster. Hvis der ikke havde været en tung kerne i midten af atomet ville α -partikler kun blive afbøjet en lille smule ved passagen af guld-foliet, men en ikke ubetydelig del blev spredt tilbage mod α -kilden.

Det beviste atomkernens eksistens. Protonerne og neutronerne i denne blev længe anset for at være elementarpartikler, altså grundlæggende byggestene, men efterhånden som tiden gik, dukkede der et stadigt voksende antal elementarpartikler op, der på en eller anden måde var i familie med protonen og neutronen.

I 1964 foreslog Gell-Mann og Zweig at der var nogle endnu mere elementare partikler, som de kaldte for kvarker. Disse kvarker var markant anderledes end andre partikler, blandt andet bar de kun 1/3 eller 2/3 af elementarladningen, som man hidtil havde ment var mindsteenheden af elektrisk ladning. Deres teori blev mødt med stor skepsis i 60'erne, og heller ikke Friedman, Kendall og Taylor var umiddelbart på kvark-jagt.

De opbyggede et eksperiment ved den da nybyggede elektron-accelerator, SLAC (Stanford Linear Accelerator Center), i Kalifornien. Denne accelerator kunne levere elektroner med en energi på 20 GeV, og med disse energirige elektroner, ville der være nye muligheder for at studere protonernes indre. Fra tidligere eksperimenter vidste man at den elektriske ladning i protonen var smurt ud over et areal med en diameter på 10^{-15} m, og der måtte derfor være en eller anden indre struktur af protonen.

Ved at beskyde en tank med flydende brint, hvis atomkerne netop er en proton, ville man studere de elektroner, der blev spredt kraftigt, og som derved havde været involveret i et kraftigt sammenstød. Ved disse meget kraftige såkaldte inelastiske stød, bliver der dannet nye partikler, hovedsageligst pioner.

Overraskende nok viste eksperimentet at der var en meget større sandsynlighed for at elektronen blev spredt en stor vinkel inde i protonen end man havde regnet med. Ved analyse af resultaterne kom man frem til at de passede med at protonen var sammensat af nogle punktformede partikler. Man ville dog ikke umiddelbart kalde disse partikler for kvarker, men begyndte systematisk, i samarbejde med andre laboratorier, at undersøge disse punktformede partiklers egenskaber. Første påviste SLAC-gruppen at partiklernes spin (deres indre impulsmoment) stemte overens med elektronens. Ved sammenligning med eksperimenter på Fermilab ved Chicago og CERN ved Geneve, kunne man bestemme partiklernes elektriske ladning - det målttes i trediedele af elementarladningen. I 1974 var man efterhånden kommet så langt at man følte sig overbevist om at de punktformede partikler virkelig var kvarker.

Det var ikke muligt i disse eksperimenter at rive en kvark fri fra de andre - når man forsøgte, dukkede der blot flere partikler op, men aldrig en enkelt kvark.

I dag, 20 år senere, er det endnu ikke lykkedes at rive en kvark fri fra dens ledsager(e), selvom man har prøvet utallige gange med stadigt kraftigere accelerators. På trods af at det ikke er lykkedes at placere en enkelt isoleret kvark på en piedestal til almen beskuelse, føler vi os i dag overbeviste om deres eksistens. Fundamentet for denne overbevisning blev lagt med Friedman, Taylor og Kendalls eksperiment.



Jørgen Friis Bak er kandidat fra Aarhus Universitet. Licentiatgrad på grundlag af channeling-eksperimenter ved CERN i Geneve. Er nu ansat ved det naturvidenskabelige fakultetssekretariat på Aarhus Universitet, og er desuden redaktør for KVANT.

Hvad hedder de forskellige mikro-makro-tal ?

Mogens Esrom Larsen

Vi hører tit ord som "Megabyte" og "nanosekund", og vi ved vel også cirka hvor meget det drejer sig om, men hvad hedder alle tallene, hvordan betegnes de og hvor kommer ordene fra?

Forstavelser eller præfixer med størrelsesbetydning som for eksempel "kilo" i kilogram og kilometer, er ikke gamle i sproget. De små fra milli til kilo blev fastlagt i 1793 lige efter indførelsen af metersystemet (1790).

De gamle betegnelser stammer fra græsk og latin, man har simpelthen taget talordene, deci, centi og milli fra latin, decem 10, centum 100 og mille 1000, og deka, hekto og kilo fra græsk δέκα (deka), 10, ἑκατόν (hekaton), 100 og χίλιοι (chilioi), 1000.

I vort århundrede slog disse betegnelser ikke længere til, så efter at ord som mega, mikro og pico havde været brugt i adskillige år, fastlagde en komité i Paris i 1960 betegnelser for potenser af 1000 fra 1000^{-4} til 1000^4 . Man kan sige fortrinsvis fra græsk, idet et enkelt er italiensk, nemlig "pico" af piccolo *lille*. De græske er mikro af μικρός (mikros), *lille*, og nano af νάνος (nannos), *dværg*, samt mega, giga og tera, der kommer af μέγας (megas), *stor*, Γίγας (Gigas), *gigant*, og τέρας (teras), *uhyre*.

Men allerede i 1964 meldte sig behovet for mindre enheder, og denne gang valgte man to danske ord, nemlig "atto" af atten og "femto" af femten. I engelsktalende lande anses disse betegnelser derfor for de rene gæder.

Nu klarede man sig indtil 1975, da Comité Consultatif des Unités i Paris følte sig tvunget til at indføre betegnelser for de tilsvarende store tal, peta og exa. Men disse er blot de græske talord for potenserne af 1000, peta kommer af πέντε (pente), 5 og exa af ἑξ (hex), 6.

I dag har de fundet vej til edb, hvor de dog må kaldes "slang". For eksempel betyder kiloram ikke en hukommelse på 1000 bytes, men den nærmeste potens af to, altså 2^{10} . Netop edb har brug for større og større tal, megabyte er ganske almindeligt, og man finder allerede terabyte i edbbøger. I et foredrag i foråret 1990 hørte jeg IBM tale om *petabyte*.



Mogens Esrom Larsen, redaktør af KVANT. Ansat ved Københavns Universitets matematiske institut som lektor uden særlige kvalifikationer.

Præfix	Tegn	Størrelse	Nærmeste 2-potens	Edb-slang
atto	a	10^{-18}		
femto	f	10^{-15}		
pico	p	10^{-12}		
nano	n	10^{-9}		
micro	μ	10^{-6}		
milli	m	10^{-3}		
centi	c	10^{-2}		
deci	d	10^{-1}		
deka	da	10^1		
hekto	h	10^2		
kilo	k	10^3	$2^{10} =$	1 024 kilobyte
mega	M	10^6	$2^{20} =$	1 048 576 megabyte
giga	G	10^9	$2^{30} =$	1 073 741 824 gigabyte
tera	T	10^{12}	$2^{40} =$	1 099 511 627 776 terabyte
peta	P	10^{15}	$2^{50} \approx$	125 899 906 842 624 petabyte
exa	E	10^{18}		

 Spectra-Physics

**Spectra
Diode Labs**

 **LASERTRONICS**

 **uniphase**

 **ANDO**

 **PHOTON
inc.**

 **JOBIN
YVON**

PHIR

Exciton

burleigh

 **LASER
PHOTONICS**

 **UNITED
DETECTOR
TECHNOLOGY**

b.b.t.
instrumenter



**TOOLS
of the
TRADE**

- Radiation
- Detection
- Measurement
- Analysis

**EG&G
ORTEC**

**Den danske leverandør
af radioaktivitetsmåle-
udstyr samt laser -
og opto - elektronik
fra de førende
fabrikanter**



 **laser science, inc.**

 **micro-
control**

 **EG&G ORTEC**

QUESTEK

 **EG&G
GAMMA SCIENTIFIC**

 **EG&G
FIBER OPTICS**

 **Quanta-Ray**

 **EG&G PRINCETON
APPLIED RESEARCH**

 **PHOTON
CONTROL**

**BBT Instrumenter ApS
Dr. Olgasvej 6
DK-2000 Frederiksberg**

**Telefon 31 19 82 08
Telefax 31 19 87 47
Telex 35 326 bbt dk**

**ELEKTRONIK
ELEKTROMEDICIN
ELEKTROKEMI
FORSKNING
UNDERVISNING**

BOGANMELDELSE

Skruen uden ende - den vestlige teknologis historie

Keld Nielsen, Henry Nielsen og Hans Siggaard Jensen

Teknisk forlag, ISBN 87-571-1205-3

390 s., ill., pris 388,00 kr

medio januar: paperbackudgave til ca. 200 kr, samt kildehæfte til ca. 50 kr.

I den generelle debat og især i undervisningen har der i mange år været behov for en mere dybtgående beskrivelse af teknologiens historie. *Skruen uden ende* opfylder til fulde dette behov. Der er skrevet andre teknologihistorier, også på dansk, men de har mere lagt vægt på en opremsning af opfindelser fra tidernes morgen til vor tid. *Skruen uden ende* har nogle grundlæggende synspunkter, som gør den til mere end blot en teknologihistorie. Det er et stort emne, og derfor har forfatterne også koncentreret sig om den vestlige teknologis historie og har her valgt at beskrive nogle opdagelser, der har haft stor betydning for den videre teknologiske udvikling.

Bogen er opdelt i oversigtsprægede afsnit og i TEMA-afsnit. Herudover er der indlagt FAKTA-afsnit, der på kort form beskriver nogle grundlæggende forhold. Denne inddeling af bogen gør den særligt velegnet til undervisningsformål, hvor man netop ofte ønsker at belyse nogle generelle tendenser ved få, men velvalgte eksempler. Bogen er righoldigt illustreret med skitser, grafer og en mængde fotografiske gengivelser, hvoraf en del er i farver. Billedmateriale og tekst danner en god helhed, og i det hele taget er bogen layout-mæssigt meget indbydende. Bag i bogen er der en fyldig litteraturliste, og i forbindelse med paperbackudgaven bliver der udsendt en kildesamling som et supplement til bogen. Forfatterne har selv oversat de fleste af kilderne, der tidsmæssigt strækker sig fra middelalderen til vor tid.

Et af bogens centrale emner er samspillet mellem teknologi og naturvidenskab. Forfatterne gør op med den myte, at teknologi er anvendt naturvidenskab. Man kan ikke beskrive dette samspil ved en samlebåndsmodel, hvor samfundet investerer penge i ren naturvidenskab i den ene ende, så der kommer teknologiske innovationer ud i den anden ende. Den teknologiske udvikling har tværtimod i langt den største del af menneskehedens historie været empirisk, baseret på erfaring og trial-and-error metoden. Først fra midten af forrige århundrede begyndte teknologien for alvor at vekselvirke med naturvidenskaben via de naturvidenskabeligt uddannede ingeniører. Forfatterne begrunder på overbevisende måde deres opfattelse, blandt andet ved en beskrivelse af James Watts opfindelse af den separate kondensator til dampmaskinen og ved en indgående fremstilling af hele forløbet omkring opfindelsen af telefonen.

“Nu kommer truslen imod demokratiet fra de samme kræfter, som i Anden Verdenskrig optrådte som demokratiets forsvarere.....Dermed henviser jeg til den tilsyneladende ubønhørlige tvang i én bestemt retning, som udøves af en accelererende og relativt autonom teknologisk udvikling, og en deraf frembragt nødvendighed af uafbrudt økonomisk vækst og ekspansionisme. Samfundet iklædes en tvangsdragt, og man spørger sig selv om ikke den form for rationalitet, som videnskab og teknologi er eksponenter for, er kommet til at få konsekvenser for vort liv, som har været alt andet end fornuftigt og ønskværdige”. Dette citat fra bogen, af den finske filosof Georg Henrik von Wright, kan tages som eksponent for et andet hovedtema i bogen: samspillet mellem teknologi og samfund. Teknologien i bredeste forstand knytter sig til menneskets forsøg på at tilfredsstille behov og ønsker. - Hvor teknologien tidligere var overskuelig for den enkelte, er den i dag meget kompleks. Det er blevet til en systemteknologi, i høj grad styret af computere. Bogen stiller det berettigede spørgsmål om vi, som antydnet i ovennævnte citat, i fremtiden er tvunget til at leve i et samfund, der holder sig indenfor designede og velkontrollerede rammer.

Skruen uden ende beskæftiger sig, foruden med andre temaer, også med de enkelte opfindere, med deres liv og levned, så bogen får kød og blod. Det gør den spændende at læse. Men den er ikke en ensidig beskrivelse af teknikkens vidundere, den peger også på de negative sider ved den teknologiske udvikling, og den beskæftiger sig med problemstillinger, som vi må tage stilling til, når vi skal prøve at pejle os ind mod fremtiden.

Skruen uden ende er et fremragende værk, der bør læses af alle, der interesserer sig for teknologiens udvikling og for vor egen fremtid. Men den bør især læses af undervisere og forskere, og det ikke blot inden for det naturvidenskabelige område, og den må under alle omstændigheder være at finde på undervisningsinstitutionernes biblioteker.

Ove Østergaard, Silkeborg Amtsgymnasium

Til fysikkonference i Amsterdam

Henrik Busch, Københavns Universitet

September og oktober er de store konferencemåneder i fysikkens verden. I begyndelsen af september var vi syv 2.dels fysikstuderende fra Fysisk Laboratorium, Københavns Universitet, som fik chancen for at deltage i Europæisk Fysisk Selskabs (EPS, European Physical Society) konference med titlen "Trends in Physics". Et stipendium fra EPS dækkede opholds- og deltagerudgifter, mens transporten til og fra Amsterdam, hvor konferencen foregik, blev klaret med støtte fra NOVO-fonden og Dansk Fysisk Selskab. I forbindelse med EPS-konferencen afholdtes endvidere ICPS'90 (International Conference of Physics Students 1990), som er en konference for fysikstuderende fra hele Europa. Her havde vi held til at få deltagerudgifterne betalt af Fysisk Laboratorium og kunne derfor den 30. august se frem til et 11-dages ophold i Amsterdam.

ICPS'90

ICPS afholdes hvert år med International Association of Physics Students (IAPS) som arrangør. IAPS er en international organisation af fysikstuderende grundlagt i 1987 med de tre hovedformål: årlig afholdelse af ICPS, arrangement af kortvarige betalte studieophold i udlandet samt formidling af kontakt mellem fysikstuderende i forskellige lande.

Blandt andet på grund af optøningen i øst satte deltagerantallet til ICPS i år rekord med cirka 150 studerende fra landene: Holland, Tyskland, Polen, Ungarn, Tjekkoslovakiet, Rumænien, Bulgarien, Litauen, Sovjetunionen, Armenien, Østrig, Italien, Spanien, Portugal, Norge, Vietnam og Danmark.

ICPS'90 bød, som dens fire forgængere, på en blanding af faglige og sociale aktiviteter. Det faglige program, som løb af stablen på for- og eftermiddage bestod først og fremmest af foredrag, hvor deltagerne havde cirka 20 minutter til enten at fortælle om, hvad de "forsker" i (for eksempel specialeprojekt), studiestrukturen i deres land eller andet af interesse.

Fra det danske hold bidrog Steen Aagaard Sørensen med en beskrivelse af de videregående uddannelser i Danmark, Lasse Hemmingsen fortalte om sit speciale (detektion af strålebeskadigelser forårsaget af lemfældig omgang med røgalarm), mens Kristian Pedersen og jeg underholdt forsamlingen med historien om Fysiklegestuen ved Københavns Universitet (se KVANT 1990 nr. 3).

Det faglige udbytte af de fleste foredrag var meget dårligt, fordi foredragsholderne slet ikke magtede at give et overblik over og fremhæve pointerne i det emne, de talte om, men i stedet fremviste 20-30 overheads med 5-10 differentiaalligninger på hver. Imidlertid var det en meget lærerig oplevelse dels at overvære andres foredrag (og for det meste se, hvad man ikke skal gøre) og dels selv at

skulle planlægge en forelæsning på engelsk og holde den for et stort publikum.

Det allerstørste udbytte fik man dog i forbindelse med de sociale aftenarrangementer, hvor man ved aftensmaden på studentrestauranten, til belgiske ølftener og goddag- og farvelpartyer havde mulighed for at diskutere alt mellem himmel og jord med studerende med så forskellige kulturelle og politiske baggrunde, som ovennævnte liste over deltagerlande antyder. Naturligvis endte man altid med at diskutere studiepolitik, og det var interessant, at man overalt havde de samme problemer (bolig, økonomi, gennemførselsprocenter) som herhjemme. Det var især spændende at møde østeuropæerne og høre om deres forhold. Man fik sat sine egne problemer lidt i perspektiv, når man talte med en rumæner, som for et halvt års tid siden var ude at kæmpe for retten til demokrati eller en bulgarer, der på grund af sit lands valutasituation havde præcis nul gylden med til Holland.

Alt i alt var ICPS'90 en sjov og spændende oplevelse, hvor vi efter en fire-fem dages hektisk konferencevirksomhed havde anskaffet os et par snese nye venner/adresser og kontakter til en masse universiteter i hele Europa.

EPS-8

Europæisk Fysisk Selskab afholder hvert tredje år (i år for ottende gang) en stor konference med titlen "Trends in Physics", hvor forskere og studerende inden for mange grene af fysikken deltager.

Formålet med konferencen er at give en oversigt over de områder af fysikken, der de seneste år har været målet for en stor forskningsindsats.

EPS-8 havde samlet omkring 1500 deltagere fra hele verden, hvoraf cirka 1/3 var fra østlandene og mange var studerende. Ud over de ekstraordinære arrangementer som for eksempel reception på Rijksmuseum, konferencemiddag og ekskursioner vil van Gogh Museet bestod det daglige program af forelæsninger med inviterede talere for alle deltagere om formiddagen og en 2-3 forskellige parallelsymposier om eftermiddagen, hvor man kunne vælge emne efter interesse.

Blandt formiddagstalerne var Bethe, Müller og Ramsey (alle Nobel-pristagere), som talte om henholdsvis supernovamekanismer, højtemperatursuperledere og præcisionsmålinger inden for atomfysikken.

Parallelsymposierne behandlede med korte foredrag og postersessioner (plakatstandere, hvor man på plakaterne beskriver sine forskningsresultater) emner som højenergi/kerne/atom/klyngefysik, kaos, frielektronlaser med videre.

Umiddelbart lyder emnerne og foredragsholdernes status måske som om det var umuligt at forstå, hvad der blev talt om med en førstedel i fysik som baggrund, men det modsatte var faktisk tilfældet. I mange af foredragene (dem, hvor

talerne ikke bare ævlede om gaugesymmetrier og gruppeteori) kunne man sagtens følge linien og få et overblik over det stof, som blev beskrevet. EPS-konferencen gav derfor et stort fagligt udbytte, fordi man, selvom man ikke fik fat i alle detaljerne, fik et overblik over, hvad der foregår inden for frontforskningen lige nu og fik åbnet øjnene for nogle spændende områder af fysikken, som man ikke før havde noget kendskab til.

Med de erfaringer, som gruppen fra København gjorde sig i Amsterdam, kan jeg godt anbefale fysikstuderende, som har et par år af studiet bag sig, at deltage i konferencer. det er en virkelig god måde at møde nye mennesker på, skaffe kontakter rundt omkring og finde ud af hvad der foregår i fysikken i ind- og udland.



Det danske hold til ICPS/EPS-konferencen. Fra venstre: Steen Aagaard Sørensen, Ole Trinhammer (gymnasielærer), Henrik Busch, Kristian Pedersen, Lasse Hemmingsen, Morten Lindholmer og Mikael Svalgaard.

Vejledning for forfattere

For at lette produktionen modtages artikler helst på elektronisk facon. Det kan enten være som elektronisk post eller på en DOS-formateret diskette sammen med eventuelle figurer, og - *meget vigtigt* - et billede og en præsentation af forfatteren, i stil med de præsentationer, der findes i slutningen af hver artikel i dette nummer. Adresserne kan findes forrest i bladet ved siden af indholdsfortegnelsen.

Teksten kan enten være skrevet i WordPerfect eller med T_EX eller som en ren ASCII-fil. Hvis det ikke er muligt at aflevere teksten i et af disse formater, kan en papirudgave af artiklen naturligvis anvendes.

Formler og specielle symboler kan indsættes i teksten med WordPerfect eller T_EX. De modtages dog også gerne på papir.

Illustrationer og billeder til artiklerne afleveres separat.

Debat

Debatsiderne er åbne for indlæg om emner der har med fysik at gøre. De første to indlæg har handlet om forsknings- og undervisningspolitik, men der er mange andre emner der kan tages op.

Korte bemærkninger til en forhåbentlig interessant debat er også velkomne. Debatindlæg sendes til redaktionen.

Tidsfrister

Korte notitser og meddelelser til nummer 1, 1991, der vil udkomme 15. februar, skal være indsendt senest den 15. januar.

Der vil udkomme et nummer i månederne februar, maj, august og november. Artikler til disse numre skal være afleveret senest den 1. januar, 1. april, 1. juli og 1. oktober.

Abonnement på KVANT

koster 135 kr for en årgang og vil blive opkrævet pr. giro. Nye abonnenter vil modtage eventuelle tidligere numre af den løbende årgang. Medlemmer af Dansk Fysisk Selskab og Selskabet for Naturlærens Udbredelse vil modtage bladet som et medlemsblad. Unge under uddannelse kan blive ungdomsmedlem af et af selskaberne for et årskontingent på 75 kr.

Abonnement tegnes ved at skrive til

KVANT, c/o Det fysiske Institut, Ny Munkegade, 8000 Århus C

Giro 5 84 31 46



Dansk Fysisk Selskabs faststofsektion
Forskningscenter Risø

RISØ

Vinterskole i moderne eksperimentel fysik

mandag den 21. januar og tirsdag den 22 januar 1991
på Forskningscenter Risø, Roskilde

Dette kursus består af forelæsninger, der giver en indføring i en række nye og effektive eksperimentelle metoder, som anvendes i meget aktive områder af moderne fysik. Nyopdagede fysiske fænomener, for eksempel kvante-Hall effekten og høj- T_c superledere, har ført til nye eksperimentelle metoder. Der er desuden blevet udviklet nye muligheder for at "bygge" materialer atom for atom. Dette har ført til udvikling af nye og videreudvikling af eksisterende metoder til undersøgelse af materialer på det mikroskopiske niveau.

Niveauet for undervisningen vil være sådan, at det kan følges af 2. dels studerende og Ph.D. studerende. Det kan forhåbentlig også blive værdsat af interesserede fysikere indenfor alle eksperimentelle og teoretiske områder. Danske og udenlandske studenter kan ansøge om støtte til dækning af deltagelsen. Antallet af deltagere vil være begrænset, og det er nødvendigt at tilmelde sig til kurset på en blanket, der kan fås på nedenstående adresse. Tilmeldingsfrist er den 14. januar 1991.

Program:

- Elektronmikroskopi
- Scanning tunneling mikroskop
- Neutronspredning
- Røntgendiffraktion
- Småvinkelspredning
- Lagerringsfysik
- Molekylær-beam epataxi
- Molekylær-beam epataxi
- Dynamisk spredning af lys

G. van Tendeloo, Antwerpen Universitet
I. Steensgaard, Det fysiske Institut, Aarhus Universitet
N. Hessel Andersen, Forskningscenter Risø
R. Feidenhans'l, Forskningscenter Risø
K. Mortensen, Forskningscenter Risø
O. Poulsen, Det fysiske Institut, Aarhus Universitet
P.E. Lindelof, Fysisk Laboratorium, Københavns Universitet
C.B. Sørensen, Fysisk Laboratorium, Københavns Universitet
L. Lading, Forskningscenter Risø

Forelæsningerne vil blive afholdt på engelsk.

Kurset organiseres af Kell Mortensen og Per-Anker Lindgård, Forskningscenter Risø

Tilmeldingsskema og yderligere oplysninger:

Kell Mortensen
Fysikafdelingen, Forskningscenter Risø
4000 Roskilde

Tlf.: 42 37 12 12
E-mail: mortensen@risoe.dk