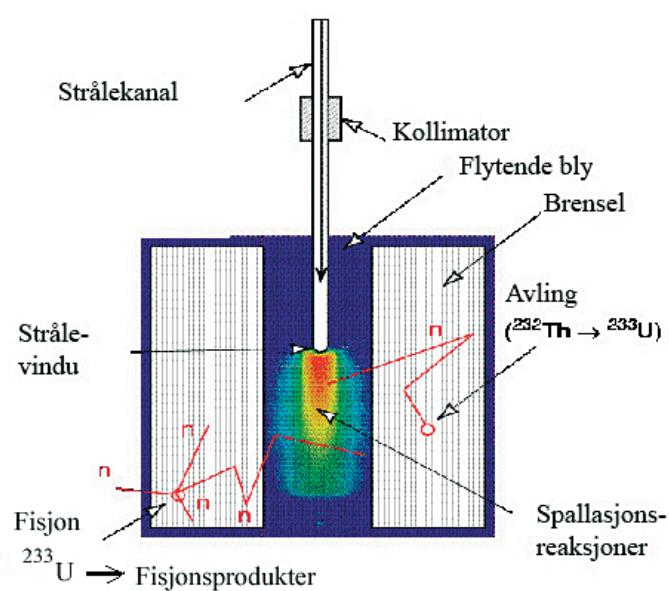


# Fra

# Fysikkens Verden



Prinsippet for en thoriumreaktor

(Se artikkelen)

Utgiver:

Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:

Øivin Holter  
Finn Ingebretsen

Redaksjonssekretær:

Karl Måseide

## Innhold

### Aksel Haaning:

Skabelse eller orden? ..... 10

### Egil Lillestøl:

Thoriumkraftverk i Norge? ..... 21

### Ingolf Kanestrøm:

Klimaforandringer og miljøet ..... 24

Fra Redaktørene ..... 2

FFV Gratulerer ..... 2

Anders Omholt

Jens Lothe

Arnulf Bjølstad

In Memoriam ..... 6

Johan Otto Øgrim

Erik Sandvold

Tor Hagfors

Indeks 2006 ..... 17

Fysikk i skolen ..... 28

Teknologi og forskingslære

Bokomtaler ..... 28

Hetherington: Cosmology

Farmelo: Great equations

Nye Doktorer ..... 31

PhD Trond Austrheim

PhD Anette Lauen Borg

Dr.scient. Rositsa Chankova

PhD Helge Hellenvang

PhD Sølve Selstø

Trim i FFV ..... 33

Nytt fra NFS ..... 34

Fysikermøtet 2007

Priser til utdeling på Fysikermøtet

Nye medlemmer

## Fra Redaktørene

Under en lokal opprydding for en tid siden dukket det opp en liten Pamflett: *Norge i år 2000 – tre scenarier og en kommentar*, forfattet av Anders Omholt i anledning NAVFs 25-årsjubileum i 1974. Dette lille skriftelet er interessant lesning, og illustrerer hvilke utviklingstrekk en kunnskapsrik og reflektert naturviter den gang forestilte seg for de neste 25 årene.

Ved lesningen er det noen trekk man kjenner godt igjen og som er blitt bekreftet av utviklingen. Men det som kanskje er mest interessant er de utviklingstrekk som bare er antydet, eller ikke er med overhodet. På det private plan: PC, Internett og bredbånd i hvert hus og hjem, og, ikke minst for ungdom, mobiltelefon, DVD, dataspill ++. På det industrielle plan: Globalisering og en helt ny sektor, IT-industrien, hvor ungdommelige gründere i olabukse og genser dukker opp som verdens rikeste personer. Storpolitiske fikk vi kollapsen av Sovjet-imperiet, og den kalde krig erstattet av kampen mot global terrorisme. Omholt peker på klimaproblematikken, men knytter den ikke spesielt til drivhuseneffekten og fossilt energiforbruk. Det som slår en er hvor umulig det er, selv for innsiktfulle personer, å identifisere de utviklingstrekk som vil bli dominerende bare noen få tiår senere.

Et utviklingstrekk Omholt unngikk i sine scenarier, var det papirløse samfunn. Det kom senere og av andre – med PC-ens inntreden. Dette var en forutsigelse som hittil har slått feil. Det er over 550 år siden Gutenbergs trykkemetode ble introdusert i Europa, og en spådom om at det trykte ord ville øke i popularitet, ville ha vært en sikker vinner.

Dette til tross, FFVs redaksjon har gått til det dristige skritt å gjøre bladet tilgjengelig også via Internett. Vårt håp er at dette tiltak skal gjøre enda flere interessert i det som foregår i fysikkens verden. Hvis skjerpet nysgjerrighet og vitebegjær kan føre til nye abonnement på den trykte versjonen, er et mål nådd. Vi regner med at de fleste er som oss, ingenting er som et blad eller en bok som vi kan holde i hendene, som vi kan ta med oss overalt, og som alltid er tilgjengelig.

Nettversjonen av FFV finnes på adressen:  
<http://www.fys.uio.no/publ/ffv/innhold.html/>

∞

## FFV Gratulerer

### Anders Omholt 80 år



27. november 2006 fylte Anders Omholt 80 år. Som hovedfagsstudent i slutten av 1950-årene og som ung forsker i siste halvdel av 1960-årene, var jeg flere ganger sammen med ham på Nordlysobservatoriet i Tromsø. Disse kampanjene varte normalt to uker, og ofte var det overskyet. Da satt vi time etter time og ventet på at det skulle klarne opp. I dag er det disse ventetimene jeg husker best. De ble brukt til diskusjoner mellom entusiastiske forskere. Anders var en fremragende formidler. Det var god opplæring, både praktisk og vitenskapelig, og vi ble godt kjent. Også ved fellesmiddagene var nordlysphysikken et sentralt tema.

I 1963 fikk Omholt professorat ved Fysisk institutt, UiO, og amanuensisstillingen hans ved Det norske institutt for kosmisk fysikk (NIKF) i Oslo, ble ledig. Jeg fikk overta denne stillingen, og en hovedgrunn til at jeg reiste fra en fast stilling i Sverige var at jeg ønsket å fortsette samarbeidet med Anders. I perioden fram til 1971 hadde vi et nært forskningssamarbeid. Noen felles publikasjoner kom ut av samvirket. Anders var også en aktiv bidragsyter til læreboken *Cosmical Geophysics* for hovedfagsstudenter. Flere internasjonale symposier, og spesielt *The Birkeland Symposium on Aurora and Magnetic Storms*, i Sandefjord 18. – 22. september, 1967, hvor mer enn 100 forskere fra hele verden møttes for å drøfte de nyeste landevinninger innen nordlysforskningen, illustrerer aktiviteten.

Før jeg omtaler nordlysphysikeren Omholt, skal jeg ta med en rask opplisting av hans meritter: Doktorgrad i 1959 og professor i 1963 ved Universitetet i Oslo. Kort tid etter at han ble utnevnt til professor, ble han valgt til instituttbestyrer. Han var dekanus ved Det matematisk- naturvitenskapelige fakultetet fra 1969 til 1971. Hans administrative evner og store arbeidskapasitet ble også lagt merke til utenfor universitetet.

Allerede i 1971 ble han – til stor overraskelse for kolleger, nærmest *headhunted* til avdelings direktør i Norges Industriforbund med ansvar for forskning, framtidsstudier og resursspørsmål. I 1977 ble han ekspedisjonssjef i forskningsavdelingen ved Kirke- og undervisningsdepartementet, som det da het. Etter bare ett år ble Omholt, i 1978, utnevnt til direktør ved Norges almennvitenskapelige forskningsråd, NAVF, en stilling han hadde i ni år, da han etter eget ønske sluttet. I 1987 begynte han i stillingen som fylkesmiljøvernsjef hos Fylkesmannen i Oslo og Akershus. Anders ble pensjonist i 1991.

Listen ovenfor illustrerer at Omholt stadig såkte store utfordringer og nye muligheter. Han hadde ressurser til å delta i utviklingen på ulike fronter. Innen alle disse organisasjonene har han gjort gangs arbeid og satt spor etter seg. Også som pensjonist har han hatt flere oppgaver både for Norges forskningsråd og Det Norske Videnskaps-Akademiet i Oslo.

Omholt har hatt mange sentrale verv i offentlige komiteer, styrer og råd, for eksempel i interimsstyret for det nye Universitetet i Tromsø, ved FFI, NIKF og i Norsk Geofysisk Forening. Omholts innsats som fylkesmiljøvernsjef, direktør ved NAVF, ekspedisjonssjef i forskningsavdelingen ved KUD, og avdelingsdirektør i Norges Industriforbund, er omtalt i festskriften *Om forskning og forskningspolitikk* som ble utgitt til hans 70-årsdag.

I perioden 1955–57 studerte Omholt først ett år hos professor D. Bates ved *University of Belfast*, mens det følgende året forsket han ved *Yerkes Observatory*, Chicago, hvor den kjente nordlysforskeren, professor W. Chamberlain var direktør. Omholt og Chamberlain samarbeidet godt, og de var begge aktive innen IAGA – den internasjonale organisasjonen for nordlys, geomagnetisme og aeronomi.

De eksperimentelle nordlysundersøkelsene før romalderen var hovedsakelig basert på kamera og spektrografer. Omholts store interesse var å forbedre teknikken. Målet var nye instrumenter med bedre oppløsning i intensitet, romlige dimensjoner og tid. Dette arbeidet begynte han

i samarbeid med Leiv Harang. Instrumentene – kalt fotometre – var basert på fotomultiplikatorer med høy forsterkning. Omholt videreutviklet denne metodikken ved hjelp av ny optikk, utvalgte detektorer og smale interferensfiltre. Resultatet var nye lysmålere som kunne detektere svake nordlysemisjoner langt under øyets terskelverdi. Hans doktoravhandling, hvor intensitet og tidsdynamikken av både elektron- og protonnordlys inngår, er basert på denne type undersøkelser.

Omholts monografi om nordlyset, *The Optical Aurora*, som ble utgitt av Springer-Verlag i 1971, er en generell lærebok om nordlys som inneholder mange av hans viktigste forskningsresultater. Den var i mange år brukt som internasjonal lærebok i nordlysphysikk.

Omholts kompetanse var en hovedgrunn til at vi kunne gå i gang med nordlysforskning med raketter fra Andøya i 1962, som de første i Europa. Men til dette formålet måtte en utvikle helt nye, små og robuste fotometre. Det ble gjort i nært samarbeid mellom NIKF og Sentralinstituttet for industriell forskning (SI) som hadde kompetanse på ”solid state” elektronikk. Vellykkede raketteksperimenter førte til at flere norske grupper ble inviterte til å delta med eksperimenter for å måle nordlys og partikler i de første europeiske nordlyssatellittene på slutten av 1960-tallet.

For Omholt var det viktig å koordinere og prioritere samarbeidet innen nordlysforskningen. NIKF fikk dermed store oppgaver og mange utfordringer som ble løst på en tilfredsstillende måte. Resultatet av dette var at nordlysgruppen ved NIKF/Uo ofte hadde besøk av kjente internasjonale forskere.

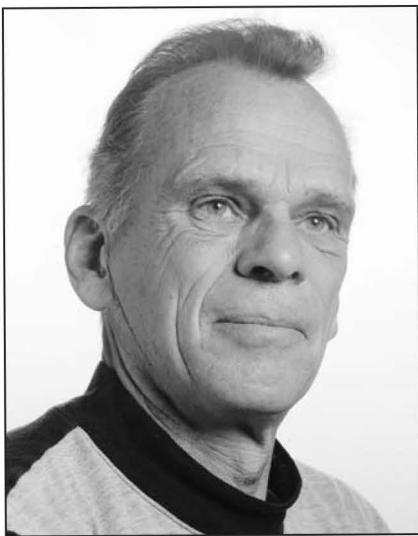
Omholt har markert seg som en dyktig administrator og framsynt forskningspolitiker. Han ble i 1988 utnevnt til Ridder av 1. klasse av Den kongelige norske Sanct Olavs Orden ”for sin store fortjeneste av norsk vitenskap”.

Omholt var en krevende, men sjenerøs og inspirerende leder. I 1971 etterlot han seg en faglig og sosialt godt sammensveiset nordlysgruppe i Oslo. Han er en hedersmann, og jeg har aldri hørt kolleger snakke nedsettende om ham. Omholt er kunnskapsrik og hyggelig å være sammen med både i hverdag og fest. Privat er han enkel, litt beskjeden og nesten reservert, om man ikke kjenner ham.

Vi gratulerer hjerteligst med 80-årsjubileet og ønsker Anders mange gode år på livsveien videre!

Alv Egeland

## Jens Lothe 75 år



Professor Jens Lothe fylte 75 år den 25. november 2006. Mange av hans kolleger og tidligere studenter som sjeldent ser ham, vil sikkert like å høre at han i usedvanlig god form og vital, og at han ennå er en meget aktiv vitenskapsmann. Sammen ønsker vi ham alle vel overstått!

Både som underviser og forsker har Jens satt dype spor, og han er utvilsomt blant Norges fremste. Gjennom 40 år er det kommet tallrike tilbakemeldinger fra studenter på alle nivåer som alltid evaluerte Jens til å være blant de ypperste formidlere av fysikkfaget, og spesielt av det som er begrepsmessig vanskeligst.

Hva angår forskning, har Jens gjort seg internasjonalt bemerket med dyptpløyende originale arbeider på tre så forskjellige felt som statistisk fysikk (spesielt nukleasjonsteori), moderne elastisitetsteori (spesielt utbredelse av elastiske bølger i bulk og langs overflater) og teorier for strukturelle feil i krys-tallinke faste stoffer (spesielt dislokasjoner). Dette er imponerende og uvanlig blant våre samtidige nå da stadig snevrere spesialisering synes nødvendig for å nå et topp internasjonalt nivå.

De områdene Jens har arbeidet innenfor faller utenfor ”mainstream” i norsk fysikk. Derfor har få norske fysikere kjennskap til innholdet i hans vitenskapelige produksjon. Internasjonale fagfeller inkluderer imidlertid Jens som tilhørende den absolute eliten innenfor alle tre feltene. Og hans internasjonale orientering vises tydelig ved at publikasjonslisten hans inneholder 70 av 100 arbeider med utenlandske medforfattere; 10 av disse er stipendiater (fra India, Iran, Japan, Kina, Sverige

og USA) som han veiledet her i Oslo.

Helt fra starten av sin forskerkarriere (cand.real. i 1956) har Jens oppsøkt fysikere med interessante ideer og som arbeidet på de feltene som opptok ham, og det tok ham oftest til utlandet. Under hans første stipendiatopphold ved University of Bristol i 1957–58 møtte Jens en amerikansk post doc., John P. Hirth, som han har samarbeidet med siden, og de to og familiene, ble venner for livet. Sammen skrev de boken ”Theory of Dislocations” (1968, med flere senere revisjoner og nyutgivelser), som nå er en klassiker på feltet og er i utstrakt bruk.

Samarbeidet med Hirth førte Jens til USA som gjesteprofessor, først to år ved Carnegie-Mellon i Pittsburgh fra 1960 til 62, i samarbeid med professor G.M. Pound, og dernest ett år ved Ohio State University i Columbus (1965–66), med Hirth igjen. Under Carnegie-Mellon-oppholdet og fram til omkring 1970, hadde Jens blant andre amerikanske fysikere, utviklet samarbeid med professor K. Russel (MIT i Boston) og professor David Barnett ved Stanford University; og han arbeidet med dem enkeltvis på de tre hovedfeltene sine. Barnett, Hirth og Russel har hatt flere samarbeidsopphold med Jens her i Oslo, og samarbeidet mellom disse fire ført til over 40 publiserte grunnleggende arbeider.

I denne perioden (slutten av 60-tallet) oppdaget Jens noen for ham interessante arbeider fra sovjetiske vitenskapsmenn. At han i den forbindelsen like godt lærte seg russisk for å kunne lese originalarbeidene (oversettelse til engelsk utgave den gang kunne ta mange år), forteller om Jens sin grundighet, som er et annet av hans kjennetegn. På den tiden kunne russerne heller ikke reise på konferanser i utlandet, så Jens brakte resultatene deres til den engelske språkkrets. Derved utviklet han også etter hvert på 70-tallet et svært fruktbart samarbeid med flere sovjetiske akademiprofessorer, her nevnes bare V.L. Indenbom og V.I. Alshits, som resulterte i såvel tidskriftartikler som i egne kapitler i bøker. Jens samarbeider fortsatt aktivt med Alshits, som er den yngste av disse. Han har også oppholdt seg hos Jens her i Oslo i flere lengre perioder, og de har mange felles arbeider.

De aller fleste arbeidene som er vist til ovenfor, omhandler dislokasjoner og elastiske bølger i faste stoffer, og på dette feltet ligger hoveddelen av forskningen og resultatene som Jens har produsert etter 1970. Både reelt fysisk og formelt matematisk, er det en nær forbindelse mellom dislokasjoner i bevegelse og overflatebølger i anisotrope elastiske materialer.

Hva angår den intrikate matematikken på området, fikk Jens først hjelp av professor P. Chadwick, FRS, ved School of Mathematics, University of East Anglia, UK, som i monografien "Foundations of the Theory of Surface Waves in Anisotropic Elastic Materials" (1977), reformulerte Jens sine tidligere arbeider i en omfattende og matematisk stødig teori, som imidlertid ikke hadde nyt fysisk innhold. Dette utviklet seg til videre samarbeid dem imellom.

Senere (1980) samarbeidet Jens med professor Per Holm, Matematisk institutt, UiO, i en – for fysikere begrepssmessig vanskelig – studie av topologien til elastiske bølgers polarisasjonsfelter på enhetskulen. Dette viser nok en gang Jens sin grundighet og hans streben for å forsikre seg om at arbeidene hans tåler kritiske etterprøvelser og undersøkelser av andre.

Her hjemme har Jens også veiledet mange hovedfagstudenter og viderekomne stipendiater, og flere enn 20 arbeider i publikasjonslisten hans kom som resultat av dette. Han hadde oftest en skisse til løsningsstrategi i hodet, og han kunne også forutse kvalitative resultater, men dette meddelte han aldri til studentene. Han fulgte nøye med i arbeidet, og hvis studenten/stipendiaten kom opp med originale bidrag til løsningen, ble han definert som hovedforfatter og måtte stå for skriving og framdrift. Jens hadde således evnen til å stimulere sine studenter og gi dem æren, selv om hans egne skjulte bidrag oftest var viktigst.

Selv om Jens har samarbeidet med mange, er det likevel karakteristisk for ham at han oftest konentrerte dette arbeidet sitt med bare en (senior) person på hvert felt om gangen. Således har bare hvert fjerde arbeid i hans publikasjonsliste mer enn to forfattere.

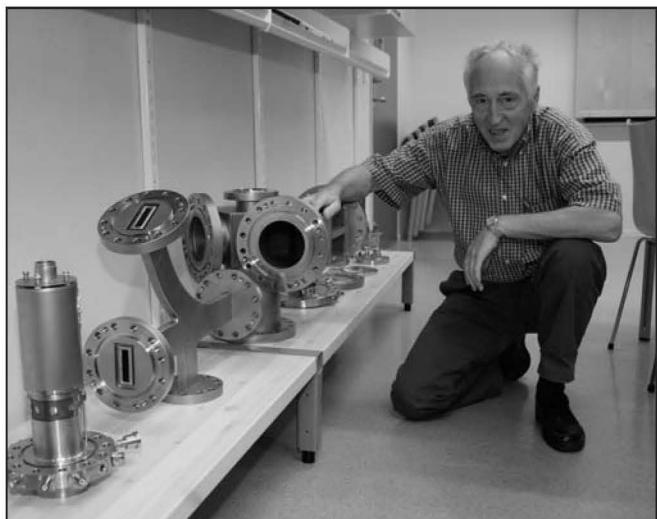
Jens Lothe er medlem av Det Norske Videnskaps-Akademi, og han ble tildelt Fridtjof Nansens belønning for fremragende forskning i 1972.

Jens har ikke søkt innflytelse og makt i organisasjoner eller administrative verv. Likevel utførte han alltid, og til alles tilfredshet, de mange oppgaver som ulike aktører ba ham om.

*Torstein Fossan Jøssang*

∞

## Arnolf Bjølstad – 50 år for fysikken



Rustfritt stål er ein spesialitet der Bjølstad har halde høgt fagleg nivå. Her er Bjølstad ved ein modell som er utstilt på instituttet. Foto: Arne Asphjell, Universitetsavisa.

Den 1. september 2006 var det 50 år sidan Arnolf Bjølstad tok til som læregut ved instrumentmakarverkstaden ved Institutt for fysikk ved Norges Tekniske Høgskole, NTH, i Trondheim. Han arbeider der ennå, frå 1968 som verksmeister. Bjølstad var ein av to instrumentmakarar som Sverre Westin sende til Nederland for å gå i lære i Leiden. Den andre var glasblåsaren Kjell Ramsøskar. Begge fekk næraast legendarisk status i fysikkmiljøet, og langt vidare på Gløshaugen. Institutt for fysikk har stolte tradisjonar innan instrumentmakarfaget også før desse. Bjølstad er den fjerde i rekka av verkstadleiarar sidan NTH vart oppretta i 1910.

På Bjølstads verkstad var det, og er det framleis, orden i sakene. Kvar ny jobb startar med ein grundig gjennomgang på Bjølstads kontor. Han går gjennom kvar oppgåve i minste detalj og skaffar seg personleg grundig kunnskap om ideen som skal realiserast. I dei fleste tilfelle har han kommentarar som kan forbetra design, utføring og materialvalg. Deretter tar han det fulle ansvaret for å iverksetje planen gjennom sine medarbeidarar, og ved eigen medverknad. I dei fleste tilfelle vil ein slik gjennomgang vere nok, og det neste du høyrer frå Bjølstad, er ein telefon om at produktet eller instrumentet er ferdig til henting. Verkstaden har dei siste åra vore lagd under fakultetet, men elles er det meste som før.

Bjølstad er ein høgt verdsett og mykje omtykt leiar for den mekaniske verkstaden ved instituttet, og arbeidsoppgåvene har skifta i takt med

endringane i forskings- og undervisningsaktivitetene. Det fanst knapt den mekaniske oppgåve Bjølstad ikkje kunne løyse, frå gravur av akustiske linser med 10 mikrometer fokalradius, utført for underteikna, til bygging av store måleapparturar.

Tilbake på 50–60 talet var byggematerialet oftaast messing, men med oppgåver frå Elektron- og ionefysikkgruppa, og andre prosjekt som kravde høgvakuum, vart rustfritt stål teke i utstrekkt bruk frå slutten av 60-talet. I høve 50-års innsats vart Bjølstad heidra med ein artikkel i Universitetsavisa. Der sa han seg stolt av det verkstaden makta innan bruk av rustfritt stål, og nemnde elles bølgjerenna til Johannes Falnes som interessante utfordringar. Vidare kan nemnast vakuum utstyr generelt, røntgenutstyr, optisk utstyr og mikrobølgjekavitetar, der oppgåvene har stått i kø.

Det er tankevekkjande når det gjeld Bjølstads innsats for fysikken, at dei fleste studentar og doktorandar som gjennom fysikkstudiet ved NTH har kome i kontakt med eksperimentelt arbeid, har fått personleg hjelp av han. Ingen veit kor mange gratistimar Arnolf Bjølstad har lagt ned for fysikken, men han har ofra seg for jobben som om han skulle vore del av den vitskaplege staben. Mykje spekulering og ekstraarbeid er det blitt. Eg har aldri høyrt at han vart ståande i beit. Ein heidersmann som nyt respekt blant alle som kjenner han, det er fysikkens gode hjelpar, Arnolf Bjølstad.

*Kristian Fossheim*

∞

**Skriv i  
Fra Fysikkens  
Verden!**

## In Memoriam

### Johan Otto Øgrim (1913–2006)



Nestor i didaktisk fysikk, Johan Otto Øgrim, er gått bort i en alder av 93 år. Helt til det siste var han daglig på Fysisk institutt ved Universitetet i Oslo, der han arbeidet med undervisningsopplegg i fysikk.

Otto Øgrim avla embetseksperten i 1946, med fagketren fysikk, matematikk og kjemi. Hans studier ble avbrutt av krigen. Da gjorde han en heroisk innsats i motstandsbevegelsens etterretning, noe han i ettertid sjeldent nevnte. Fra 1941 til 1947 var han vitenskapelig assistent ved Fysisk institutt, og deretter fast ansatt universitetslektor og senere førsteamanuensis, inntil han ble pensjonert i 1983. Han har mottatt en rekke priser for sin faglige innsats, og nylig ble han utnevnt til æresmedlem i Norsk Fysisk Selskap.

Allerede 1949 gjorde H. Viervoll og O. Øgrim seg bemerket med en artikkel om atomære spredningsfaktorer for elektroner, et arbeid som med tilhørende tabeller var standard i 20 år. Men det ble først og fremst som formidler av fysikkfaget at Otto Øgrim ble best kjent. Hans livslange innsats for undervisning og store begeistring for faget, var enestående. Han formidlet fysikk til alle alderstrinn, fra barnehage og grunnskole til videregående skole og universitet. Hans faglige grundighet og dype innsikt i fysikk, kombinert med hans gode evne til å tilpasse sin formidling, gjorde ham til en fremragende popularisator. Hans mangeårige samarbeid med Helmut Ormestad startet rundt 1950 med over 50 radioprogrammer, senere utgitt som den popu-

lære boka "Pølser, fysikk og potetsalat". I 1970-årene lagde de to TV-serien "Fysikk på roteromet", som fikk et stort seertall.

Otto Øgrim var en usedvanlig inspirerende lærer, som viste spesiell omsorg for studentene. Han var alltid villig til å gi gode råd og til å diskutere faglige spørsmål. Hans forelesninger var grundige og poengterte, hans presentasjon av stoffet var full av gode eksempler, ikke sjeldent krydret med en god porsjon humor. Så vel i tale som i skrift var han en formuleringens mester. Hans mange lærebøker, både for skole og universitet, er eksemplariske.

Som person hadde Otto Øgrim en beskjeden framferd, dog uten at det var tvil om hva han mente. Jåleri og statussymboler var ham fremmed, og han unngikk formell status og autoritet. Ikke desto mindre hadde han en stor reell autoritet, basert på personlige integritet og faglig soliditet. Han var i hele sin tid ved Fysisk institutt sentral i utviklingen av studieordning og undervisning. Han var også en av pionerene ved etableringen av Skolelaboratoriet for fysikk, en nyskapning som raskt spredte seg til biologi og kjemi, og til de øvrige universitetene. Skolelaboratoriet er et senter for pedagogikken i skoleverket. Videre var han en sentral faglig idébærer av Teknoteket og senere Vitensenteret, ved Norsk Teknisk Museum. De siste årene har han sammen med Svenn Lilledal Andersen, utviklet fysikkforsøk for skoleverket for Naturfagsenteret. Resultatet er en bok med 191 fysikkforsøk, nå også tilgjengelig på Internett. Det siste året var de opptatt med å lage en oppgavesamling for barnehager.

Otto Øgrim har også vært sentral i standardiseringsarbeid for fysikk, der hans presise logikk og fremragende formuleringsevne har bidratt til å gi fysikkfaget en god norsk faglig terminologi.

Det er mange som føler stor takknemlighet for den lange tiden Otto Øgrim var iblant oss. Han var et forbilledlig eksempel på en fremragende fagperson og et varmt medmenneske. Hans plass ved kaffebordet i Blindernkjeller'n er tom, og han savnes, veldig. Han vil lenge bli minnet med takknemlighet, og verdien av de faglige frø han har sådd på så mange steder og for så mange mennesker i alle aldre, kan selv ikke våre dyktigste økonomer beregne.

*Venner og kolleger  
ved Fysisk institutt, Universitetet i Oslo*

∞

## Erik Sandvold (1957–2006)



Det var med det største vemod og sorg hans mange venner og kollegar, i Norge og i utlandet, tok mot bodskapen om at Erik Sandvold hadde gått bort 30. oktober 2006, etter ein hard kamp mot sjukdomen som hadde råka han i vår. Med Erik Sandvold sin bortgang har landet mist eit stort menneske og eit av sine aller største talent innan naturvitenskapleg og industriell forsking nokon gong. I tillegg viste Erik tidleg eineståande leiareigenskapar. Han vart ein høgt verdsett forskingsleiar og strateg. Han døydde like før han skulle fylle 49 år.

Erik var av fødsel så å seie etla til ei teknisk løpebane, med ein far som var leiar for Årdal Verk, seinare Årdal og Sunndal Verk, og ein morfar som og hadde vore generaldirektør for Årdal Verk. Begge hadde gått ut frå Norges Tekniske Høgskole med innstilling. Det same skulle Erik gjere.

Erik valde å studere teknisk fysikk ved NTH, og vart tidleg lagt merke til som ein uvanleg gåverik student. Han hadde ein eigen evne til å ta dei djupaste poengna og stille dei rette spørsmåla. Klassen hans hadde veldig respekt for hans innsikt, og faglærarane måtte skjerpe seg når Erik sat under kateteret. Der i fysikkstudiet fann han og kona si, Marit, og dei gifte seg endå som studentar. Eriks rulleblad som student vart heilt eineståande. Han fekk toppkarakter i mest alle fag han tok gjennom studiet. Han avla den beste eksamen i NTH si historie i 1982, då han gjekk ut som sivilingeniør. Erik var kort og godt eit brilliant intellekt.

Eg skulle komme til å bli den heldige professoren som fekk vere Erik sin vegleiar gjennom hans vitakaplege utdanning, der tema for hans arbeid, både i hovudoppgåva og i doktorgradsarbeidet som følgde

like etter, var materialfysikk, nærmere bestemt ferroelektriske material. Han vart og med i samarbeidet vårt med nobelprisvinnarane Alex Müller og J.G. Bednorz innan superleiing, og fekk to gonger invitasjon til opphold ved laboratoriet der dei arbeidde, IBM Zurich Research Laboratory. Der fann han eit intellektuelt stimulerande miljø som passa han, og der gjorde han eit mykje sitert forskingsarbeid i superleiing.

Han arbeidde og ei tid ved SINTEF, m.a. innan tynnfilmteknologi, før Zürichopphaldet, og før han kom til Norsk Hydros Forskningssenter i Porsgrunn der han m.a. tok opp arbeidet med utviklinga av hydrogenenergi frå brenselceller. Eriks arbeid med teknologiar for energikonvertering der materialproblematikken står sentralt, er seinare vidareført i store utviklingsprosjekt i Hydro. I sine første år i Hydro var han også norsk primus motor i eit nordisk prosjekt innan industriell bruk av superleiar.

Etter ei rad ulike og store utfordringar med aukande ansvar i Hydro, skulle det etter år 2000 bli nettopp aluminium som fanga mest av hans interesse. Han vart forskningssjef (Vice President of Research and Development i Hydro Aluminium) frå 2002 med ansvar for å bygge opp ein heilskapleg forskingsorganisasjon for aluminium i heile Hydro. Dette var etter oppkjøpet av det tyske aluminiumsselskapet VAW, i ein periode då Hydro eksplanderte, og forskingsporteføljen var i sterk endring. 300 forskrarar i Norge, Tyskland og USA høyrdet til hans ansvar. Erik var som skapt til å handtere slike komplekse og krevjande situasjonar, og trivdes svært godt i den rolla. Han stod midt i dette arbeidet då sjukdomen råka han. Han var og, på vegner av Hydro engasjert i World Business Council for Sustainable Development der eit utvalg av verdas viktigaste industribedrifter innan olje og bilproduksjon tok aktiv del.

Å skulle venne seg til tanken på at dette strålende intellektet er teke frå oss, kjem til å ta lang tid. Det kjennest framleis uverkeleg. Marit og borna og familien elles har ei tung tid framfor seg. Dei skal vite at dei har mange vener som har dei i tankane, og kjenner sorg saman med dei. På vegner av alle oss ved Institutt for fysikk ved NTNU som kom til å setje så stor pris på han, lyser vi fred over Eriks minne.

*Kristian Fossheim*

∞

## Tor Hagfors (1930–2007)



Tor Hagfors døde 17. januar på Dorado Beach i Puerto Rico, 76 år gammel. Han var en av verdens fremste forskere når det gjelder anvendelse av radarteknologi i studier av den øvre atmosfære, månen, planetene og i noen grad også fjernere deler av universet. Dette medførte også viktige bidrag til plasmafysikken. Like til det siste var han meget aktiv som forsker, med et stort kontaktnett til kolleger hele verden over, og han vil bli dypt savnet av disse.

Etter examen artium i Oslo i 1950, begynte Tor som student ved NTH, linjen for teknisk fysikk. Han fullførte studiene i 1955, med glimrende resultater, innberettet til Kongen. Fra 1955 var Tor ansatt ved Forsvarets forskningsinstitutt (FFI), avdeling for telekommunikasjon. Han arbeidet der vesentlig med spredning av meget høyfrekvente radiobølger fra de ioniserte områdene i den øvre atmosfære (ionosfæren). Dette var også emnet for hans doktoravhandling, som han forsvarte for den filosofiske doktorgrad ved Universitetet i Oslo i 1959.

Etter dette var Tor, med permisjon fra FFI, i vel ett år gjesteforsker ved Stanford University i California. Her utførte han et grunnleggende teoretisk arbeid om spredning av radiobølger fra enkeltelektroner i ionosfæren, såkalt inkoherent spredning. Han deltok også i radarstudier av månens overflate, vel med tanke på mulige månelandinger, men også av stor vitenskapelig interesse.

Tilbake på FFI fortsatte Tor med fundamentele studier av teorien for inkoherent spredning. I Norge var imidlertid utsiktene til å kunne utføre eksperimenter på dette feltet meget små, og i 1963 takket han ja til tilbud om en stilling ved MIT Lincoln Laboratory i Lexington, Mass., der et stort

radaranlegg (Millstone Hill) kunne brukes. Under dette oppholdet ble Tor amerikansk borger, og i 1967 tiltrådte han som direktør for Jicamarca Radio Observatory, utenfor Lima i Peru. Dette var det første radaranlegget som var bygget spesielt for studier av inkoherent spredning.

Tor hadde store kunnskaper innen teknologi så vel som i eksperimentell og teoretisk virksomhet, og på Jicamarca fikk han utfolde seg på alle disse områder. Som leder av observatoriet var han en inspirator og veileder for hele staben, skapte et godt sosialt miljø og håndterte forholdet mellom amerikanske og peruvianske myndigheter. Han ledet vanskelige, men vellykkede forhandlinger med den venstreorienterte militærjuntaen, som førte til at Jicamarcaobservatoriet ble en del av det Peruvianske geofysiske institutt.

Etter et nytt opphold ved Lincoln Laboratory, fikk Tor i 1971 stillingen som operativ direktør ved det nye store radarobservatoriet på Arecibo, Puerto Rico, et oppdrag han igjen utførte på en utmerket måte. Tidlig på 70-tallet hadde planene for et europeisk samarbeid for å bygge et stort radaranlegg i det nordlige Fennoscandia, begynt å ta form. Tor ble tidlig trukket inn i dette arbeidet. Hans kunnskaper og utrettelige innsats var til uvurderlig hjelp i arbeidet med å realisere disse planene. Dette var medvirkende til at han søkte seg tilbake til Norge, til et professorat i elektronikk ved Universitetet i Trondheim. Han tiltrådte der i 1973, og i 1976 ble Tor den første direktør i EISCAT – European Incoherent Scatter Scientific Association – et samarbeid mellom seks europeiske nasjoner, med de største anleggene i Tromsø. Han ledet arbeidet gjennom konstruksjon, bygging og planlegging av den vitenskapelige virksomheten i de første driftsårene.

Da hans åremål i direktørstillingen var over, dro Tor igjen tilbake til USA, denne gang til stilling som professor i Astronomy and electrical engineering ved Cornell University i Ithaca, NY. Samtidig var han direktør for National Astronomy and Ionosphere Centre, som omfatter observatoriet i Arecibo. Tor ledet en omfattende modifikasjon av anlegget, som forbedret følsomheten med en faktor på 10!

I 1992 takket Tor ja til et tilbud om stillingen som direktør ved Max Planck Institut für Aeronomie, i Lindau, Harz, en stilling han hadde til han gikk av for aldersgrensen i 1998. I denne perioden var han også professor II ved Universitetet i Oslo, Institutt for teoretisk astrofysikk. Under sine hyppige og ofte langvarige opphold i Tromsø fikk Tor god kontakt med studenter og yngre forskere

som bruker EISCAT-anleggene. Det resulterte i veiledning og felles publikasjoner, og i noen tilfeller i utenlandsopphold der Tor kunne formidle kontakten til fremragende forskningsgrupper.

Tor Hagfors ble selvsagt benyttet i en rekke nasjonale og internasjonale råd og komiteer. Han var medlem av Det Norske Videnskaps-Akademiet, Norges Tekniske Vitenskapsakademi, European Geophysical Union, The Royal Astronomical Society, American Astronomical Society og Union Radio Scientifique Internationale (URSI), og han har mottatt flere æresbevisninger. Vi nevner her Extraordinary Member of the Royal Astronomical Society, Senior Scientist Award fra Humboldt Gesellschaft, van der Pool-medaljen fra URSI, Sir Granville Beynon-medaljen fra EISCAT og æresdoktorater ved universitetene i Oulu, Finland, og i Tromsø. Asteroiden 1985 VD1, har fått navnet Hagfors.

Tor Hagfors beriket gjennom en menneskealder det internasjonale vitenskapelige samfunn han var en del av. Kolleger og venner verden over står tilbake i takknemlighet for dette.

*Olav Holt, Asgeir Brekke, Cesar La Hoz,  
Ove Havnes og Jan Trulsen*

∞

**Studér  
fysikk!**

# Skabelse eller orden? – Perspektiver på renessancens naturfilosofi og kosmologi

Aksel Haaning \*

Her mod slutningen af 'renæssanceåret 2006' kan det nok være på sin plads at gøre opmærksom på, at de traditionelle periodeinddelinger stort set er opgivet af moderne forskning. Også i renaessancens kosmologi og naturfilosofi brydes forskellige grundsyn. I artiklen gives et overblik over den igangværende forskning.

[Denne artikkelen ble opprinnelig trykt i det danske tidsskriftet KVANT, Tidsskrift for Fysikk og Astronomi, 17. årgang, Nr 4, 24–29, December 2006.]

## Historiens transformationer

Selv om de traditionelle periodeinddelinger ('antikken,' 'middelalder,' 'renæssance,' 'oplysning' m.m.) består i almindelig talemåde og som praktisk tidsangivelse, har moderne forskning stort set opgivet det indhold og ikke mindst den betydning og virknings historie, man hidtil har tildelt dem. Tilskyndet af Jerntæppets fald i 1989, og måske et håb om en ny (og mer realistisk) europæisk selvfors্তালse, viste historikerne vej med nytolkning af en af de mest stålsatte periodemodstillinger, nemlig middelalder – renæssance, med *Handbook of European History 1400–1600. Late Middle Ages, Renaissance and Reformation*, to bind på hen ved 700 sider hver med bidrag fra 20 førende historikere<sup>1</sup>. Et lignende projekt er søsat til fundamental nytolkning af overgangen mellem antikken og den tidlige

middelalder med fællestitlen *The Transformation of The Roman World AD 400–900*, planlagt med foreløbig 18 bind. Kodeordet her er *transformation*, Romerrigets forvandling, overgang vel at mærke – ikke undergang.

## Fordomsfri historieforskning

Videnskabshistorie er også med. Allerede i 1992 annonceredes en omfattende, fælleseuropæisk udgivelsesrække med titlen *Medieval and Early Modern Science*, der netop antyder, at de nyskabende forbindelseslinjer i naturvidenskabernes historie og naturinteresse i det hele taget går mellem højmiddelalderen (12. og 13. århundrede) og den tidlige nyere tid. En halv snes tekstudgaver og studier er allerede publiceret<sup>2</sup>. Denne serie ledsages af endnu et omfattende forskningsprojekt under *European Science Foundation* med titlen *From Natural Philosophy to Science 1200–1700*, hvor perioderevisionen er helt og utvetydigt udtalt. Her studerer forskerne medicin, magi, alkymi og mineralogi og dertil hørende kosmologiske "verdensbilleder" uden fordomme for at undersøge deres mulige betydning for det, vi kalder det videnskabelige genbrud i 1600-tallet. Dette bliver kort sagt placeret i historisk kontekst. Projektet blev indledt i 2003, forventes afsluttet i 2007, og omfatter over 100 forskere<sup>3</sup>. Fælles for den her skitserede nytolkning inden for moderne videnskabshistorisk forskning er altså en revision af de traditionelle epokebetegnelser, idet man grundigere leder efter indholdet, hvad der faktisk er sket, hvilke metoder

<sup>1</sup>Udgivet af Thomas A. Brady, Heiko A. Obermann, James D. Tracy, eds., Vol. 1–2, Brill, Leiden 1994. Jf. f.eks. indledningen med gode historiografiske betragtninger, "The 'Renaissance' and 'The Reformation': Two classical concepts," bd. 1., p. xiixxiv. Beslægtet i intension er *Jewish Studies in a New Europe*. Proceedings of the Fifth Congress of Jewish Studies in Copenhagen 1994 under the auspicious of The European Association for Jewish Studies, ed. by Ulf Haxen, Hanne Trautner-Kromann, Karen Lisa Goldschmidt Salomon, C.A. Reitzel 1998.

<sup>2</sup>Jf. Hjemmesiden med oversigt:

<http://www.phil.kun.nl/center/mems.html>

<sup>3</sup>Under ledelse af Hans Thijssen. Jeg deltog i en workshop i Nijmegen 1.–3. september 2005 med den fælles arbejdstitel: 'Medicine, Alchemy, Magic and the Study of Living Being: 1200–1700.' Jf. hjemmesiden med opdaterede aktiviteter: <http://www.phil.kun.nl/center/esf/>

og resultater, der direkte og indirekte er udviklet, frem for at støle på velformulerede filosoffers selvforståelse. Det er i øvrigt samme bestræbelse, og samme sammenhængsorienterede historieforståelse, jeg selv forsøgte at skrive mig ind i med *Naturens lys. Vestens naturfilosofi i højmiddelalder og renæssance ca. 1250–1650* (1998; 2001), hvor begge perioder demonstrativt behandles under fælles titel.

## Middelalder og Renæssance

Når dette er sagt, er det alligevel de såkaldte underbelyste perioder, der forholdsvis let fanger interessen – også i bredere offentlighed. Med de senere års officielle fokusering på Middelalderår (1999) og nu Renaissanceåret (2006) i mente, er det, som om disse århundreder netop før den nyere og mere velkendte tid ikke rigtigt kan slippe os – heller ikke forskerne, som antydet indledningsvis. Antikken er ikke på mode; måske er billedet af den *for* afklaret, *for* gennemlyst så at sige, integreret i dannelsesbegrebet og i gymnasieundervisningen som det har været siden 1800 tallets midte.

Anderledes er det med middelalder og renæssance. Det er som om disse perioder gemmer noget – de indeholder eller rummer noget, vi har overset i den traditionelle historieskrivning. Det er som om, de fleste inderst inde aner, at fokus på konkrete opdagelser og opfindelser, der blot reproducerer oplysningstidens selvforståelse, overser de forhold, der lå til grund for dem – eller de tanker og tankeformer, der faktisk drev forskerne. Selv i dag bliver kravet om revision af grundfortællingen om videnskabernes historie mødt med modvilje fra forskere af den ældre skole, der stadig skriver traditionelle kronologiske oversigtsværker i den gamle stil.

## Naturens magi

Men middelalderens alkymi og renæssancens magiske naturfilosofi har spillet en betydelig rolle i den vestlige kulturs menneskeforståelse, i den religiøst farvede kosmologi og naturfilosofi – og i udvikling af videnskabelig intension og metode. Skønt vanskeligt tilgængelige er disse strømninger historisk interessante og naturligvis værdifulde i sig selv, men dertil kommer, at f.eks. den hermetiske tradition, herunder også alkymien og læren om *magna naturalis* (den naturlige magi), ikke kun er mere eller mindre eksotiske levn af gammel overtro, men

at de har spillet en endnu delvis uudforsket rolle og bidraget til frembruddet af det, vi kalder den moderne videnskab, altså perioden mellem det 16. og 17. århundrede. Alkymi og hermetisk filosofi var stadigvæk på Tycho Brahes tid en integreret del af en omfattende europæiske naturforståelse, og således indvævet i et ønske om at udforske og forstå naturens verden; det gjaldt såvel i det nære som i det fjerne; såvel i sten og mineralers forunderlige verden, i jordens vækster og planternes liv, ligesom det gjaldt det skiftende lys i stjernehimlens fænomener og planeternes gådefulde baner.



Figur 1. Albertus Magnus (ca. 1200-1280). Fresco fra domkirken på Murano. Foto: Sofie Reinbothe.

## Kirken og naturforskningen

Forestillingen om, at middelalderens kristne teologer – at *kirken* som sådan bekæmpede forskning i natur og videnskab er sejlivet, og det er delvis et kunstigt modbillede, skabt af 1800-tallets positivistiske videnskabshistorikere, der ville lade en Bruno, en Galilei og en Newton triumfere over kirken som institution og teologien som en videnskab. Men den holder ikke i virkeligheden. Tværtimod: Interessen for at studere naturen – også på dens egne betingelser – var kolossal både i det 12. og det 13. århundrede.

Som eksempel kan vi tage dominikanerordenens leder, og en af 13. århundredes mest vidtfavnende personligheder, biskop, og kirkelærer bl.a. for den senere så berømte filosof Thomas Aquinas (1223–1274), nemlig Albertus Magnus (ca. 1200–1280), *doctor universalis* som det officielle tilnavn blev. Albert stod i spidsen for og promoverede den grundtanke, at de kristne skulle studere alt, hvad de kunne af de gamle “hedenske” filosoffer – ikke mindst Aristoteles, der netop i det 13. århundrede for alvor blev oversat og tilgængelig på latin. Hvor

foreneligt dette hværv var med det kristne image, kan vi se af et billede fra den tidligere domkirke på Murano (nordøst for Venedig). Kirkens inventar har Napoleon og hans tropper transporteret til Frankrig – det kan formentlig beskues på Louvre, – men for at gøre besøget attraktivt i dag har de lokale arkæologer til gengæld restaureret loftet, så de middelalderlige kalkmalerier er tydelige igen. Portrættet viser Albert den Store med bispestaven i den ene hånd og en åben bibel i den anden, hvilket ikke er særlig usædvanligt for en betydelig kirkens mand; men bemærk titlen: "Naturalis scientie monarcha" – biskoppen, "guddommelig teolog" og "naturvidenskabens fyrste!"

*Scientia naturalis* udvikledes som faglig betegnelse allerede tidligt i det 12. århundrede, hvis ikke før, og i 13. århundrede på Alberts tid, blev faget et selvstændigt område i forhold til øvrige fag, med en afgrænsning svarende til naturvidenskab den dag i dag. Der er en grundig analyse af denne udvikling i ref. 3. Det er præcis denne forbindelse mellem "Medieval and Early Modern Science" forskningsprogrammerne har sat sig for at undersøge og belyse nærmere. Og det er bestemt ikke tomme ord; Albert skrev, ved siden af sine bibelkommentarer, en systematisk bog om botanik, en mineralogi, om alkymi, geografi, vind og vejr, sjæl og legeme, ja hvad som helst blot det tilhørte naturens verden, ligesom de arabiske forfattere var i høj kurs både inden for filosofi og videnskab.

## En kosmisk orden

Et spørgsmål, som netop optog både teologi og naturvidenskab, var tanken om kosmisk orden – og dens baggrund. En religiøs kosmologi, forstået på den måde, at verdensaltet udtrykker en gennemtænkt orden, eller at naturen som helhed udtrykker en guddom, og i den forstand er guddommelig, er bestemt ikke nogen kristen opfindelse. Den kendes fra Skabelsesberetningen i Det gamle Testamente, men heller ikke i den form er den speciel. Skabelsesberetninger i mere eller mindre mytisk eller mytologisk form kendes fra alle kulturer kloden rundt. Også i den græske filosofi kommer tanken om verdens ordenens matematiske oprindelse og struktur til udtryk i Platons dialog *Timaios* (3. årh. f.v.t.). Dialogen er et kompliceret og imponerende værk – fortalt delvis i mytens form. Hvad Platon mener med myte i denne sammenhæng, er omstridt, men grundtanken er klar. Det er den såkaldte håndværkermodel eller *artifex*-modellen (*Timaios*

29d–30c), og som tankefigur går den formentlig tilbage til forhistorisk tid.

## Håndværkermodellen for verdens skabelse

Det er forestillingen om, at verdens oprindelse og eksistens forklares ved en skaber – som kunstner, som håndværker, der former og modellerer i synligt, stofligt materiale det, han på forhånd har tænkt at gøre. Forenklet kan man sige: Krukken er modeleret, udsmykket, glaseret, brændt og klar til brug. Hvis vi betragter den færdige kunstgenstand isoleret, hvad kan den sige om sin skaber? Hvis vi forestiller os, at vi intet ved om skaberens, men kun har det færdige værk, hvordan kan vi så tænke os frem til skaberens natur, egenskaber, hensigt og forestillinger? Det er de fundamentale spørgsmål, og de blev overført på verdensaltet -på kosmos: Guddommen er væk, tilbage er verden som ordnet helhed; hvad mere er der at sige? Dette er blandt de fundamentale spørgsmål de græske naturfilosoffer stillede sig, og Platons *Timaios* er det mest indflydelsesrige svar, der er givet.



Figur 2. Artifex-modellen. Gud som verdens arkitekt. Miniature ca. 1250.

Vi kan vide fire fundamentale ting. For det første, at skaberen måtte have udtænkt, hvad han ville skabe, før han udførte handlingen. Han prøvede sig ikke frem. Det vil også sige, at idéen,

tanken, går forud for handlingen, og dermed har den ontologisk prioritet. Det er Platons velkendte idélære; idéerne som evige former, enkeltgenstande som materiel udformning af idéen. Heri ligger også, at skaberen besad (eller besidder) viden om, hvad han ville skabe; det eksisterer mentalt, noetisk for at bruge det græske ord, før udførelsen. Denne guddommens viden (eller guddommelige viden) er også tilgængelig for mennesket – under nærmere bestemte betingelser – og den kaldes ofte visdom – græsk: *sophia* – latin: *sapientia*. Tanken er, at Gud har skabt verden ud af eller i kraft af sin visdom, og omvendt afspejler eller afslører den skabte verden guddommens evne og egenart.

For det andet kan vi vide, at tanken, idéen, går forud i tid. Der er et forløb, en proces, hvori den allerede eksisterende tanke, går forud for den sanselige genstand eller afbildning.

For det tredje kan vi vide, at kunstneren – skaber, besidder evnen, det græske *techné*, latin *ars*, kunsten, håndværkerkyndigheden, og dermed faktisk er i stand til at realisere tanken i stof. Denne forestilling om en 'guddommelig evne' skal ikke undervurderes – og spiller en indirekte rolle i europæisk kunstfilosofi og i romantikernes genibegreb.

Endelig kan vi som det fjerde vide, at kunstneren og værket er adskilt. Krukken eller statuen står alene, eksisterer efter færdiggørelsen på afstand. Det betyder også, at skaberen kan eksistere på afstand; skaberen er ikke afhængig af sit værk; krukkemageren kan være rejst til en anden by, hans produkter er lige gode og anvendelige af den grund; de kræver ikke hans nærvær; omvendt er han suveræn i forhold til dem og kan gentage kunststykket, hvor det skal være.

## Skaber eller ordensprincip?

Disse forestillinger udgør en kosmologisk grundmodel -og et filosofisk udgangspunkt for forskning. Den kunne suppleres med Platons elev, Aristoteles' begreber om den første bevæger, der nok afviser Platons mytiske billeddale, men ikke, at naturens orden og hensigtsmæssige virke er fundamental. Det ligger også i denne, at det synlige, ordnede kosmos "beretter" om en usynlig skaber, der kommer til udtryk i det synlige, og hvis visdom eller evige, guddommelige love, er aftegnet i kosmos' i form af naturens orden og regelmaessighed. At studere naturen er derfor indirekte at studere naturens ophavsmand eller et mere upersonligt, eksisterende ordensprincip. Denne tanke gentages også hos mod-

erne videnskabsmænd – hvor seriøst det er ment, ved jeg ikke, men f.eks. Stephen W. Hawking siger, at hans nyeste teorier om tiden og rummet også er en "bog om Gud," og at han med sin interesse for astrofysik i virkeligheden "ønsker at forstå Guds tanker."<sup>(11)</sup>

Metaforen er meget udbredt – og skal ikke drives for vidt, men den seriøse pointe er, at håndværkermodellen er fundamental i europæisk filosofi og videnskab, og både tilskyndelse til forskning og modstand mod forskning i naturens verden kan tilskrives en og samme model.

## Bibelen vs. Naturens bog

Dette forhold er ikke uden videre kreationisme i moderne betydning. Men der er mange, der forveksler det. Denne forveksling skyldes også historiske forhold. For den græske *artifex*-model, håndværkermodellen, blev i hellenismen forholdsvis let identificeret med skabelsesberetningen i det Gamle Testamente, og fra ca. 300 e.K. bliver kristendommen dominerende. Hermed understreges og betones Gud som suveræn skaber - verden skabes af intet, som det dogmatisk udlægges, og dermed er Gud for alvor hævet over skabningen, som ånd er hævet over stof, evigt over timeligt, guddommeligt over menneskeligt – en fundamental ontologisk niveauaforskelse i en stor del af vestlig tænkning. I europæisk videnskabshistorie er det at studere naturen ensbetydende med at studere guddommens tanker og den guddommelige visdom; Bibelens ordlyd kan misforstås eller mistolkedes – men ikke naturens bog; naturens bog, *liber naturae*, er den sande kilde til naturens skaber. Gud har i sin visdom skabt verden i mål, tal og vægt. At studere naturen er at studere guddommen således forsvarer en naturfilosof sig i 1125 – det er synd for mine kritikere, at de må nøjes med Bibelen! – og den tanke gentages og eksplickeres hos talrige naturfilosoffer mellem år 800 og 1700. Raimond Sabunde, en betydelig teolog og rektor for Universitetet i Paris, skriver i midten af 1400-tallet, at kætttere kan mistolke Bibelens bog, men ingen kan fordreje naturens bog. Paracelsus (1496–1541) fremhæver, at Gud siger, 'kom til mig' og for Paracelsus er der ikke nogen vej til Gud uden om naturen, derfor byder Gud os, at vi skal studere naturen, *das Wunderwerk Gottes*. Og den tanke præger hele Paracelsus' værk – og her går linjen direkte til nybrud i dansk videnskabshistorie hos Peder Sørensen og Tycho Brahe på tærsklen til det 17. århundrede. Også hos Kepler er

forestillingerne om “verdens harmonier” vokset direkte ud af artifex-modellen, ligesom metaforen om naturens bog forekommer hos Galilei.

## Skabelsestanken, dogmatisme og kreationisme

Men det er først i det øjeblik, at artifex-modellen identificeres med Bibelens ordlyd og dermed bliver en del af den kristne religion, og dermed en del af dogmatisk troslære, at vi kan tale om kreationisme – som det anvendes i dag. Denne konflikt modstilles af Bertolt Brechts skuespil om Galilei, hvor dogmatik hos kardinalerne demonstrativt stilles op over for Galilei og hans nye kikkert; religion over for videnskab, tro over for viden. Det er herfra, vi med videnskabelig selvforståelse lægger afstand til religion. Tanken om at verdens eksistens afspejler en guddom derimod, er fundamental i vestlig tænkning og videnskab fra begyndelsen så at sige og langt frem i 1800-tallet – hvis ikke længere. Som sådan har den virket inspirerende og igangsættende, og beviseligt været en drivkraft i ønsket om at undersøge og forstå naturens verden – også på dens egne betingelser. Det gælder for en Paracelsus, en Bruno, en Descartes, en Galilei, og en Newton! At afvise fundamentalistisk kreationisme i den specifikke betydning, at Bibelens ordlyd er bogstavelig eller indholdsmaessigt rigtig, er naturligvis uundgåeligt, men at afvise skabelsestanken som sådan er det samme som at afvise ni tiendedeles af den europæiske filosofi og idéhistorie og dermed den historiske baggrund for videnskabelighed og videnskabelig tænkning.

## Ægyptiske visdomsord

Der var også andre kosmologiske tankeformer. Et vigtigt eksempel tilskrives Hermes Trismegistos. Hermes-skrifterne indeholder en religiøs kosmologi og en gnostisk frelselære. Skrifterne blev oversat i 1400-tallet, men også de foregående århundreder kendte til Hermes og der florerede mange tekster i Hermes' navn. En af de hermetiske tekster – som i øvrigt også Albertus Magnus skriver om – blev oversat omkring år 1200, og den skulle tryllebinde de lærde i vesten århundreder frem, ja den bevarede næsten bibelsk status selv længe efter Tycho Brahes tid. Det er et af omfang lille skrift med titlen *Tabula smaragdina* (den smaragdpyntede tavle). Den består af en række forholdsvis korte sætninger, der i magiske gådeord angiveligt skulle indeholde es-

sensen af alkymiens og den hermetiske filosofis lære. Og ikke nok med det. Smaragdtavlen havde, ud over titlen, også en eventyrlig oprindelse: Den stammede fra Ægypten. På Hermes Trismegistos' grav, et hemmeligt sted ved Nilen, var den indmejslet i sten, og derfra skrevet ned og oversat! Essensen af oldtidens visdom.



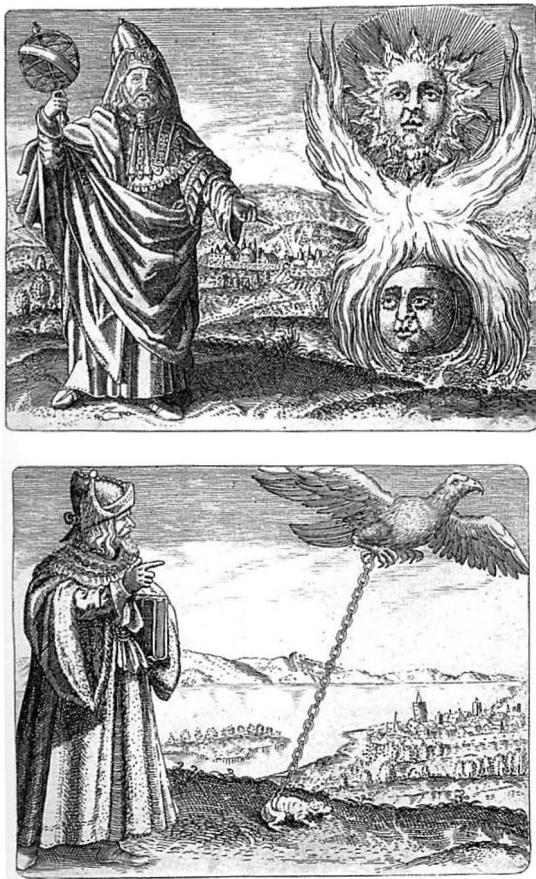
Figur 3. Tabula Smaragdina på latin, græsk og arabisk. Fra Khunrath, *Amphiteatrum sapientiae aeternae*, 1606.

## Naturens enhed

I denne symbolske kosmologi er det himmelske og det jordiske ikke forskelligt; de er tværtimod gjort af samme stof; sammensat og styret af de samme drivkræfter og principper; det vil sige at himmel og jord udgør indvendigt og udvendigt en enhed, som det også fremgår af Smaragdtavlens andet gådeord: ”Det øvre (nemlig den himmelske del af kosmos) er som det nedre (den jordiske del), og det nedre som det øvre, og alt kommer af det ene.” Og videre om denne enhed: ”Solen er dens fader, månen dens moder, vinden bærer den i sin bug og jorden er dens närer.” Videre hedder det, at ”alle ting kommer af det ene,” og denne enhed ”gennemtrænger alle legemlige ting.” Den ægyptiske Hermes’ egne ord og selvforståelse står som garant i tavlens slutord: ”Og således er jeg kaldet den trefoldigt store Hermes, idet jeg rummer hele denne verdens filosofi.”

## En anderledes skabelsestanke

Smaragdtavlen, sammen med øvrige alkymistiske tekster, der blev oversat på denne tid, udtrykker direkte og indirekte den hermetiske filosofis kosmologi: At kosmos er en levende organisme, besjælet med verdenssjælen, der knytter alle enkelte dele i et samlet hele; dette kosmos i sit hele



**Figur 4.** Hermes Trismegisto som antik profet og alkymiens grundlægger: Øverst Sol og Luna som grundprincipper – adskilte og samtidig i forening. Nederste billede: Ånd og stof forbundet symbolisk med en lænke mellem hund og fugl. *Viridarium cymicum*, Frankfurt 1624.

udtrykker guddommen, gør denne synlig i stof, og manifesterer og beviser samtidig en mægtig guddoms eksistens. Derfor er guddommen ikke nødvendigvis himmelsk, hævet over kosmos – eller tronende højt over verden, som den kristne tankeverden kender fra forestillinger om Gud som en skaber, der suverænt skaber verden af intet og hinsides overvåger alt det skabte. I den hermetiske filosofi folder guddommen sig så at sige ud i og med verdens mangfoldighed, og dermed sker et brud med gudommen som suveræn og adskilt fra skabningen. I den hermetiske filosofi er den synlige verdens tilblivelse derimod en nødvendig følge af udviklingsprocesser i guddommen selv; guddommen må udfolde sig, og ved denne proces bliver visdommens lys – den guddommelige visdoms lys – spredt i kosmos; Dorn, elev af Paracelsus, forklarer, at det synlige lys blev skabt på fjerde skabelsesdag, hvor Solen, Månen og stjernerne blev til; men naturens lys blev til på den første dag, hvor Gud sagde “der blive lys” – da “splintredes” guddommen og

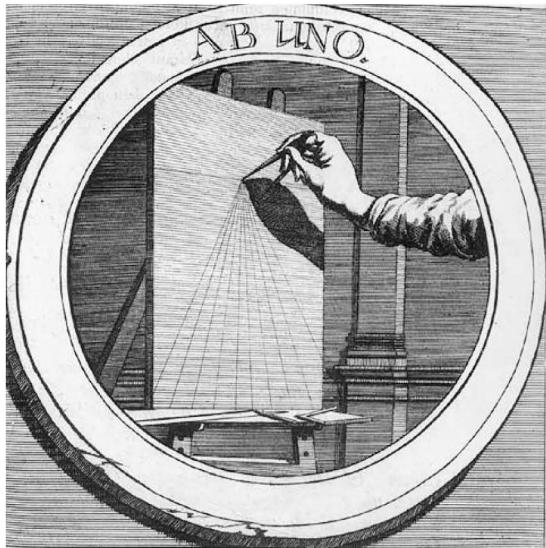
skabelses- eller rettere: udfoldelsesprocessen begyndte. Dette lys, forklarer han, er skjult til stede i alt det skabte – og skal ikke forveksles med synligt lys; det er naturens eget ordens- og menings-skabende evne, der kommer til udtryk i f.eks. fuglenes evne til at bygge rede eller i edderkoppens spind. Men dette naturens lys er også i mennesket, og givet med legemligheden, fordi menneskets legeme er gjort af naturens stof. Derfor har mennesket adgang til visdommens lys, fordi det med sin legemlighed og sanselighed har adgang til naturen og naturens lys. I denne optik er modstillingen mellem religion og videnskab ophævet, fordi det er studiet af naturen, der fører til sand erkendelse af skaberens, og omvendt vil gudserkendelse være ensbetydende med naturerkendelse. Dette tankesæt er meget udbredt i vestlig tænkning, men har stået i skyggen af den dominerende splittelse mellem religion og videnskab, vi kender så godt fra traditionen<sup>4</sup>

Det betyder også, hvis vi vender os lidt mere konkret mod Tycho Brahe, at astronomi er læren om himmellegemernes bevægelser, og derfor bliver alkymi, der handler om de stoflige genstande i naturens bestanddele, kaldet den jordiske astronomi; og ved at studere stoffet lærer man om det himmelske, og ved at studere det himmelske lærer man om jordens stof. Det er den basale tankegang, som også en Tycho Brahe deler, og derfor gentager han ofte fydordene fra den hermetiske filosofi: *despiciendo suspicio*, ved at se nedad ser jeg opad, og *suspiciendo despicio*, ved at se opad ser jeg nedad.

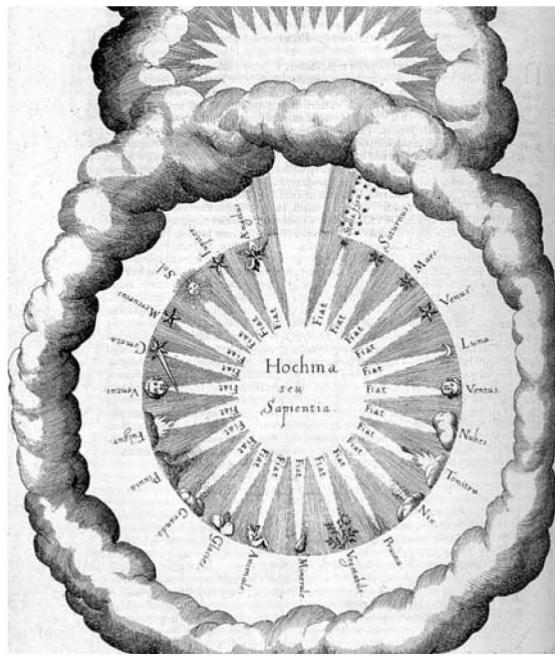
Nyere forskning viser også, at Newton var dybt præget af alkymistiske studier, og anekdoten om æblet er en afmægtig erstatning for den egentlige forklaring, nemlig at Newton var seriøst optaget af den hermetiske filosofis kosmologi om alttings enhed – og direkte af Tabula Smaragdina, hvorfra idéen til at sammenkæde bevægelseslovene på jorden (Galilei) og i himlen (Kepler) sandsynligvis stammer. Den nyeste forskningsoversigt findes i “Newton, Physiker, Mathematiker, Alchemist und Naturforscher”, ref. 1, p. 252–258 med komplet litteraturangivelse.

Denne tankeform og naturforståelse rummer også et andet menneskesyn. I den gamle model så at sige, er Adam skabt af jordens ler -der i sig selv

<sup>4</sup>Herom må jeg henvise til mine bøger; en kort, men grundig oversigtsartikel beregnet til undervisning i gymnasiesektoren og universiteternes grunduddannelse findes dog i afhandlingen “Der lød med ét en sælsom Lyd” – om forholdet mellem natur og kristendom i historisk belysning,” optrykt i ref. 4, p. 155–189.



Figur 5. Alt kommer af det ene; verden som udfoldelse. Fra Philotheus, *Symbola Christiana*, 1677.



Figur 6. Visdommens lys som den indre drivkraft i stoffets udfoldelse. 'Hochma seu sapientia' udtrykker påvirkning fra den jødiske kabbala, der udtrykker lignende kosmologiske forestillinger og som havde stor betydning for 1600- og 1700-tallets kosmologier. Fra Robert Fludd, *Philosophia Sacra*, Frankfurt 1626.

er stendødt. Livet opstår ved, at ånden fra Gud indblæses i det livløse ler; dvs. at mennesket får sit livsprincip fra noget uden for sig selv, og placeret i verden som en dukke i et dukkehus. At få lov at blive naturens og de levende væseners herre (1. Mos, 1, 28) forekommer som en trøst for at være drevet ud af Paradiset. I den anden kosmologi derimod, stammer menneskets og naturens livsprincip

fra stoffet selv; den oplivende og levendegørende ånd eller sjæl er en del af stoffet og gives med tilknytning til naturen selv, og ikke til en naturens skaber. Skabelsesprocessen er med andre ord ikke én gang for alle, men forstås som en vedvarende proces. *Fiat lux* ("lad der blive lys") foregår så at sige hele tiden. Med en forsigtig sammenligning ville det svare til, at vi havde en teori, der gik ud på, at Big Bang foregår hele tiden og mange "steder" på én gang.

Hermed skulle det være antydet, at middelalderens dunkle tankeverden har betydning for oplysningstidens opdagelser som andet end et konstrueret modbillede. Historien hænger sammen – og vi med den, og det er disse sammenhænge, forskere også i videnskabshistorie endelig er kommet igang med at studere for alvor. Virkelig at kende den europæiske arv og videnskabernes historie er noget, vi stadig har til gode.

## Litteratur

1. Claus Priesner & Karin Figala (ed.): *Alchemie. Lexikon einer hermetischen Wissenschaft*. C.H. Beck, München (1998)
2. Aksel Haaning: *Naturens lys. Vestens naturfilosofi i højmiddelalder og renæssance 1250-1650*. C.A. Reitzel, København (2001)
3. Aksel Haaning: *Middelalderens naturfilosofi. Naturens genkomst i filosofi, digtning og videnskab ca. 1100-1250*, 2. udgave. C.A. Reitzel, København (2004)
4. Aksel Haaning: *Den dobbelte arv. Kapitler om natur og spiritualitet, kristendom og historie*. C.A. Reitzel (2005)
5. William Eamon: *Science and the Secrets of Nature. Books of Secrets in Medieval and Early Modern Culture*. New Jersey (1994)
6. Paolo Rossi: *La nascita della scienza moderne in Europa*. Laterza, Rom-Bari (1998)
7. Charles Webster: *From Paracelsus to Newton. Magic and the Making of Modern Science*. Cambridge University Press (1982)
8. Milton K. Munitz: *The Mystery of Existence. An Essay in Philosophical Cosmology*. New York (1965)
9. Frederick J.E. Woodbridge: *An Essay on Nature*. Columbia University Press (1940)
10. Yervant H. Krikorian (ed.): *Naturalism and the Human Spirit*. Columbia University Press, New York (1959)
11. Stephen Hawking: *Hawkings univers. De nyeste teorier om tiden og rummet*. Gyldendal (1997)

# Fra Fysikkens Verden

68. årgang  
2006

**Norsk Fysisk Selskap**  
Oslo 2006

---

ISSN-0015-9247

## Innhold FFV 2006

**Nr. 1:**

Fra Redaktørene .....	2
FFV Gratulerer .....	2
Erik Eriksen 80 år	
<i>Ø. Grøn, H. Høgåsen og J.M. Leinaas</i>	
Kristian Fossheim 70 år	
<i>Asle Sudbø</i>	
Møbiusprisen 2005 til Asle Sudbø	
<i>Redaksjonen</i>	
Tekna-pris til Jo Smiseth og Eivind Smørgrav	
<i>P.C. Hemmer</i>	
LHC, en lykt inn i mørk materie	
<i>Anna Lipniacka</i> .....	6
Farlig kontakt mellom TV og MP3-spiller	
<i>Arnt Inge Vistnes</i> .....	12
Indeks FFV 2005 .....	13
Bokkronikk .....	20
Helge Kragh mfl: Naturvidenskab i 1000 år, Dansk Naturvidenskabs Historie, Bind I og II. Aarhus Universitetsforlag, 2005.	
<i>Jens Olaf Pepke Pedersen</i>	
Bokomtale .....	23
G.T. Einevoll og E. Newth (red.): Naturens kode. Gyldendal Akademisk <i>F. Ingabretsen</i>	
Nye Doktorører .....	24
Ph.D. Terje Brundtland Dr.scient. Robert Jenssen Dr.scient. Rolf Vegar Olsen Dr.scient. Marit Sletmoen Dr.ing. Eivind Smørgrav	
Trim i FFV .....	27
A. Johnsson og G. Stette: Et cavoritt-problem FFVT 1/06 Løsning FFVT 4/05	
Nytt fra NFS .....	27
Nye medlemmer	

**Nr. 2:**

Fra Redaktørene .....	30
In Memoriam .....	30
Trygve Holtebekk <i>M. Guttorpsen, F. Ingabretsen, S. Messelt,             E. Osnes og J. Rekstad</i>	
Per E. Maltby <i>Olav Kjeldseth-Moe</i>	
Ellen Gleditsch – norsk pioner i radiokjemi	
<i>Annette Lyknes</i> .....	33
Albert Einsteins stemme	
<i>Aud Veen Noodt</i> .....	39
Har man funnet urstoffet i Brookhaven?	
<i>Gunnar Løvhøiden</i> .....	43
Fysikk i skolen .....	46
A. Isnes: Kunnskapsløftet – nye læreplaner i realfagene	
Hva skjer .....	48
Paul Hoyer: NORDITA flyttar til Stockholm	
C. Angell og E.K. Henriksen: Fysikkolympiaden 2006	
P.C. Hemmer: Dobbelt Onsager til Rodney Baxter	
S-H. Skjellanger: Takk til Fysisk institutt, UiO	
Bokomtaler .....	53
A. Egeland og W.J. Burke: Kristian Birkeland – The First Space Scientist. Springer, 2005 <i>Ola Hunderi</i>	
Reidun Renstrøm: Fysikkens historie – Fra naturfilosofi til kvanteteori. Høgskoleforlaget, 2006. <i>Carl Angell</i>	
Trim i FFV .....	55
Drøfting av Et cavoritt-problem <i>Anders Johnsson og Gunnar Stette</i>	
Løsning FFVT 1/06	
Nytt fra NFS .....	58
Nye medlemmer	

**Nr. 3:**

Fra Redaktørene .....	62
In Memoriam .....	62
Johannes Mathias Hansteen	
<i>Kolleger og venner ved Universitetet I Bergen</i>	
Nicolai Norman	
<i>Jon Gjønnes og Eivind Osnes</i>	
Matematiske fletter og bibelske vers	
<i>K.L. Kristiansen, G. Helgesen, A.T. Skjeltorp</i> ...	65
Relativitetsteorien og GPS-systemet	
<i>Øyvind Grøn</i> .....	69
Er fysikklereren en utdøende rase?	
<i>Rolf Vegar Olsen</i> .....	72
Fysikk i skolen .....	75
Rolf Vegar Olsen: "Et felles løft for realfagene" –	
Kunnskapsdepartementets strategi	
Christian Callin: Eksamens i 3FY 2006	
Hva skjer .....	79
Kaare Aksnes: Pluto på vikende front	
Carl Angell: Fysikkolympiaden 2006	
J.P. Hansen og A. Skjeltorp: Grunn Forskning	
Bokomtale .....	81
Len Fisher: How to Dunk a Doughnut: The Science of Everyday Life. Penguin, 2004.	
<i>Ole Martin Løvvik</i>	
Nye Doktorer .....	82
Dr.ing. Samsun B.B. Mohamad	
Trim i FFV .....	83
FFVT 3/06	
Løsning FFVT 1/06 og 2/06	
Nytt fra NFS .....	83
Nye medlemmer	

**Nr. 4:**

Fra Redaktørene .....	86
Nobelprisen i fysikk 2006	
<i>Øystein Elgarøy</i> .....	86
Fysikk i diagnostikk og behandling av kreft	
<i>Jan Folkvard Evensen</i> .....	89
Nettverk – Hvilke nettverk tilhører du?	
<i>Henning F. Hansen og Christian A. Andresen</i> ...	95
Hva skjer .....	99
Fred Sigernes og Dag A. Lorentzen: Nytt nordlysobservatorium på Svalbard	
Fysikk i skolen .....	101
Anders Isnes: Nye programfag i realfag	
Konferanser .....	102
Jan Otto Fossum: Wadahl-møtet 2006: Kondenserte fasers fysikk, med atomfysikk Tore Amundsen: Birkelandforelesningen 2006	
Kommentarer .....	104
Frode Vassenden: Relativitetsteorien og GPS Øyvind Grøn: Svar Henning Knutsen: Kvitt eller dobbelt	
Bokomtale .....	106
Inger Hylleraas Bø (red. John Midtdal): Gjetergutten som dro ut i verden. Eige forlag, 2006. <i>Hallstein Høgåsen</i>	
Nye Doktorer .....	108
Dr.scient. Ingelin Clausen Dr.ing. Live Eikenes Dr.scient. Erlend Randeberg Dr.scient. Håkon Sagberg PhD. Bjørn Hallvard Samset PhD. Atle Svandal Dr.scient. Lina Lutnes Uri PhD. Bjørn Thomas Vik	
Trim i FFV .....	112
Per Hauger: Kommentar til Cavoritt-problemet Anders Johnsson og Gunnar Stette: Svar	
Broene i Königsberg	
FFVT 4/06	
Løsning FFVT 3/06	
Nytt fra NFS .....	114
Åshild Fredriksen: Fysikermøtet 2007 Priser til utdeling på Fysikermøtet Nye medlemmer	

## Forfatterregister 2006

<i>Aksnes, Kaare:</i>	
Hva skjer: Pluto på vikende front .....	79
<i>Amundsen, Tore:</i>	
Konferanser: Birkelandforelesningen 2006 .....	103
<i>Angell, Carl og Ellen K. Henriksen:</i>	
Hva skjer: Fysikkolympiaden 2006 .....	50
<i>Angell, Carl:</i>	
Bokomtale: Reidun Renstrøm: Fysikkens historie – Fra naturfilosofi til kvanteteori.	
Høyskoleforlaget, 2006 .....	54
<i>Angell, Carl:</i>	
Hva skjer: Fysikkolympiaden 2006 .....	80
<i>Callin, Christian:</i>	
Fysikk i skolen: Eksamens i 3FY 2006 .....	77
<i>Elgarøy, Øystein:</i>	
Nobelprisen i fysikk 2006 .....	86
<i>Evensen, Jan Folkvord:</i>	
Fysikk i diagnostikk og behandling av kreft .....	89
<i>Fossum, Jan Otto:</i>	
Konferanser: Wadahl-møtet 2006:	
Kondenserte fasers fysikk, med atomfysikk .....	102
<i>Fredriksen, Åshild:</i>	
Nytt fra NFS: Fysikermøtet 2007 .....	114
<i>Gjønnes, Jon og Eivind Osnes:</i>	
In Memoriam: Nicolai Norman .....	63
<i>Grøn, Øyvind, Hallstein Høgåsen og Jon Magne Leinaas</i>	
FFV Gratulerer: Erik Eriksen 80 år .....	2
<i>Grøn, Øyvind:</i>	
Relativitetsteorien og GPS-systemet .....	69
<i>Grøn, Øyvind:</i>	
Kommentarer: Svar på kommentar .....	104
<i>Guttermoen, M., F. Ingebretsen, S. Messelt, E. Osnes og J. Rekstad:</i>	
In Memoriam: Trygve Holtebekk .....	30
<i>Hansen, Henning F. og Christian A. Andresen:</i>	
Nettverk – Hvilke nettverk tilhører du? .....	95
<i>Hansen, Jan Petter og Arne Skjeltorp:</i>	
Hva skjer: Grunn Forskning .....	81
<i>Hauger, Per:</i>	
Trim i FFV: Kommentar til Cavoritt-problemet .....	112
<i>Hemmer, P.C.:</i>	
FFV Gratulerer: Tekna-pris til Jo Smiseth og Eivind Smørgrav .....	5
<i>Hemmer, P.C.:</i>	
Hva skjer: Dobbel Onsager til Rodney Baxter .....	51
<i>Hoyer, Paul:</i>	
Hva skjer: NORDITA flyttar til Stockholm .....	48
<i>Hunderi, Ola:</i>	
Bokomtale: Alv Egeland og William J. Bruke: Kristian Birkeland – The First Space Scientist. Springer, 2005 .....	53
<i>Høgåsen, Hallstein:</i>	
Bokomtale: Inger Hylleraas Bø (red. John Midtdal): Gjetergutten som dro ut i verden. Eige forlag, 2006 .	106
<i>Ingebretsen, F.:</i>	
Bokomtale: Gaute T. Einevoll og Erik Newth (red.): Naturens kode. Gyldendal Akademisk .....	23
<i>Isnes, Anders:</i>	
Fysikk i skolen: Kunnskapsløftet – nye læreplaner i realfagene .....	46
<i>Isnes, Anders:</i>	
Fysikk i skolen: Nye programfag i realfag .....	101
<i>Johnsson, Anders og Gunnar Stette:</i>	
Trim i FFV: Et cavoritt-problem .....	27
<i>Johnsson, Anders og Gunnar Stette:</i>	
Trim i FFV: Drøfting av Et cavoritt-problem .....	55
<i>Johnsson, Anders og Gunnar Stette:</i>	
Trim i FFV: Svar på kommentar .....	112
<i>Kjeldseth-Moe, Olav:</i>	
In Memoriam: Per E. Maltby .....	31
<i>Knutsen, Henning:</i>	
Kommentar: Kvitt eller dobbelt .....	105
<i>Kristiansen, K.L., G. Helgesen og A.T. Skjeltorp:</i>	
Matematiske fletter og bibelske vers .....	65
<i>Lipniacka, Anna:</i>	
LHC, en lykt inn i mørk materie .....	6
<i>Lykknes, Annette:</i>	
Ellen Gleditsch – norsk pioner i radiokjemi .....	33
<i>Løvhøiden, Gunnar:</i>	
Har man funnet urstoffet i Brookhaven? .....	43
<i>Løvvik, Ole Martin:</i>	
Bokomtale: Len Fisher: How to Dunk a Doughnut: The Science of Everyday Life. Penguin, 2004 .....	81
<i>Noodt, Aud Veen:</i>	
Albert Einsteins stemme .....	39
<i>Olsen, Rolf Vegar:</i>	
Er fysikkæreren en utdøende rase? .....	72
<i>Olsen, Rolf Vegar:</i>	
Fysikk i skolen: "Et felles løft fot realfagene" – Kunnskapsdepartementets strategi .....	75
<i>Pedersen, Jens Olaf Pepke:</i>	
Bokkronikk: Helge Kragh mfl: Naturvidenskab i 1000 år Dansk Naturvidenskabs Historie, Bind I og II. Aarhus Universitetsforlag, 2005 .....	20
<i>Sigernes, Fred og Dag A. Lorentzen:</i>	
Hva skjer: Nytt nordlysobservatorium på Svalbard ..	99
<i>Sudbø, Asle:</i>	
FFV Gratulerer: Kristian Fossheim 70 år .....	3
<i>Vassenden, Frode:</i>	
Kommentar: Relativitetsteorien og GPS .....	104
<i>Vistnes, Arnt Inge:</i>	
Farlig kontakt mellom TV og MP3-spiller .....	12

# Thoriumkraftverk i Norge?

Egil Lillestøl \*

---

Mange eksperter mener nå at utviklingen av det globale energiforbruket vil føre til en mangel på energi som blir det største problemet verden vil stå overfor i dette århundret. Utvikling av en akseleratordrevet kjernereaktor i Norge basert på grunnstoffet thorium, vil kanskje kunne bli løsningen på verdens energibehov.

## Bakgrunn

De siste årene har det globale forbruket av energi økt med langt over 3 % pr. år. Om denne økningen fortsetter vil vi ved neste århundreskifte bruke mer enn 20 ganger så mye energi som nå. Dette er selvsagt urealistisk, men prognosene antyder en økning med en faktor mellom fire og seks i forhold til dagens forbruk, og da har ikke prognosene tatt høyde for den ekstra energien som blir nødvendig for CO<sub>2</sub>-rensing og produksjon av hydrogen, rent vann og mat. Forbruket av fossilt brennstoff fører nå til et årlig utslipp på 27 milliarder tonn CO<sub>2</sub>, og øker årlig med nesten en milliard tonn. For å forstå størrelsen på dette problemet er det nok å sammenligne med den planlagte CO<sub>2</sub>-deponeringen fra Mongstad/Kårstø, som kanskje kan komme opp i 2 millioner tonn pr. år om 10 år.

Det gjøres en hederlig innsats i mange land, deriblant Norge, for å utvikle ny teknologi i forbindelse med CO<sub>2</sub>-deponering. Men det må ikke glemmes at CO<sub>2</sub> deponering fører til dyrere energi og trenger store mengder ekstra energi som ikke vil gjøre energibehovet mindre. Det er derfor naturlig å tro at store land som Kina og India vil fortsette økningen av sitt energikonsum basert spesielt på kull uten CO<sub>2</sub>-deponering, med mindre man kan ta i bruk nye og billige energikilder. Derfor må arbeidet med CO<sub>2</sub>-deponering og utvikling av ny energi gå hånd i hånd.

Dette er bakgrunnen for at stadig flere land nå satser på fornying av eksisterende og bygging av

nye, uranbaserte kjernekraftverk. I USA har Energidepartementet sammen med Massachusetts Institute of Technology, foreslått bygging av 1000 nye kjernekraftverk. Dette vil gi flere tusen tonn avfallsplutonium i året uten at problemene med transport og lagring er løst, og som er nok plutonium til mer enn 10 000 atombomber pr. år. Om dette eksemplet følges i resten av verden samtidig som konfliktnivået øker, gir det liten grunn til optimisme med tanke på vår fremtid.

Det finnes imidlertid en alternativ teknologi til kjernekraft, der Norge kan spille en viktig rolle om det handles raskt, nemlig en akseleratordrevet reaktor med thorium som brenselressurs, kalt ADS. Før vi beskriver denne løsningen, vil vi ganske kort nevne muligheten for storskala bruk av solenergi.

## Direkte konvertering av solvarme

I ørkenområder nær ekvator vil et effektivt anlegg for direkte konvertering av solvarme til elektrisitet svare til et forbruk av ca. 30 cm olje på et tilsvarende areal pr. år. Dette betyr at om vi innkludere plass til infrastruktur, ville installasjoner med en total overflate litt større enn Norges kunne dekke hele det globale energibehovet i år 2100. Det er selvsagt urealistisk å tenke seg en slik utbygging, som ville representere over 10 000 mål nyanlegg pr. dag i resten av dette århundret; men eksemplet viser klart solenergiens potensiale. Likevel vil vi konkludere med at om vi umiddelbart starter en massiv ubygging av anlegg for solenergi og ny kjernekraft, vil verdens energibehov kunne dekkes mens vi venter på at fusjonsproblemets løses, kanskje en gang før utgangen av dette århundret.

## ADS og thorium

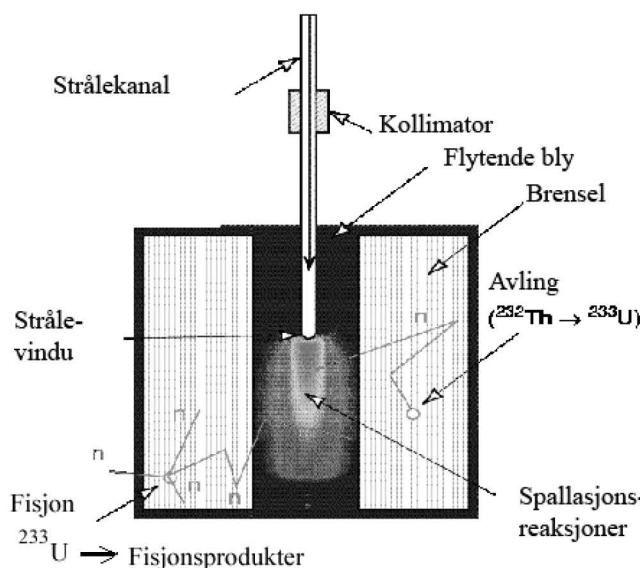
I begynnelsen på 1990-tallet foreslo Carlo Rubbia (Nobels fysikkpris 1984) en akseleratordrevet kjernereaktor basert på grunnstoffet thorium.

---

\*CERN/ Institutt for fysikk og teknologi, Universitetet i Bergen

Reaktoren, som han kalte en energiforsterker, drives av en protonakselerator der protonene først kommer inn i et formeringsområde (spallasjon), som i dette tilfellet er flytende bly, og der hvert proton produserer et stort antall nøytroner. Nøytronene går inn i reaktorkjernen der thorium forvandles til Uran(233), som så spaltes i den samme nøytronstrømmen. Dette er illustrert på figur 1.

Energiforsterkningen og beregningsverktøyet ble



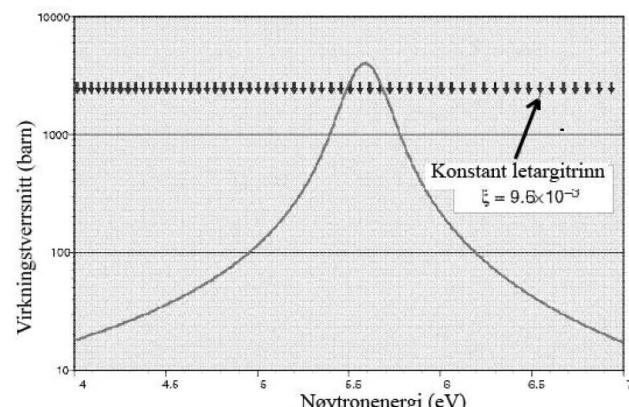
**Figur 1.** Figuren viser prinsippet for en thoriumreaktor. Protoner fra akseleratoren sendes inn i et spallasjonsområde med flytende bly. Der produserer de et større antall nøytroner som strømmer inn i et område med thorium og forvandler thorium til uran, som spaltes og produserer energi og flere nøytroner (fra Y. Kadi, CERN).

studert i detaljer i FEAT (the First Energy Amplifier Test) på CERN i 1993–1994. I dette eksperimentet, med deltagelse av 15 grupper fra 7 europeiske land, ble 3,6 tonn naturlig uran plassert i en av CERNs protonstråler, og energiforsterkningen ble målt som funksjon av protonenergien. Målingen stemte godt overens med beregningene, og det ble vist at energiforsterkningen vokser med protonenergien opp til 900 MeV, og flater deretter ut. I en fremtidig ADS vil man derfor velge en protonenergi på maksimum 1000 MeV.

Det var i utgangspunktet klart at en ADS også kunne brukes til destruksjon av avfallsplutonium med energievinst, og at den også kunne transmutere radioaktive fisjonsprodukter. Slik transmutasjon er mulig ved hjelp av nøytroner med energier som svarer nøyaktig til resonansenergiene for de radioaktive elementene.

I eksperimentet TARC (Transmutation by Adiabatic Resonance Crossing) på CERN (1997–1998), ble dette studert i samarbeid med de samme gruppene som for FEAT. I eksperimentet ble det gjort detaljstudier av nøytronfluksen i bly, videreutvikling og forbedring av simulerings- og beregningsverktøyet, og direkte testing av transmutering av radioaktive fisjonsprodukter, spesielt  $^{99}\text{Tc}$  og  $^{129}\text{I}$ , ved ”adiabatic resonance crossing”. I tillegg ble det vist at anlegget kunne brukes til produksjon av radiofarmasøytske stoffer.

$^{99}\text{Tc}$  og  $^{129}\text{I}$ , som representerer verstingene blant de langlivede radioaktive fisjonsproduktene, kan legges tilbake i reaktoren og forvandles til stabile elementer. Dette er mulig siden disse elementene har resonansabsorbsjon for nøytroner i 5–10 eV-området som overlapper fullstendig med det adiabatiske energispektret i nøytronstrømmen. Dette er vist for technetium i figur 2.



**Figur 2.** Virkningstverrsnittet for nøytronabsorbsjon i  $^{99}\text{Tc}$  er plottet sammen med logaritmen til nøytronenes midlere energi pr. kollisjon, kalt letargi. I dette området er energiforandringene  $< 0,01$  eV.

Figur 2 viser at en technetiumkjerner alltid vil bli truffet av nøytoner med energier innenfor resonansområdet, og som kan føre til transmutasjon ved reaksjonen:



$^{99}\text{Tc}$  har en halveringstid på  $2,1 \cdot 10^5$  år. Halveringstiden for  $^{100}\text{Tc}$  er 15,8 s, mens  $^{100}\text{Ru}$  er stabil.

Det er bare i en ADS-reaktor at de radioaktive fisjonsproduktene kan legges tilbake i reaktoren og forbrennes. Samtidig vil en ADS-reaktor basert på thorium praktisk talt ikke produsere plutonium, som utgjør mesteparten av det radioaktive avfallet

i en klassisk uranbasert reaktor. Dessuten kan thoriumreaktoren forbrenne avfallsplutonium sammen med thorium og få ut all energien i plutoniumet. På denne måten kan en ADS thoriumreaktor forbrenne alt plutoniumet fra fire uranreaktorer hver med samme energiproduksjon.

Det er hevdet at en ADS thoriumreaktor også kan brukes til produksjon av våpenmateriale. Det er riktig at det er uran(233) som gir energien i thoriumreaktoren, og at dette kan brukes til våpen. Men for det første produseres uran(233) sammen med uran(232), som er meget radioaktivt og avgir stor varme i form av alfapartikler. Dette gjør materialet bortimot uhåndterlig, og samtidig ville det trenges flere sykluser, eller minst 15-20 år, før man kunne ta ut nok materiale til en enkelt bombe. Dette står i sterkt kontrast til den enorme mengden våpenplutonium fra urankraftverk som til sammen produserer nok materiale til tusener atombomber hvert år.

## ADS og faren for nedsmelting

I en tradisjonell reaktor er det en kontinuerlig kjedereaksjon i reaktorkjernen som holder reaktoren igang. Reaktoren går så lenge hver fisjon fører til nøyaktig én ny fisjon. Forholdet mellom nye fisjoner fra én fisjon betegnes med faktoren  $k$ . For reaktoren er altså  $k = 1$ , og vi sier at reaktoren er kritisk. Om  $k < 1$ , stopper den opp, og for  $k > 1$ , får vi en bombelignende tilstand, eller nedsmelting. Mulighetene for å kontrollere at  $k$  er nøyaktig lik 1, henger sammen med såkalte forsinkete nøytroner.

I en uranfisjon kommer 99,3 % av nøytronene ut umiddelbart, mens 0,7 % kommer ut noen minutter senere. Det er dette tidsintervallet som gjør det mulig å kontrollere uranreaktoren. Om  $k$  skulle komme litt over 1, har man noen minutter til å justere reaktiviteten. Derved vil en slik reaktor operere med  $k = 0,993$  for de promte nøytronene. For andre fisjonsmaterialer, som plutonium, er mengden forsinkete nøytroner mindre. I IV generasjonsreaktorene, som er under utvikling, er planen å brenne opp avfallsplutoniumet. Dette er selvsagt meget bra, men prisen på betale er at disse reaktorene må operere mye nærmere det kritiske punktet.

I en ADS er  $k < 1$  ved design, og den vil operere med  $k \approx 0,98$ . Energiutbyttet er direkte proporsjonalt med intensiteten i protonstrålen, mens kritikaliteten ikke forandres selv om intensiteten i protonstrålen blir økt utover designverdien. Ved uehell eller sabotasje, kunne dette i verste fall føre

til en skade på reaktoren, mens en nedsmelting er umulig. Det er derfor full dekning for å hevde at en ADS er vesentlig sikrere enn en tradisjonell reaktortype.

## Energiutbytte

Bruk av thorium har også andre fordeler. Det finnes mellom tre og fire ganger mer thorium enn uran i jordskorpen. Dessuten utgjør fisjonerbart uran(235) bare 0,7 % av naturlig uran, der 99,3 % er uran(238), som ikke fisjonerer. I en ADS thoriumreaktor brukes alt thoriumet, og siden noe av uran(235) blir borte i en anrikingsprosess, vil thorium gi ca. 250 ganger så mye energi som samme mengde naturlig uran kan gi.

Tar man som utgangspunkt en reaktor som skal produsere 1 GW elektrisk effekt, vil man trenge en 1 GeV kontinuerlig protonakselerator med stråleeffekt på ca. 15 MW (eller 15 mA). Dette ville gi ca. 2,4 GW termisk energi, eller ca. 1,034 GW elektrisk, der 0,03 GW, eller 30 MW trengs til akseleatoren. Med dagens akseleratorteknologi vil 50 % av dette (15 MW) gå til partikkellstrålen.

Her bør det nevnes at det pr. idag ikke finnes protonakseleratorer med en så høy effekt. Hovedgrunnen til dette er at det ikke er behov for slike akseleratorer, men eksperter hevder at slike kan utvikles og bygges ved en direkte ekstrapolering av dagens teknologi. En 1 GWe reaktor vil i løpet av ett år (ca. 9 TWh) bruke ca. 0,7 tonn thorium. Det er interessant å sammenligne dette med et kullkraftverk som ville forbruke over 3 Mtonn for å gi samme energimengde.

Konverteringseffektiviteten fra termisk til elektrisk energi avhenger av temperaturen på kjølemediet (jf. Carnot), som i dette tilfellet vil være en blanding av bly og bismuth. Dette er uproblematisk opp til en temperatur på vel 500 °C, men over denne blir bly mer og mer korroderende. Det vil derfor være nødvendig med materialtekniske undersøkelser for å øke temperaturen i kjølemediet utover 550 °C.

## Hva må til før en ADS basert på thorium kan realiseres

Det er ennå et stykke vei frem til en slik reaktor kan kommersialiseres. Likevel er det gjort så mye utviklingsarbeid ved forskjellige laboratorier verden over, at det ville være mulig å bygge et pilotprosjekt

fra komponenter som allerede eksisterer. De viktigste komponentene kunne være en 250 MeV protonakselerator på 3 mA fra Sveits, en reaktorkjerne fra Russland, teknologi for thoriumutvinning fra India og teknologi for behandling av brukte thoriumbrensel fra USA.

Russland har allerede betydelig erfaring med blykjølte reaktorer fra sine alfa-ubåter, og to av disse reaktorene ble aldri brukt. Ingeniørstudier for sammensetting av komponentene kunne skje i Norge, og ingeniørstudier og design kunne utføres parallelt med bygging av infrastruktur og etablering av et internasjonalt samarbeidprosjekt der de internasjonale samarbeidspartnerne forventes å bidra med ekspertise, utstyr og penger.

Men for å starte opp et slikt prosjekt på norsk jord, trengs det politisk vilje, og ikke minst et politisk vedtak. Etter et politisk vedtak kunne et pilotprosjekt være realisert etter ca. 3 år. Pilotreaktoren, som har en kritikalitet  $k = 0,95$ , ville gi vel 11 MW termisk effekt og gjøre det mulig å gjennomføre en serie eksperimenter før man adderte en identisk akselerator, samtidig som man økte  $k$  til 0,975. Dette ville gi en termisk effekt på 45 MW. Et slikt anlegg ville gi grunnlag for neste steg, nemlig å erstatte de

to akseleratorene med én akselerator på 900 MeV og 6 mA, som uten å forandre kritikaliteten  $k$  ville gi 540 MW termisk effekt. Dette anlegget ville kunne brukes til detaljstudier for videreutvikling og til sertifisering med tanke på bygging av en kommersiell reaktor.

Fra et politisk vedtak blir gjort til byggestart for den første kommersielle reaktoren, vil det ta ca. 20 år. I dette tidsrommet kunne det ved massiv satsing på utdanning ved våre universiteter og høyskoler, og i tilknytning til pilotprosjektet, bygges opp en unik kompetanse samtidig som norsk industri ville stå i fronten med teknologiske løsninger som kunne eksporteres til store deler av verden. Dette ville være som et nytt oljeeventyr, men med en adskillig lengre tidshorisont enn for olje og gass.

## Referanser

1. [http://web.ift.uib.no/~lillestol/Energy\\_Web/Energy\\_and\\_Thorium.html](http://web.ift.uib.no/~lillestol/Energy_Web/Energy_and_Thorium.html)

∞

# Klimaforandringer og press på miljøet

*Ingolf Kanestrøm \**

Vi har lenge hørt at klimamodellene er så usikre og beregningene så sprikende at vi ikke kan ta trusselen om klimaforandringer alvorlig. Da kan det være på sin plass å minne om Mark Twains kjente ord: "Det er ikke de ting vi ikke forstår som gir oss trøbbel. Det er derimot de ting vi med sikkerhet mener å forstå, men som vi i virkeligheten ikke forstår, som gjør det." Det er riktig at vi ikke forstår alle prosesser i klimasystemet. Vi kommer heller aldri til å forstå alt helt ut. Men det begynner å tegne seg et faglig bilde som gir oss klare signaler om hva som vil skje om klimaproblemet ikke blir tatt på alvor. Jeg skal ikke gå i detal-

jer angående drivhuseffekten, men skissere noen konsekvenser av økt utslipp av drivhusgasser. Så skal jeg kort skissere noen andre miljøutfordringer som erosjon, tilgang på rent vann og heving av havnivået.

## Drivhuseffekten

De tre gassene nitrogen, oksygen og argon utgjør mer enn 99,9 % av det totale antall molekyler i atmosfæren.<sup>(1,2)</sup> Men disse molekylene bidrar ikke til drivhuseffekt da de nesten ikke absorberer stråling fra sola eller jorda. Drivhusgassene (i hovedsak vanndamp og karbondioksid, men også litt

\*Institutt for geofag, Universitetet i Oslo

metan og lystgass) som utgjør mindre enn 0,1 % av atmosfæren, gir en middeltemperatur ved bakken som er 32 °C høyere enn for en atmosfære uten drivhusgasser. Det kan vi se ved å sammenligne den globale temperaturen på jorda og den midlere temperaturen på månen som er -17,5 °C. Dette viser at drivhusgassene som utgjør en svært liten del av atmosfæren, har svært stor virkning. Det skyldes at drivhusgassene har en molekylstruktur som gir dem et dipolmoment som vekselvirker med strålingsfeltet i atmosfæren slik at de slipper gjennom det meste av den kortbølgede strålingen fra sola, men de absorberer store deler av varmestrålingen fra jordoverflata og atmosfæren, og hindrer denne strålingen i å slippe direkte ut i verdensrommet. Dermed forskyves varmebalansen, og temperaturen på jorda stiger. CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i atmosfæren har økt med ca. 36 % siden den industrielle revolusjon. Data fra iskjerner i Vostok, Antarktis, som viser CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen i atmosfæren over 400 000 år, forteller oss at økningen i CO<sub>2</sub>-konsentrasjonen de siste tiårene er uten sidestykke.

I 1988 samlet FN og Verdens meteorologiorganisasjon (WMO) 2500 klimaforskere fra alle land i et klimapanel (*Intergovernmental Panel on Climate Change*, IPCC). Panelet har levert tre hovedrapporter, i 1990, 1995 og 2001. En ny hovedrapport vil foreligge i 2007. Ifølge *Summary for policymakers 2007*<sup>(3)</sup> forventer man at den midlere globale temperaturen, som nå er 14,6 °C, vil stige mellom 1,1 og 6,4 °C innen år 2100. Beste estimat er 4,0 °C. I Europa vil temperaturen trolig stige noe mer.<sup>(4)</sup> (Den midlere globale temperaturen er definert som temperaturen målt i 2 meters høyde midt over hele jordoverflaten, både land og hav.) En vesentlig årsak til usikkerheten i forventet temperaturøkning er at man er usikker på hvor mye drivhusgasser man vil slippe ut. På grunn av oppvarmingen vil vannet i havene utvide seg. Dessuten vil isbreer smelte. Dette vil heve havnivået med mellom 18 og 79 cm.<sup>(3)</sup> Siden den industrielle revolusjon har den globale temperaturen steget med 0,74 °C (i Europa nær 1 °C), og havnivået har steget med ca. 20 cm. IPCC mener at dette for det meste kan tilskrives menneskelig aktivitet, dvs. utslipp av drivhusgasser.

## Temperaturstigning

Er en global temperaturstigning på 5–6 °C kritisk? Det er ikke lett å gi noe eksakt svar på dette. Men vi må huske på at vi lever i et samfunn der infra-

strukturen er tilpasset de rådende miljøforhold. På våre breddegrader må vi ha oppvarming om vinteren. Nærmore ekvator er dette ikke så aktuelt. Der er det viktigere at man har ventilasjons eller kjøleanlegg. Et eksempel kan illustrere mulige konsekvenser.

Sommeren 2003 var svært varm i Sentral- og Sør-Europa. EUs miljøbyrå regnet med at denne varmebølgjen krevde mellom tretti og førti tusen dødsfall. I juni 2005 konkluderte EUs statistiske byrå med at nesten 20 000 døde i Italia på grunn av varmebølgjen. Hetebølgjen rammet også transport og turisme. Kraftverk måtte redusere eller stoppe virksomheten på grunn av vannmangel, eller fordi vannet som skulle brukes til kjøling, ble for varmt. Selv industrier som vanligvis arbeider under høye temperaturer, fikk problemer med maskindeler som ikke tålte den vedvarende varmen. Naturligvis er det virksomheter som tjener på høyere temperatur, for eksempel iskremfabrikanter og produsenter av drikkevann og leskedrikker.

## Indirekte effekter

Når den globale middeltemperaturen stiger, vil våren komme tidligere og høsten senere. Kartlegging av vegetasjonen ved hjelp av satellitter viser at vekstsesongen er økt med ca. 4 uker i USA. Dette har flere effekter. Gress og småskog tørker tidligere enn før, og det kan føre til flere skog- og lyngbranner. Statistikk fra USA viser at antall store skogbranner har økt drastisk de senere årene. Dette representerer store tap av verdier, det er en trussel mot bosetningen, og det øker utslipp av drivhusgassen CO<sub>2</sub>. Også i det sydlige Europa har vi hatt mange kraftige branner de siste årene. I 1997 forårsaket torv- og skogbranner i Indonesia mellom 13 og 40 % av verdens utslipp av CO<sub>2</sub> fra fossilt brensel.

Et annet problem er at økt temperatur vil øke utbredelsen av tropiske sykdommer.<sup>(5)</sup> I mange tilfeller, som for malaria, skjer smitten ved parasitter som spres av vertsinsekter. Leveområdene for disse insektene er bestemt av temperaturen. Parasittene trenger en viss minstetemperatur for at de skal utvikle seg. Dette tilsier at arealer hvor tropiske sykdommer kan opptre, vil øke med temperaturen. At tropiske sykdommer representerer et stort problem, kan illustreres ved at det årlig dør mellom 1,5 og 1,7 millioner mennesker av malaria. Nærmore 400 millioner smittes av en tropisk sykdom årlig. Så kan man stille spørsmål om det er dobbelmoral at den norske regjering bruker store midler til vak-

sine mot slike sykdommer, når en samtidig øker utslippene av drivhusgasser som vil øke sykdomsomfanget. I Europa er det bare Luxembourg som slipper ut mer CO<sub>2</sub> per innbygger enn Norge.

Tropiske orkaner opptrer over havområder utenom området mellom 5 °S og 5 °N, og der havtemperaturen er høyere enn 27 °C. Antall orkaner varierer mye fra år til år.<sup>6)</sup> Det er derfor vanskelig å påvise om det er noen systematisk forandring i antall orkaner. Men det er påvist at andelen av sterke orkaner har økt. Likedan er det påvist at orkanenes ødeleggende kraft har økt med økende havtemperatur. Det er to faktorer som forårsaker de alvorligste ødeleggesene. Vinden genererer høye havbølger som slår innover land og volder store skader, slik det for eksempel skjedde i New Orleans i august 2005. Den andre faktoren er de enorme nedbørsmengdene som følger orkaner. De kan utløse svære jordras. Disse rasene vil ofte ramme den fattige befolkningen som bor i omegner av storbyer der det er uegnet for bebyggelse, for eksempel i bratte skråninger.

## Erosjon

Vind og havbølger tar årlig med seg store mengder jord. I tørre områder der jorda blir for hardt belastet, f.eks. med overbeiting, vil det være lite som binder jordsmonnet. I tørre perioder vil vinden blåse bort jordsmonnet på overflaten. Mindre kjent er det at havbølgene tærer på kystene.<sup>(7)</sup> I noen av Europas land forsvinner mellom en halv og to meter av kysten, i noen tilfeller opptil femten meter, hvert år. Kysterosjon er en del av en naturlig prosess, men klimaforandringene har gjort den til et akutt problem mange steder. Bygging av diker og veger synes bare å flytte problemet noe lenger bort langs samme kyst. Bare for England viser en rapport at de må forberede seg på å overlate 500 000 hektar land til havet, eller til å bli avrenningsarealer for flomvann.

## Økende vannmangel

Forbruket av vann er mange steder større enn tilførselen. Ofte skyldes det økt bruk av vanning i jordbruksområdene. Mest kjent er situasjonen for Aralsjøen. Sjøens areal er nå redusert til en fjerdedel. Men det er på langt nær det eneste eksemplet. Den største sjøen i Utah, Lake Powell, har tørket inn til halvparten av dens opprinnelige størrelse. Forbruket av vann til vanning bare øker. Rørbrønner bores med

teknikk inspirert av oljeindustrien, og har mange fordeler. De kan bygges raskt i liten skala med relativt lave kostnader. Derfor er de tatt i bruk verden over. I 2003 var det i India 21 millioner brønner, og det bores ca. en million nye hvert år. Rørbrønnene går mange steder hundrevis av meter ned under bakken for å nå grunnvannet. Energien som kreves for å pumpe opp vannet øker med dybden, og i India førstasaker denne energibruken stadige strømbrudd. Grunne kanaler som tidligere ble laget for tradisjonelle vanningsystemer, tørker ut, noe som øker ørkenspredningen. I Kina blir 40 % av kornet produsert med kunstig vanning. I 2004 varslet ekspertere at Kina snart ville bli avhengig av import av korn på grunn av vannmangel.

80 % av isbreene som finnes i tropene, er lokalisert i Peru. Under regntiden legger snøen seg som et teppe over isen, og den smelter i den tørre årstiden. Over lange tider har det vært tilnærmet balanse mellom snøfall og avsmelting, slik at isbreene har vært konstante. Forskerne har påvist at temperaturen har økt kraftig de tre siste tiårene. Dermed har smeltingen økt, og arealet av Perus isbreer på ca. 3 170 km<sup>2</sup>, er redusert med bortimot 25 %. Smeltevannet som kommer fra breene, brukes til å vanne jordstykker med hvete og poteter som ligger langs fjellsidene. Dessuten er det bygget flere vannkraftverk. Smeltevannet vil forsvinne med breene, og livsgrunnlaget for de som bor i fjelddalene vest for breområdet Cordillera Blanca, vil ødelegges. Dette kan skje i løpet av et par tiår.

## Økt havnivå

Dersom grønlandsisen skulle smelte, ville havnivået stige med ca. 7 m, og om isen i Antarktis skulle smelte, ville havet stige med ca. 70 m. Men dette vil ta svært lang tid. Fjellbreene vil derimot kunne smelte i løpet av noen tiår. Deres volum er blitt betydelig redusert de senere årene. Smeltevannet fra disse breene kan heve havnivået med ca. 30 cm. Det er dette smeltevannet sammen med varmeutvidelsen av havvannet, som i løpet av det første hundreåret kan heve havnivået med bortimot én meter. I tillegg vil landoverflaten synke mange steder når grunnvannet blir borte. For oss i Norge vil en hevelse av havnivået på én meter kanskje ikke virke så skremmende. Men for mange andre vil det representere en katastrofe.

Maldivene består av en rekke koralløyene som har om lag 150 000 innbyggere. Mange avøyene er svært lave, 3 m eller mindre, og de vil være sårbarer

for en heving av havnivået. Bangladesh er kjent fra massemediene, for spesielt mange ulykker og flommer forbundet med tropiske orkaner. Landet har en befolkning på omkring 120 millioner mennesker. Omkring 7 % av de beboede områdene med ca. 6 millioner mennesker, har en høyde på mindre enn én meter over havnivået. Omlag 30 millioner mennesker bor i områder som har en høyde på 3 m eller mindre over havet. I løpet av 100 år vil disse landområdene synke med ca. én meter på grunn av landbevegelser og tapping av grunnvannet. Dette illustrerer hvilke utfordringer landet kan møte.

Tuvalu er en av Stillehavets mange små øystater. Staten ble internasjonalt kjent som den første nasjonen som offisielt planlegger sin egen avvikling på grunn av global oppvarming. Hele staten ligger bare noen meter over havnivået, og saltvannet trenger inn i grunnvannet. I 2001 sendte staten appeller til New Zealand og Australia med bønn om hjelp til å planlegge avviklingen av staten og finne et nytt sted for bosetting. I 2006 kom statsministeren på Kiribati med en tilsvarende appell. Mindre øyer i øystatene Tuvalu, Kiribati og Bougainville er allerede borte. Men noen løsning er ikke funnet.

Nå viser det seg at øyboerne i Stillehavet deler skjebne med mennesker på den nordlige halvkule, nemlig folk langs kysten av Alaska. Der medfører smelting av permafrosten – som tidligere beskyttet stredene mot erosjon fra stormene – en tilsvarende situasjon. Landsbyen Shismaref har i flere hundre år ligget på en liten øy litt sør for polarsirkelen. Nå smuldrer standlinjen bort, og hus har falt i sjøen. En kraftig storm kan utslette hele byen, og befolkningen har ingen steder å flykte til på øya. Derfor ble det i 2002 besluttet at øya må forlates. Som konsekvens av miljøtrusler som foreligger, har små øystater gått sammen om å danne *Alliance of Small Island States* (AOSIS). Omlag 40 land er med i alliansen, deriblant Singapore, Kypros, Mauritius og Cuba. AOSIS fungerer primært som en lobby- og forhandlingspartner innenfor FN systemet.

## Miljøflyktninger

I noen av verdens tetteste beboede områder må millioner av mennesker forlate sine hjem da deres livsgrunnlag eller bosted er ødelagt uten at de har noe levelig alternativ. Men er de flyktninger? Innbyggerne i Shismaref er i noen sammenhenger blitt kalt flyktninger, og de er blant de første eksemplene på omplassering som skyldes global oppvarming. Men flyktninger er de egentlig ikke da staten er i stand til å ta ansvar for dem. Ifølge Genève-konvensjonene er

flyktninger de som er tvunget til å flykte på grunn av en velfundert frykt for forfølgelse, om den er religiøs, politisk eller ”annen”. Nå kan vi vel si at ”en velfundert frykt for å sulte i hjel eller drukne”, burde være en tvingende grunn til å flykte. Faren for å mistelivet ved drukning burde ikke anses som mer human enn faren for å miste livet ved tortur eller drap. Antall miljøflyktninger i verden er blitt anslått til ca. 25 millioner.

## Kan utviklingen snus?

Denne listen over mulige konsekvenser kunne gjøres mye lengre. Men den burde være tilstrekkelig til å vise at vi står overfor enorme utfordringer. Spørsmålet er om veksten i utslipp av drivhusgasser kan reduseres, eller stoppes. Helst burde utslippene reduseres betydelig. Klimasystemet er et svært tregt system. Beregninger viser at om vi stoppet veksten av utslippene i dag, vil det ta ca. 200 år før systemet kommer i en ny likevekt.<sup>(8)</sup>

Det ser nå ut til at politikere flest begynner å ta dette problemet på alvor. I den senere tid har de fokusert på hvordan man kan redusere utslippene av CO<sub>2</sub>. Industrien selv sier at det i mange tilfeller vil være økonomisk lønnsomt å redusere utslippene av drivhusgasser om det kunne gis stabile og forutsigbare økonomiske rammebetingelser. Det ser derfor ut til at vi kan øyne et lite lys i enden av en lang, mørk tunnel.

## Litteratur

1. Th. Henriksen og I. Kanestrøm: *Klima - Drivhuseffekt – Energi*. Gyldendal Akademisk (2002)
2. Ingolf Kanestrøm: *Drivhuseffekten – myte eller virkelighet?* Fra Fysikkens Verden, 62, Nr. 1, 10–14 (2000)
3. Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC: *Summary for Policymakers*, (2007)
4. European Environment Agency (EEA), Report August 2004
5. G.O.P. Obasi: *Weather, Climate and Health*. WMO Bulletin, 48, (1999)
6. R.A. Kerr: *Global Warming My Be Homing IN on Atlantic Hurricanes*. Science 313, 10. November 2006
7. Future Flooding, Office of Science and Technology, 2004: <http://foresight.gov.uk>
8. Ø. Holter, F. Ingebretsen og I. Kanestrøm: *Analytic CO<sub>2</sub> modell calculations and global temperature*. Eur. J. Phys. 20, 483-494 (1999)

## Fysikk i skolen

### Teknologi og forskningslære – et nytt pratefag?

Siste nummer av FFV (4/06) beskrev et nytt fag som skal inn i videregående skole allerede fra høsten 2007. Etter beskrivelsen å dømme ser dette ut til å bli enda et nytt og unyttig fag som elevene kan kaste bort tida med.

Problemet i dag er at for få elever lærer det som er grunnlaget for det meste av teknologien, nemlig de grunnleggende deler av fysikken. For eksempel har bare et mindretall av studentene på sivilingeniørstudiet på NTNU mer enn 2FY fra videregående. Jeg har sett gjennom en av de brukte lærebøkene i faget (ERGO 2FY) og ble forskrekket over det magre innholdet. Eksempelvis har e-læra bare med Ohms lov for likestrøm. Vekselstrøm og magnetisme er ikke nevnt. Mekanikken beskriver bare rettlinjet bevegelse. Rotasjon og sentrifugalkraft er heller ikke nevnt. Elementær elektrisitet, mekanikk og varmelære er jo selve grunnlaget for teknologien. På universitet og høgskoler er det i hovedsak lærerne i teknologifag som fører disse emnene videre, både i dybde og anwendelser. Fysikken i videregående er derfor egentlig et teknologifag, men dessverre altfor magert. Skal vi øke kompetansen til elevene i teknologi, må man heller oppmuntre, eller tvinge, flere til å fordype seg i fysikken. Tvangen kan bestå i at universitetene krever 3FY for opptak til real- og ingeniørfag.

Faget "Teknologi og forskningslære" vil i alle fall ikke gi noe bedre grunnlag for videre studier i teknologi. De delemnene som er listet opp, som "Den unge ingeniøren", "Teknologi, naturvitenskap og samfunn" passer heller som yrkesveiledning og ikke som eget skolefag. "Naturvitenskapelige arbeidsmetoder" lærer man bedre ved selv å lære naturvitenskap (fysikk og kjemi) enn ved å høre på en tilfeldig lærer prate om det. Videre, hva er vitsen med å bli belært om design og utvikling av elektroniske kretser når man vet lite og ingen ting om elektrisitet eller om mekanikken som inngår i produksjonsprosessene?

Faget 2FY inneholder allerede rikelig med sosioligisk og biografisk stoff, som ser ut til å være en del av pensum. I "gamle dager" sto det også en god del slikt stoff bak i boka, men da med liten skrift

og utenom pensum. Det ble ikke mindre lest av den grunn. Det var, og fortsatt burde være, naturlig at en god lærer frisker opp timene med ekstra anekdotisk stoff fra historie og anvendelser, uten at det går på bekostning av grunnlaget i faget.

Min gamle lærer på NTH, Reidar Svein Sigmond, brukte en gang begrepet "omskap" i et debattinnlegg: Elevene får ikke faglig kunnskap, men lærer "om" saker og ting. En betydelig del av 2FY ser ut til å handle om atomfysikk og kjernefysikk, inkludert en opprørsing av kvarker. Greit nok å lære litt "om" dette. Det som burde understreses er at man ikke kan lære seg kvantefysikk uten først å beherske de elementære, klassiske delene av fysikken, som samtidig også er grunnlaget for teknologien. Hva blir det neste: Skal det lille om Ohms lov kuttes ut til fordel av pratestoff om strengteori og ormehull?

For ordens skyld. Min bakgrunn er grunnutdanning og doktorgrad i fysikk, og forskning og undervisning i teknologi siden den gang. Undervisningserfaring fra videregående har jeg ikke, men resultatet ser vi når studentene kommer til universitetet.

*Einar Halmøy*

*Institutt for produktutvikling og materialer  
NTNU*

∞

## Bokomtaler

Norri S. Hetherington (red.): *Encyclopedia of Cosmology. Historical, Philosophical, and Scientific Foundations of Modern Cosmology*. Garland Publishing, 1993, ISBN 0-8240-7213-8 (686 sider) 35 \$ (brukt ≈20 \$).

### Enestående kulturhistorisk begivenhet

Den kjente hobbyjurist Sindre Piltingsrud som frister tilværelsen på Krokryggen Gamlehjem i Ringebu, fikk i oppdrag av den velrenomerte avisens Flåklypa Tidende å anmeldte *Store Nordiske Konversasjons Leksikon* som utkom i 26 bind i årene 1916–23. Oppdraget ble gitt 26. april 1923, og vurderingen kom på trykk i avisens nr. 12, 1968. Grundig arbeid borger for kvalitet, og resultatet viser en samvittighetsfull anmelder som nøye

har kontrollert alle verkets tvilsomme opplysninger. Det gjelder for eksempel påstanden om at en med sparkstøtting uten besvær og med lett last kan sparke seg fram sine 100 km pr. dag. Værelseskammeraten Myrullbraathen la ut på den slitsomme ferden fra hjemmet på Ringebu til Mosjøen for å etterprøve denne farten, men hadde ennå ikke ankommet bestemmelsesstedet da anmeldelsen gikk i trykken.

Herværende anmelder kan bekrefte at ting tar tid. Men sist sommer og høst var forskningsbiblioteket på Ullandhaug lukket og låst for helrenovasjon, så tilgangen på tvilsom lektyre var minimal. Dertil sørget et skrøpelig kne for at undertegnede var usikker til iherdige utskeielse med friske fraspark på glatt og nedslitt dansegolv. Derfor har en trøytt tida med å arbeide seg sakte og sikkert gjennom følgende trykksak: *Encyclopedia of Cosmology. Historical, Philosophical, and Scientific Foundations of Modern Cosmology*.

Verket er utgitt i 1993, så vurderingen kommer vel lovlig sent. Men jeg er nokså sikker på at mange av dem som leser herværende tidsskrift, også synes at kosmologi er spennende. Derfor vil jeg gjøre oppmerksom på denne mektige boka, når jeg nå endelig har rett til å uttale meg. Denne encyklopedi er kun på 686 sider, men jeg iler med å gjøre oppmerksom på at hver side inneholder minst dobbelt så mye stoff som det vi finner i de fleste bøker.

Noriss S. Hetherington er redaktør for verket, der hele 53 forskere med astronomi, fysikk og vitenskapshistorie som fagfelt, har gitt viktige bidrag. Her møter vi for eksempel den dyktige Helge Kragh som egentlig burde være velkjent for et skandinavisk publikum. Her treffer vi Hermann Bondi som nok gir mange nordmenn av min generasjon de rette assosiasjoner. Ralph A. Alpher og Robert Hermann burde fått sin del av nobelprisen, som nå er gitt to ganger for oppdagelsen av, og aspekter ved, den iskalde svarte radiostrålingen fra verdensrommet. Joseph Silk, Alexander Vilenkin og Alan H. Guth tilhører den aktive eliten som arbeider energisk der forskningsfronten nå befinner seg. Virginia Trimble har skrevet mange av de mest solide oversiktsartikler som finnes for ymse områder av astrofysikken.

En skulle kanskje tro at mye av denne kunnskapen er avlegs etter vel et tiår. For leren om verdensaltet som et hele er jo et særdeles aktuelt fagfelt der nye ideer stadig blir konfrontert med utrolig detaljerte og forfinede observasjoner. Men jeg vil påstå at det særlig er de mest bisarre fantasifostrene fra teoretikernes bord som er blitt

skrotet eller i hvert fall ikke har fått plass i dette spesialleksikonet. Jeg tror at en skal være glad for at det er den robuste kunnskapen som nok vil tåle tidens tann, som her presenteres. Mange er de populærvitenskapelige bøker og artikler som ønsker å opplyse en nyfiken allmue om hva forskerne nå sysler med. Da bør folk få vite hva som er spekulative, prøvende hypoteser og hva som er sikker viten, som nye ideer kan tuftes på. Uten slik kunnskap har menigmann ingen mulighet til å skille mellom vettige ideer og det rene vås.

Her kan en da skaffe seg rask, pålitelig og omfattende oversikt over de fleste emner innenfor kosmologien. Hos folkene ved Eufrat og Tigris, ved Nilen, i Kina og hos indianerfolkene i Amerika var observasjonene av den stabile og myldrende stjernehimmelen en vesentlig del av de forestillinger som lå til grunn for religion og skapelsesberetninger. I dette leksikonet lærer vi å kjenne de tanker de forskjellige greske filosofer og vitenskapsmenn gjorde seg om verdensaltet og dets oppbygging. Her finner vi de ideer som var dominerende hos de arabiske vismenn og hos kirkens mektige menn i middelalderen. Vi møter selvfølgelig den vitenskapelige revolusjonen som forandret verdensbildet, da mennesket ikke lenger nøyde seg med å spørre hvordan universet måtte være rent logisk, men tok til å spørre naturen selv om hvordan den fungerer.

Nivået som de forskjellige artiklene krever av leseren, er særdeles uensartet. De fleste historiske og filosofiske bidragene er så velskrevne at de vil være en nytelse for et bredt publikum. Men her finnes også essay i matematisk kosmologi, som krever god kunnskap fra fysikkens presise og kompakte matematiske språk om de skal kunne leses med utbytte. Kosmologien ble jo først en ordentlig vitenskap da Einstein kom med sin oppskrift for gravitasjonsvirkning, den generelle relativitetsteori. Da fikk forskerne det redskap de trengte for å kunne behandle verden som helhet på en konsistent måte.

Det jeg virkelig savner i dette verket, er en om-tale av det problemet jeg synes er mest mystisk. Vårt univers må nemlig ha vært mye mer velordnet da det ble født, enn det ville vært om start-betingelsene ble tilfeldig valgt blant alle muligheter.

Jeg synes heller ikke noe om at en ofrer hele ti sider på å fortelle om de unøyaktige målingene til den uheldige Adriaan Van Maanen. Riktig nok ble innholdet i verden av en ganske annen størrelse da disse målingene ble forkastet. Vårt eget Melkevegsystem av stjerner ble redusert fra å være den

ganske verden til å erkjennes som et ørlite fnugg blant alle milliarder av galakser.

Jeg har mange bøker i hyllene mine jeg godt kan unnvære og neppe ville savne om de forsvant. Det er så avgjort ikke tilfelle for denne solide boka. Dette oppslagsverket vil jeg vende tilbake til, konsultere og ha nytte av i all mi framtid. Det fortjener sin plass hos alle som vil ha skikkelig kunnskap i den mest omfattende av alle vitenskaper.

*Henning Knutsen*

∞

Graham Farmelo, editor: *It Must be Beautiful, Great Equations of Modern Science*. Granta Books, London, 2003, ISBN 1-86207-555-7 (284 sider, paperback) 138 kr.

For noen år siden kom jeg over en referanse til denne boken. Jeg syntes tittelen var så spennende at jeg skrev den ned – og glemte så det hele. Nylig fant jeg notatet igjen; jeg bestilte boken og leste den.

Boken viste seg å være en samling av 11 artikler av like mange forskjellige forfattere. I tillegg hadde den et etterord av Steven Weinberg og et forord av Graham Farmelo som har redigert samlingen og dessuten skrevet en av artiklene. De fleste av forfatterne er forskere, ellers er de journalister, som skriver om naturvitenskap, og vitenskapshistorikere.

Seks av artiklene henter likningene fra fysikken; det er grunnleggende likninger fra forrige århundre.

Graham Farmelo skriver om hvordan likningen  $E = hf$  ble til og ikke minst om hvordan tolkningen av likningen endret seg etter hvert. Du får interessante glimt av tiden og av de personene som var med på å legge grunnlaget for vår forståelse av likningen i dag.

Likningen  $E = mc^2$  er Peter Galisons tema. Han forteller mer om fysjonshistorien enn om selve relativitetsteorien, men vi får presentert et enkelt bevis for likningen av Einstein.

Roger Penrose tar for seg den generelle relativitetsteorien. Artikkelen er den lengste i boken og inneholder flere likninger og matematiske uttrykk. Forfatteren ber likevel leseren gjøre noe han selv ofte gjør, nemlig hoppe over likningene i første omgang for så å komme tilbake til dem senere for da er de ofte lettere å forstå.

De tre siste fysikkartiklene tar for seg utviklingen av kvanteteorien. Arthur Miller forteller historien bak Schrödingerlikningen og forteller også om det spente forholdet mellom Schrödinger og Heisenberg ut fra deres ulike syn på kvanteteorien. Frank Wilczek skriver om Diraclikningen i artikkelen han treffende har kalt "A piece of magic". Cristine Sutton tar for seg Yang–Millslikningen i artikkelen "Hidden symmetry".

Igor Aleksander skriver om Claude Shannon og hans likninger som ligger til grunn for moderne kommunikasjonsteori.

I de fire siste artiklene spiller likningene en litt annen rolle. De er ikke så grunnleggende som i de tidligere artiklene, men ikke desto mindre sentrale likninger i svært aktuelle problemstillinger. Oliver Morton skriver om Drakelikningen som handler om muligheten for kommunikasjon med intelligens andre steder i universet. Det er to artikler med biologi som tema. Robert May skriver om hvordan den logistiske avbildningen kan beskrive biologiske populasjoner og om hvordan kaos opptrer i denne sammenhengen. John Maynard Smith tar for seg hvordan spillteori kan være til hjelp når man skal forstå hvordan dyr oppfører seg i bestemte situasjoner. Aisling Irwin forteller om klorfluorkarbonene, CFC, og om de kjemiske likningene som ligger til grunn for ozonhullet.

Boken er lettlest og interessant, ikke minst fordi artiklene både forteller om de personene som bidro til at likningene kom i stand, og om hvordan likningene skal forstås. I noen av artiklene må nok leseren konsentrere seg, men da er det fordi emnet i seg selv krever det. Boken har fått svært god omtale i utlandet.

*Einar Wold  
einar.wold@c2i.net*

∞

Husk  
adresseforandring!

## Nye Doktorer

Trond Austrheim



Cand.scient. Trond Austrheim disputerte 20. oktober for PhD.-graden ved Universitetet i Bergen med avhandlingen: *Experimental Characterization of High-Pressure Natural Gas Scrubbers*.

Rå naturgass må behandles slik at den tilfredsstiller kravene til salgsgass. Denne behandlingen går ut på å manipulere trykk og temperatur slik at vann og tyngre gasskomponenter kondenserer og kan skilles fra gassen i såkalte skrubbere. Skrubbere med lav virkningsgrad forårsaker skade på annet utstyr og forringer kvaliteten på gassen. Slike problemer koster milliardbeløp i tapte inntekter hvert år. Dette arbeidet gir en grunnleggende beskrivelse av utfordringene som er knyttet til stadig mer kompakt utstyr for høye trykk og kan dermed bidra til å forhindre dårlig design.

Avhandlingen tar for seg grunnleggende forskjeller på å skille væske fra gass under høyt trykk i skrubbere. For første gang publiseres nå unike resultater fra Statoils laboratorierigger i Trondheim og på K-lab ved Kårstø. Målingene viser at separasjon av lettolje fra naturgass er mye mindre effektiv enn tilsvarende separasjon av vann fra luft. Videre viser resultatene at effektiviteten avtar med økende trykk. En ny analysemetode er derfor utviklet for å prediktere separasjonseffektiviteten for gass- væske-sykloner under varierende betingelser.

Arbeidet ble utført som en del av prosjektet "High Pressure Gas Separation", et samarbeid mellom UiB og NTNU, og var finansiert av 3 oljeselskaper, 3 leverandørselskaper og NFR. Professor Alex C. Hoffmann har vært veileder. Austrheim jobber nå ved Statoils forskningssenter i Trondheim.

Anette Lauen Borg



Cand.scient. Anette Lauen Borg forsvarte 10. november 2006 sin avhandling *A study of magnetic reconnection events observed by the Cluster satellites in the Earth's magnetotail* for graden PhD ved Universitetet i Oslo.

Solvinden, en evig strøm av partikler fra sola, trekker jordas magnetfelt ut i en lang hale på natt-siden. Hvis magnetfeltet blir dratt ut tilstrekkelig, kan feltlinjer av motsatt polaritet "smelte" sammen slik at den ytterste delen av halen "klippes" av. Partikler som blir trukket inn i sammensmeltingen aksellereres og sendes både vekk fra og mot jorda. Hvis partiklene får høy nok hastighet, kan de forårsake nordlys og sørlys i jordas atmosfære. Slik magnetisk sammensmelting kan også føre til forstyrrelser i atmosfæren og i magnetfeltet nær jorda.

Anette Lauen Borg har sett på fenomenet magnetisk sammensmelting ved hjelp av data fra ESAs Cluster- satellitter. Hun har belyst temaet både ved å studere enkeltilfeller og ved å sammenligne flere tilfeller av sammensmelting. I arbeidet er det inkludert en studie av samtidige observasjoner av magnetisk sammensmelting og sørlys. Studiet ble utført i samarbeid med Nikolai Østgaard (UiB), og viser at partikler som ble aksellerert av sammensmeltingen alene, ikke ble tilført nok energi til å forårsake sørlyset.

Arbeidet er utført ved Fysisk institutt, Universitetet i Oslo, med Jan Holtet og Arne Pedersen som veiledere. I tillegg kommer tett samarbeid med Marit Øieroset og Tai Phan ved University of California, Berkeley.

∞

**Rositsa Chankova**

Cand.scient. Rositsa Chankova forsvarer 23. juni 2006 sin avhandling *Statistical concepts applied in structure studies of warm nuclei* for graden dr.scient. ved Universitetet i Oslo.

Det er en gåte hvorledes supernovaer eksploderer. Asken fra disse enorme eksplosjonene ute i verdensrommet har blant annet vært opphav til vårt solsystem og alt liv på jorden. Studier av atomkjerner oppvarmet til flere milliarder grader kan bidra til å løse mysteriet. For å oppnå slike høye temperaturer har Chankova skutt heliumpartikler mot molybdenkjerner.

Før oppvarmingen finner sted ligner atomkjernene på en supraleddende væskefase. Under oppvarmingen viser undersøkelsene at kjernene omvandles til en gasslignende sky av protoner og nøytroner. Det mest overraskende er imidlertid nedkjølingsprosessen. Kjernen begynner å sende ut gammakvanter med langt lavere energi enn tidligere antatt. Intensiteten er 10–100 ganger større enn man til nå har trodd. Det finnes i dag ingen teoretiske forklaringer på dette fenomenet, men oppdagelsen kan være en viktig del i forståelsen av supernovaeksplosjoner.

Professor Magne Guttormsen har vært veileder.

∞

**Helge Hellevang**

Cand.scient. Helge Hellevang disputerte 30. juni 2006 for PhD-graden ved Universitetet i Bergen med avhandlingen: *Interactions between CO<sub>2</sub>, saline water and minerals during geological storage of CO<sub>2</sub>*.

Petroleumssindustrien slipper ut store mengder CO<sub>2</sub> til atmosfæren. En måte å redusere slike utslipp på er å pumpe CO<sub>2</sub> ned i havbunnen. Hellevang har beregnet reaksjoner mellom CO<sub>2</sub>, vann og mineraler ved slik lagring. Reaksjonene er avhengige av hverandre og varierer i tid fra minutter til tusenvis av år. Dette stiller store krav til eksperimenter og teoretisk modellering av kinetikken knyttet til reaksjonene. Det er utviklet et dataprogram, ACCRETE, som beregner de koblede reaksjonene. Disse beregningene er sammenlignet både med resultater fra andre program, med eksperimentelle data og med observasjoner fra naturlige CO<sub>2</sub>-akkumulasjoner. Dette viser at ACCRETE er i stand til å forutsi sentrale reaksjonsparametre.

Aktuelle reservoar for lagring av CO<sub>2</sub> utenfor Norge er preget av lite lettoppløselige karbonatmineraler. Simuleringer viser at på kort sikt (noen få år) spiller mineralreaksjonene en liten rolle sammenlignet med oppløsning av CO<sub>2</sub> i vann og fanging av gassen under tette leirlag. På lang sikt, og i reservoar med store mengder lettoppløselige mineraler, vil mineralreaksjoner derimot kunne spille en betydelig rolle for stabilisering av lagringen. Forståelse av CO<sub>2</sub>-mineralreaksjoner er viktig for å kunne plukke ut egnede reservoar for sikker lagring av CO<sub>2</sub> over lange tidsrom.

Arbeidet ble finansiert av Norges forskningsråd og Hydro. Professor Bjørn Kvamme ved Institutt for fysikk og teknologi, var veileder. Hellevang er nå post doc. ved Institutt for geovitenskap, UiB.

∞

## Sølve Selstø



Cand.scient. Sølve Selstø disputerte 29. september for PhD.-graden ved Universitetet i Bergen med avhandlingen: *Contributions to the Theory of Atoms and Molecules in Strong Electromagnetic Fields*.

Vi tenkjer oss ofte at lys er elektromagnetiske felt i rørsle. Med slike felt er vi i stand til å endre og manipulere elektrona og atomkjernene som materialet er bygd opp av. Ein er no i stand til å lage svært intense laserpulsar som varer ekstremt kort tid, ned mot få titals attosekund ( $10^{-18}$  s). Dette gjer det mogeleg å manipulere atom og molekyl på måtar ein ikkje har vore i stand til tidlegare, og såleis forstå meir om korleis materie og lys vekselverkar. Denne nye teknologien kan tenkjast å få konsekvensar innan ei rekke felt som involverar prosessar på nanoskala eller mikroskala.

I avhandlinga vert ioniseringsprosessar av atom og molekyl i intense, korte laserpulsar studert teoretisk. Både analytiske og numeriske kvantemekaniske metodar er nytta for å skildre desse systema. Spesifikt har ein funne at orienteringa av det elektriskefeltet i høve til det atomære/molekylære systemet er avgjerande for om systemet vert ionisert eller ikkje. Vidare har ein funne at for sterke felt er også det magnetiskefeltet viktig.

Selstø har også arbeidt med manipulering av kvanteprikkar, som er små halvleiarstrukturar som på mange måtar kan sjåast på som to-dimensjonale, kunstige atom. Slike nano-strukturar kan nyttast mellom anna til medisinsk diagnostisering og handaming av kvante-informasjon.

Doktorgradsarbeidet har vore utført ved Institutt for fysikk og teknologi, UiB, og har vore finansiert av Noregs forskingsråd og UiB. Professor Jan Petter Hansen har vore rettleiar.

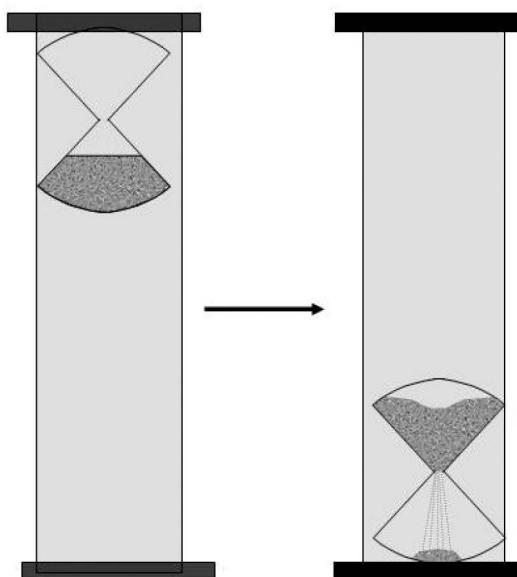
∞

## Trim i FFV

### FFVT 1/07

#### Timeglass i vannsyylinder

En sylinder av glass inneholder vann, og er forseglet i begge ender. Et timeglass med sand i det nederste kammeret flyter i vannet øverst oppe i sylinderen. Timeglasset er så stort at det ikke har plass til å snu rundt inne i sylinderen (se figuren).



Når sylinderen snus rundt vil timeglasset havne på sylinderens bunn, og sanden begynner å renne ned i timeglassets nedre halvdel. Timeglasset liggere lenge på bunnen, for eksempel fem minutter. Da begynner det å stige, og stiger opp til toppen av sylinderen. Der ligger det stille mens resten av sanden renner ned i det nederste kammeret i timeglasset. Hva er fysikken bak dette fenomenet?

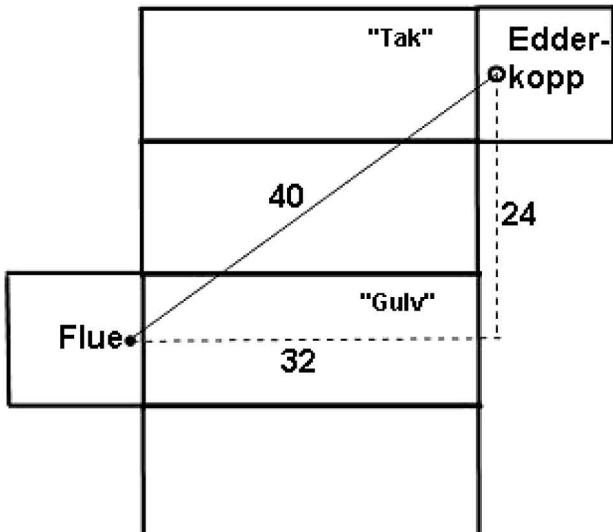
### Løsning FFVT 4/06

#### Edderkoppen og flua

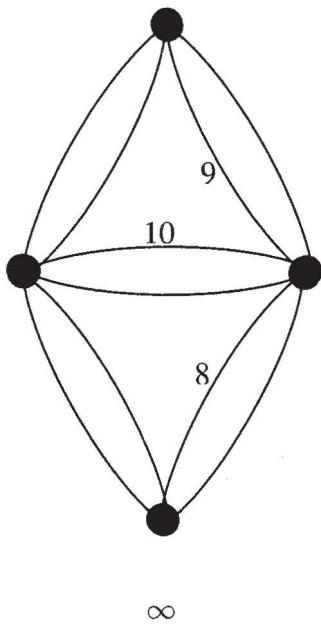
Problemet var å finne korteste vei en edderkopp som satt på den ene endeveggen i et skrin, måtte gå for å nå ei flue som satt på den andre endeveggen.

Korteste veien finnes enklest ved å folde ut skrinet på en slik måte at en rett linje kan tegnes fra start til mål, som figuren viser. Pythagoras gir oss veilengden 40 cm. Fem av skrinets seks vegger er altså involvert i edderkoppens korteste vandring.

Denne løsningen ble også funnet av Litian Wang, Høgskolen i Østfold.

**Julenøtt: Broene i Königsberg**

Litian Wang, har også løst dette problemet som figuren viser. Vi takker for hans bidrag.



**God påske!**

---

## Nytt fra NFS

---

### Fysikermøtet 2007

Vi har gleden av å invitere FFVs leser til Fysikermøtet som i år holdes i Tromsø, på Rica Ishavshotell, onsdag 8. – fredag 10. august. Som det framgår av 'rammeplanen' nedenfor, åpner møtet onsdag kl. 13.00, og slutter kl. 15.00 på fredag. Inviterte foredrag vil blant annet omhandle den siste utviklingen innen romfysikk og fusjonsenergi. Nærmere detaljer i det faglige og sosiale programmet med inviterte foredragsholdere, blir lagt ut så snart de er klare på web-sidene til Fysikermøtet: <http://uit.no/fysikk/Fysikermote07/>

Registrering kan gjøres på web-siden fra 1. april. Vi henstiller på det sterkeste til alle om å registrere seg til møtet før **21. mai** for å oppnå den rimeligste registreringsavgiften på 1600 kr. Etter 21. mai blir avgiften satt opp til 2000 kr, og vi vil ikke lenger kunne garantere hotellplass til gunstig pris på 945 kr pr. pers. pr. døgn i enkeltrom og 750 kr pr. pers. pr. døgn i dobbeltrom. Det vil også i år være halv pris (800 kr) på registreringsavgiften for studenter og pensjonister. I avgiften inngår lunsj og pausebevertning alle tre dagene, samt festmiddag og blåtur med middag.

Studenter kan søke Norsk Fysisk Selskap direkte om stipend til reise og opphold ved Fysikermøtet. Søknadsskjema finnes på følgende internettadresse: <http://www.norskfysikk.no/nfs/aktuelt/fysikermote/> Søknadsfristen er 21. mai. Stipendene tildeles primært hovedfags- og masterstudenter.

Vi arbeider også med å reise midler slik at lærere skal kunne søke arrangøren om reisestipend. Etter hvert som vi har mer konkrete opplysninger, vil disse bli lagt ut på web-sidene. Følg med!

Vi har lagt inn bestilling til Værvarslinga på nydelig sensommervær i Tromsø.

For arrangementskomiteen

Åshild Fredriksen

[ashild@phys.uit.no](mailto:ashild@phys.uit.no)

(kontaktperson)

Liv Larsen

[liv.larsen@phys.uit.no](mailto:liv.larsen@phys.uit.no)

(kontaktperson og sekretær)

Institutt for fysikk og teknologi, UiT

## Rammeprogram for Fysikermøtet

**Onsdag 8. august**

**0900** Registrering

**1200** Lunsj

**1300** Åpning m/musikk

**1330** Plenumsforedrag I  
(tema, invitert, 45 min)

**1415** Plenumsforedrag II  
(tema, invitert, 45 min)

**1500** Kaffe

**1515** Parallelsesjoner I og II

**1715** Slutt

Blåtur

**Torsdag 9. august**

**0900** Plenumsforedrag III

(tema, invitert, 45 min)  
Kaffe

Plenumsforedrag IV  
(tema, invitert, 45 min)

**1200** Lunsj

**1330** Parallelsesjoner III og IV

**1530** Kaffe

**1545** Parallelsesjoner III og IV

**1745** Slutt

**1900** Middag

**Fredag 10. august**

**0900** Prisutdeling og prisforedrag

**1030** Kaffe

**1045** Parallelsesjoner V og VI

**1200** Lunsj

**1330** Årsmøte

**1500** Avslutning

∞

## Priser til utdeling på Fysikermøtet

### Norsk Hydros Birkelandpris i fysikk

Norsk Hydro ASA vil i 2007 gi 25 000 kr til en fagpris i fysikk som skal deles ut av Norsk Fysisk Selskap.

Prisen gis for fremragende norsk forskning innen fagområdet fysikk. Det vil bli lagt hovedvekt på at arbeidet skal være av høy faglig kvalitet. Prisen bør normalt ikke deles av mer enn to personer.

### Simrad Optronics pris i elektro-optikk

Simrad Optronics A/S vil i 2007 gi 15 000 kr til en fagpris i elektro-optikk.

Prisen kan gis til én eller flere norske forskere som har sitt arbeidssted i tilknytning til norske institusjoner. Prisen gis for forskningsarbeid av høy faglig kvalitet innenfor elektro-optikk eller innenfor et fagområde der elektro-optiske metoder er anvendt. Både grunnleggende og anvendt forskning kan tilgodeses. Arbeidet bør være av nyere dato, fortrinnsvis innenfor de fem siste år.

### Norsk Fysisk Selskaps Undervisningspris

Norsk Fysisk Selskap, med støtte fra Aschehoug, Cappelens Forlag, NKI-forlaget, Norsk Undervisningsforbund og Statoil, vil i 2007 dele ut Norsk Fysisk Selskaps Undervisningspris på 15 000 kr.

Prisen deles ut til én eller flere som gjennom sitt arbeid har gitt et konkret bidrag til utvikling av fysikkundervisningen i skolen (grunnskole og videregående skole). Formålet med prisen er å styrke fysikkundervisningen og belønne en innsats av høy faglig kvalitet. Innsatsen må kunne dokumenteres i form av artikler, rapporter, bøker eller andre læreremidler. Arbeid som fører til en pris bør helst være av nyere dato (gjerne innenfor de siste 5 år).

For mer informasjon om prisene, se Internett <http://www.norskfysikk.no/nfs/priser/>

Vi oppfordrer våre medlemmer til å sende inn begrunnede forslag til kandidater til Norsk Fysisk Selskap, Institutt for fysikk, Høgskoleringen 5, 7491 Trondheim, innen 15. april 2007.

∞

## Nye medlemmer 2. februar 2007

Jørgen Akselvoll

Sars gate 70, 0564 Oslo

Yngvill Linnea Andalsvik

Kongsvingergt. 1a, 0464 Oslo

Grete Kvamme Ersland

Bøneslia 61, 5155 Bergen

Unni Fuskeland

Borger Withs gate 31, 0482 Oslo

Borge Løvstad

Ekornveien 19. 1430 Ås

Thomas Chr. Philibert

Lysaker Brygge 2, 1366 Lysaker

Yvonne Rinne

Vøyensvingen 18, 0458 Oslo

∞

## Retningslinjer for forfattere

Fra Fysikkens Verden utgis av Norsk Fysisk Selskap og sendes til alle medlemmer. Disse er vanligvis utdannet fra universiteter og høgskoler med fysikk i sine fagkretser. Men andre kan også abonnere på bladet, og blant disse er elever og bibliotekar ved videregående skoler. Bladet gis ut fire ganger i året, i mars, juni, oktober og desember. Tidsfristene for stoff er hhv. 1. februar, 1. mai, 1. september og 1. november. Opplaget er f.t. 1900.

FORMÅLET MED FFV er å gi informasjon til alle med interesse for fysikk, og tidsskriftet ønsker å bygge bro mellom forskere, fysikklærere, studenter og andre interesserte. Ikke minst ønsker FFV å være til hjelp for elever og lærere i videregående skoler og andre undervisningsinstitusjoner. Dette krever at artikler og annet stoff er skrevet på en lett og forståelig måte på norsk uten unødig bruk av spesielle faguttrykk og matematikk. Faguttrykk som må brukes må defineres, og matematikken bør være forståelig for vanlige fysikkstudenter. En mindre eksakt verbal form er oftest å foretrekke, men det må brukes standard begreper og enheter. Husk at artiklene i FFV primært skal gi oversikt og informasjon til dem som er utenfor det aktuelle fagfeltet. Artikler som bare kan leses med utbytte av en snerver faggruppe, har ingen plass i bladet. Alt stoff blir vurdert redaksjonelt, og redasjonen forbeholder seg rett til å foreta mindre endringer.

MANUSKRIPTER leveres fortrinnsvis på diskett eller som e-post, med papirutskrift i tillegg. Diskettene må merkes med hvilket operativsystem/tekstbehandlingsprogram som er brukt. Manus kan også leveres maskinskrevet med dobbelt linjeavstand.

ARTIKLER bør ikke være lengre enn 6 sider med trykt tekst. Større avsnitt i teksten bør markeres med undertitler. Referanser kreves ikke, men det er ønskelig med en liste over lett tilgjengelig tilleggststoff.

SMÅSTYKKER: bokmåaler, skolestoff, møtereferater, nekrologer etc. mottas gjerne, men de bør ikke være lengre enn 1–2 sider.

DOKTOROMTALER trykkes gjerne, men bør begrenses til ca 0,5 sider inkludert bilde.

ILLUSTRASJONER er en svært viktig del av en artikkel. Legg derfor mye omtanke i figurene og bruk norsk teknologi. Figurene vil som regel bli trykket i svart/hvitt. Bare i helt spesielle tilfeller kan figurer trykkes i farger, av økonomiske grunner. Figurene bør helst være i omrent dobbelt format, og de må ikke være rastrerte. Alle figurer og bilder må merkes tydelig.

Det skal refereres til figurer og tabeller i teksten, og ønsket plassering bør markeres. Hvis forfatterne selv ikke har laget figurene, skal opprinnelsen oppgis. Forfatterne må selv innhente tillatelse til bruk av slike illustrasjoner. FORSIDEBILDER velges som regel i tilknytning til en artikkel. De må være teknisk gode og kan trykkes i farger. KORREKTUR: Forfatterne får tilsendt korrektur som må returneres snarest, og det må ikke gjøres unødige endringer i korrekturene.

## Norsk Fysisk Selskap

### STYRE

**President:**

**Professor Anne Borg**  
Institutt for fysikk, NTNU  
e-post: anne.borg@phys.ntnu.no

**Visepresident:**

**Professor Gunnar Løvhøiden**  
Fysisk institutt, UiO.  
e-post: gunnar.lovhoiden@fys.uio.no

**Styremedlemmer:**

**Forsker Gunnar Arisholm**  
Forsvarets forskningsinstitutt, Kjeller  
**Førsteaman. Øystein Elgarøy**  
Inst. for teoretisk astrofysikk, UiO.

**Forsker Ole Martin Løvvik**  
Senter for materialvitenskap og nanoteknologi, UiO.

**Førsteaman. Kjartan Olafsson**  
Inst. for fysikk og teknologi,UiB.

**Forsker Rolf V. Olsen**  
Inst. for lærerutd. og skoleutvikling, UiO.

**Professor Einar Sagstuen**  
Fysisk institutt, UiO.

**Professor Jon Samseth**  
Høgskolen i Akershus, Nordbyhagen.

**Selskapets sekretær:**

**Stip. Henning Frydenlund Hansen**  
Institutt for fysikk, NTNU,  
Høgskoleringen 5, 7491 Trondheim.  
Tlf.: 73 59 07 26, Fax.: 73 59 77 10  
e-post: henning.hansen@phys.ntnu.no  
Bankgiro: 7878.06.03258

## Fra Fysikkens Verden

**Redaktører:**

**Professor Øivin Holter**  
**Professor Finn Ingabretsen**  
Fysisk inst., Univ. Oslo.

**Redaksjonssekretær:**

**Overingeniør Karl Måseide**  
Fysisk inst., Univ. Oslo.

**Redaksjonskomité:**

**Førsteaman. Åshild Fredriksen**  
Inst. for fysikk, UiTø.

**Professor Per Osland**  
Inst. for fysikk og teknologi,UiB.

**Professor Per Chr. Hemmer**  
Inst. for fysikk, NTNU.

**Førstelektor Ellen K. Henriksen,**  
Fysisk inst., UiO.

**Ekspedisjonens adresse:**

Fra Fysikkens Verden  
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,  
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo.  
Tlf.: 22 85 64 28  
Fax.: 22 85 56 71 / 22 85 64 22  
E-post: oivin.holter@fys.uio.no  
E-post: finn.ingabretsen@fys.uio.no  
E-post: k.a.maseide@fys.uio.no  
Postgiro: 0532 1448307  
Bankgiro: 6094.05.40227

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