Fra Fysikkens Verden

Nr. 3 – 2002
64. årgang

Utgiver:
Norsk Fysisk Selskap

Redaktører:
Øivin Holter
Finn Ingebretsen

Redaksjonssekretær:
Karl Måseide

Innhold

Rolf V. Olsen:
Fysikk i skolen – utfordringer. 69
Stein Dankert Kolstø:
Hva er fysikk? 71
Bjørn Bjørneng:
Bør skolefysikken omorganiseres? 73
Gaute T. Einevoll:
Fysikkfaget i vårt århundre . . . 75
Kristian Fossheim:
Materialkunnskap i vgs 77
Asle Sudbø:
Matematikkens rolle i fysikken 78
Geir Arge:
Kvalitativ undervisning i fysikk 80
Odd Andresen:
IKT i fysikkundervisningen . . . 83
Svein Lie:
Læreplan og eksamen I 85
John Haugan:
Læreplan og eksamen II. 87
Per Morten Kind:
Forskning og nye læreplaner . . 89
Fra Redaktørene 66
FFV Gratulerer 66
Eberhart Jensen
Trygve Holtebekk
Anders Johnsson
In Memoriam 68
Ragnar Møllerud
Bokomtale 91
Nytt fra NFS. 93
Fysiker- / årsmøtet 2002
Nye medlemmer
Trim i FFV 93
Nye Doktorer 94
Dr.scient. Jørgen Hansen
Dr.ing. Anne Elise Steen Hansen
Dr.scient. Maaike M. Visser Taklo
Dr.scient. Walther Åsen

ISSN-0015-9247

Holografi som prosjektoppgave ved Dalen vgs
(foto K. T. Hetland)
(se artikler om fysikk i skolen)

Fra Redaktørene

Dette nummer av FFV er viet fysikken i den videregående skole, fagets innhold, dets rolle og posisjon. Dette er et viktig tema som opptar de fleste fysikere og som griper direkte inn i landets framtid som kunnskapsnasjon.

Det har vært hevdet at lærere i den videregående skole med fysikkbakgrunn er en verneverdig rase. Det svinnende antall realister med relevante hovedfag er i ferd med å bli et nasjonalt skoleproblem. Det er derfor oppmuntrende at vi har fått Norsk fysikklærerforening, som med stor iver og entusiasme arbeider for å etablere seg som en organisasjon med tyngde i den videre faglige og pedagogiske utviklingen i skolefaget.

Artiklene i dette nummeret av FFV representerer innspill fra enkeltpersoner initiert nettopp fra Fysikklærerforeningen. Hensikten med dette prisverdige initiativ er å få startet en framtidsrettet debatt om fysikkfagets plass innen undervisningssystemet. Vi vet at synspunktene rundt om er mangfoldige, og det er viktig at alle gode idéer og tanker kommer fram. Det legges opp til en debatt som vil bli oppsummert på foreningens landsmøte i 2003. FFV vil også gjerne være med som ett av de fora der debatten foregår.

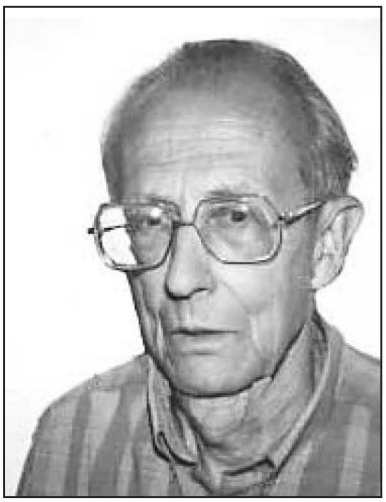
Det er en ukontroversiell påstand å hevde at fysikk er et viktig fag. Så vel fagets filosofiske som praktiske betydning har vært og vil alltid være stor. Men det er også et fag som i stor grad utfordrer elevers og studenters abstraksjonsevne og derfor blir ansett for å være et vanskelig og krevende fag. Slike fag har dårlige kår på alle nivåer i rike lands undervisningssystemer, og som ett av de rikeste, synes problemet i Norge å være ekstra stort.

Desverre oppmuntrer vårt skole- og utdanningssystem direkte til å unnvike vanskelige fag. Generell studiekompetanse gir alle mulighet til fritt å velge videre høyere utdanningsvei. Selv lukkede – og derved også populære – studier har i alt vesentlig formelle poengivende inntakskrav, uavhengig av hva som faktisk er relevant faglig ballast for videre studier. De aller fleste vil derfor – av taktiske grunner – velge bort de "vanskelige" realfagene. Det betyr at det også bør komme en utdanningspolitisk debatt, en debatt som kan utfordre den politisk styrte utviklingen vi nå begynner å se konsekvensene av.

∞

FFV Gratulerer

Eberhart Jensen 80 år



Professor Eberhart Jensen fylte 80 år den 22. juli i år. Han begynte sine studier i realfag ved Universitetet i Oslo i 1942, og etter å ha sittet i tysk fangenskap fra senhøstes 1943 til krigens slutt i 1945 kunne han fortsette studiene og han tok sin cand.real.-eksamen i 1949. Noen år senere, i 1953, tok han sin PhD-grad ved University of Chicago med professor S. Chandrasekar (senere nobelprisvinner) som veileder. Jensen ble universitetsstipendiat ved UiO i 1956, universitetslektor ved samme sted i 1959 og dosent i 1961. I 1965 ble han utnevnt til professor i astronomi ved Institutt for teoretisk astrofysikk, i stillingen etter Svein Rosseland. Han gikk av for aldersgrensen i 1992.

Professor Jensens forskningsvirksomhet er i hovedsak knyttet til teoretiske og eksperimentelle studier innen sol- og plasmafysikk. Mot slutten av 1950-årene var han sentral i oppbyggingen av en forskningsgruppe i plasmafysikk ved instituttet. Eberhart Jensens studier av magnetisk oppdrift regnes blant hans viktigste arbeider. Sammen med sin amerikanske kollega dr. Frank Q. Orrall, var han den første som påviste 3-minutters oscillasjoner i solens inhomogene kromosfære. Disse studier av solare oscillasjoner er blitt hyppig sitert og de bidro til utviklingen av et nytt, betydelig forskningsfelt i solfysikken. Fra de senere år er det grunn til å fremheve Jensens studier knyttet til dannelse av protuberanser og deres vekselvirk-

ning med solens kromosfære og korona. Eberhart Jensen har publisert omkring 50 vitenskapelige arbeider i internasjonale tidsskrifter. Han skrev læreboken "Solen. En innføring i moderne solfysikk" som er blitt benyttet i undervisningen ved instituttet såvel som ved andre skandinaviske universiteter.

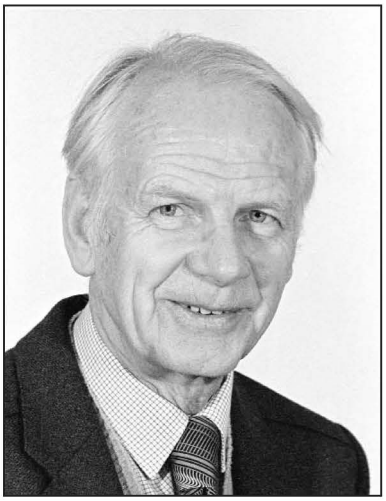
Professor Jensen var formann i Almanakkkomiteen og redaktør for "Almanakk for Norge" fra 1966 til 1993. Han ble medlem av Det Norske Videnskaps-Akademi i 1965.

Eberhart Jensen er en usedvanlig engasjert, iderik og stimulerende diskusjonspartner og medarbeider. Hans mange venner og kolleger i inn- og utland ønsker å hylle ham på hans 80-årsdag.

Oddbjørn Engvold

∞

Trygve Holtebekk 80 år



Nestor i norsk eksperimentell kjernefysikk, professor emeritus Trygve Holtebekk, fylte 80 år den 22. august. Han var en av professor Roald Tangens studenter som i etterkrigsårene var med på å bygge opp den eksperimentelle virksomheten i kjernefysikk i Oslo. Etter en lang karriere ved Fysisk institutt, Universitetet i Oslo, ble Holtebekk pensjonist i 1992.

Holtebekk har vært en pionér og foregangsmann på flere områder. Fra Fysikkens Verden vil i neste nummer gi et intervju med ham. I denne omgang vil vi derfor nøye oss med å si: *FFV gratulerer!*

∞

Linnéprisen til Anders Johnsson

Professor Anders Johnsson ved Institutt for fysikk, NTNU, har mottatt Roséns Linnépris i botanikk for 2001. Denne prisen tildeles av Kungliga Fysiografiska Sällskapet i Lund "for framstående forskning rörande växters rytmik, fotobiologi, vattenreglering och orientering i tyngdkraftfeltet". Prisen som er på 360 000 kroner, ble tildelt Anders Johnsson i Lund den 3. desember 2001.

Anders Johnsson tok sin doktorgrad ved Fysiska institusjonen i Lund i 1968. Allerede den gang arbeidet han med biofysiske problemer innen vekstfysiologi. Nå studerer han bl.a. hvorledes biologiske klokker styrer blomsterbladenes bevegelser og plantenes blomstringsprosesser. De biologiske klokkene har en periode på omkring ett døgn, og Anders Johnsson har vist at plantenes biologiske klokker kan stoppes og startes på nytt ved korte lyspulser. Interesse for hvorledes gravitasjonen påvirker vekstprosessene har ledet ham til å sette i gang og lede eksperimenter i Spacelab. Sammen med amerikanske forskere har han studert spiralformede vekstbevegelser hos planter på jorden og i vektløshet. Han har også vært ansvarlig for norske eksperimenter i Spacelab, der en bl.a. har studert hvordan røtter har orientert seg i vektløs tilstand.

I Anders Johnssons forskergruppe studeres også biofysiske problemer som har tilknytning til fotoreaksjoner i bakterier, organismers reaksjoner i elektriske og magnetiske felt, og biologiske klokker hos mennesker. – *FFV gratulerer!*

∞

In Memoriam

Ragnar Møllerud (1924–2002)

Ragnar Bahr Møllerud døydde brått 5. mai, litt under 78 år gamal. Med han er ein av pionerane innan norsk partikkelfysikk gått bort.

Møllerud starta studia sine i Oslo, men flytta så til Bergen og tok hovudfagseksamen der i 1956. Han hadde kjernefysikk som spesialitet og fekk etter eksamen ei stipendiatstilling ved Kjernefysisk laboratorium, betalt av NTNF. Der arbeidde han ved den nye betatronen.

Fysisk institutt i Bergen var under oppbygging, og i tillegg til arbeidet ved betatronen tok Møllerud på seg undervisningsoppgåver. Da det kom ei ny stilling ved instituttet i 1959, blei Møllerud den første universitetslektoren i fysikk ved Universitetet i Bergen.

Hausten 1960 og våren 1961 var han ein periode i Torino og arbeidde i ei gruppe der som dreiv med partikkelfysikk. Han kom heim til Bergen og organiserte her ei gruppe på fire fysikarar i dette fagfeltet. Via Torino-gruppa fekk han kontakt med andre utanlandske grupper. Slik utverka han at den nye Bergens-gruppa alt våren 1962 tok del i første eksperimentet sitt på CERN. Dette la grunnlaget for partikkelfysikken i Bergen, ein aktivitet som stadig lever i beste velgåande.

I 1965 drog Møllerud til CERN på eit lengre opphald, i utgangspunktet med permisjon frå stillinga si i Bergen, men han kom aldri tilbake hit. Etter CERN-opphaldet fekk han stilling ved Bohrs institutt i København, og der blei han verande resten av livet. Han var aktivt med i arbeidet i gruppa si like til det siste.

Gjennom eit skandinavisk samarbeid i partikkelfysikk kom Møllerud inn i eit samarbeid med Oslo-gruppa, og enda om det samarbeidet tok slutt etter ei tid, hadde han alltid nær kontakt med partikkelfysikarane i Oslo. Han hadde svært godt oversyn over kva som rørte seg på CERN og gav nyttig informasjon til det norske miljøet, særleg til Oslo-gruppa som han sto nærast fagleg. Også det teoretiske miljøet i landet hadde gagn av informasjonen frå Møllerud.

Det var ein bragd for ein fysikar med liten eller ingen bakgrunn i partikkelfysikk å skapa ei gruppe i dette fagfeltet og få henne med i forskingsfronten på så kort tid som det skjedde i Bergen først på 60-talet. Men Møllerud hadde eit veldig vinnande vesen og var ein framifrå forhandlar. Dessutan blei han raskt fagleg sterk innan dette nye feltet, og han blei kjend for å gi fenomenalt gode oppsummeringar på slutten av samarbeidsmøta.

Han var ein samarbeidsmann av høgste klasse. Ingen kunne som han jamne ut motsetningar og få slutt på kjekling på eit samarbeidsmøte. Og i eit sosialt samver var han alltid på topp, blid, pratsam, full av gode historier, med ei spesiell evne til å inkludere alle og få alle til å like seg.

Den tida han arbeidde i gruppa i partikkelfysikk i Bergen, var han den sjølvsagde leiaren, organiserte arbeidet og var verdsmannen som alle vi andre var imponerte over og dilta etter når vi var utanlands saman. Kven andre enn Møllerud kunne ha fått tre norske familiar til i snøver å køyre frå Genève til Torino på julegåvehandling berre fordi han ein gong hadde reklamert så intenst for byen?

Ragnar Møllerud er borte, vi, venene og elevane hans, sørgjer.

Kårmund Myklebost
og kollegaer i Bergen, Oslo og Trondheim

∞

Fysikk i skolen – utfordringer i framtida

Rolf V. Olsen *

I dette nummeret av FFV vil vi sette fokus på fysikkfaget i skolen med en rekke artikler med følgende titler:

- **Hva er fysikk?**
- **Bør skolefysikken omorganiseres?**
- **Fysikkfaget i vårt århundre**
- **Materialkunnskap i vgs**
- **Matematikkens rolle i fysikken**
- **Kvalitativ undervisning i fysikk**
- **IKT i fysikkundervisningen**
- **Læreplan og eksamen I og II**
- **Forskningens rolle ved utvikling av nye læreplaner**

Artiklene er skrevet av inviterte forfattere både fra skolen og fra universitetene, og de følges opp med spørsmål til refleksjon og diskusjon. Hensikten er å sette i gang en fruktbar debatt om disse temaene som er sentrale i skolefysikken, og vi håper at et konkret resultat skal bli en ny læreplan i år 2005.

Bakgrunn

Reform 94 (R94) er en av de mest gjennomgripende endringene i norsk utdanning. Det var en *strukturreform* hvor antall grunnkurs første året i den videregående skolen (vgs) ble kraftig redusert. Det var en *innholdsreform* som medførte at noen fag forsvant og ble erstattet av nye, samt at alle læreplaner ble revidert. I tillegg var det en *rettighetsreform* som medførte at alle norske 16-åringer fikk lovfestet rett til en tre-årig videregående utdanning.

Et særpreg ved denne store reformen av norsk videregående utdanning var tempoet den ble gjennomført i. Høringsfristene var svært knappe, og reformen ble derfor gjennomført uten at utkastet til læreplan i fysikk ble endret vesentlig. Norsk fysikklærerforening ble dannet i kjølvannet av denne prosessen. Man hadde erfart at i slike prosesser har man svært liten innflytelse på resultatet dersom hver og en snakker med en liten sped stemme. Men nå må det sies at det endelige utkastet til læreplanen i fysikk ikke medførte noen omveltning av faget. Hovedlinjene fra de foregående planene ble beholdt. Likevel viste prosessen at når politikerne bestemmer seg for å sette i gang arbeid med endring av læreplaner, så går prosessene så raskt at det er vanskelig å komme til med argumenter og motargumenter, noe kjemilærerne opplevde atskillig sterkere enn oss. I slike hastverkprosesser vil man lett fremstå som defensiv og lite konstruktiv.

Styret i Norsk fysikklærerforening satte derfor ned et utvalg som skulle iverksette nødvendige tiltak for å sikre at når læreplanene i fysikk skal revideres neste gang, så vil vi fysikklærere i større grad være beredt. Medlemmene i dette utvalget har vært Ellen Henriksen, Per Jerstad, Eimund Aamot, Per Morten Kind, Øyvind Gulldahl, Astrid Johansen og undertegnede som har fungert som leder. I tillegg har resten av styret i fysikklærerforeningen deltatt i arbeidet.

Et prosjekt i Storbritannia, *Shaping the Future*,[1] har vært en viktig inspirasjonskilde for oss i dette arbeidet. Dette er et storstilt prosjekt i regi av *Institute of Physics* (IoP) som er den britiske ekvivalenten til Norsk Fysisk Selskap. Dette prosjektet har bl.a. resultert i nye fysikkurs, *Advancing Physics*. Prosessen fram mot disse nye kursene var preget av at flere hundre lærere deltok aktivt på møter av ulike slag. Det var en prosess som beveget seg fra klasserommet og opp i læreplannivået. Dette er den rake motsetningen av prosessen med R94. Selv om vi er et lite land, og vår forening ikke disponerer slike midler som IoP avsatte til sitt arbeid med fysikkfaget i skolen, ønsker vi å arbeide ut fra de samme prinsippene. Vi bestemte oss raskt for at vårt mandat skulle være å få en skikkelig debatt, først lokalt/regionalt, og deretter en samlende nasjonal debatt på neste landskonferanse som vil bli en del av Fysikermøtet i august 2003.

*Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling, UiO.

Veien videre

Startskuddet for debatten "Fysikk i skolen år 2005" går altså nå med dette nummeret av FFV. Vi ønsker en debatt som er konkret og som ikke flyter ut i alle retninger. Vi valgte derfor noen hovedemner som vi mener er de sentrale. Disse blir presentert gjennom artikler fra spesielt inviterte forfattere. Vi har dessuten formulert noen diskusjonspunkter til innleggene. Det er vårt håp at disse skal gi retning til debatten. Hver enkelt region i fysikklæreforeningen vil få et spesielt ansvar for å gå i dybden på ett av emnene og presentere de viktigste momentene fra sin debatt på Landskonferansen i 2003. Ta derfor godt vare på dette bladet!

Dersom du ønsker å få et fysikkfag etter dine ønsker, må du henge deg på debatten! Vi vil også oppfordre deg som ikke er medlem til å melde deg inn i fysikklærerforeningen. Vi tror at vi i dag har godt over halvparten av alle fysikklærerne i landet som medlemmer. Dette er bra, men vi er likevel ikke helt fornøyd før den store majoriteten av fysikklærerne deltar i foreningens arbeid. Medlemskapet er billig og gir mange fordeler, ikke minst gir det en følelse av å høre til en større gruppe med et felles interessefelt. Innmelding kan skje via Internett: *http://www.norskfysikk.no/nfs/medlemskap010101.htm*

Etter gjennomlesning av bidragene og de tilhørende spørsmålene, vil sikkert noen savne tema som de mener hører hjemme i en slik debatt om fysikkfaget, og flere vil kanskje ønske å gi en kommentar eller en lengre refleksjon knyttet til disse emnene. Møtene som vil bli avholdt på regionsnivå kan være kanaler for slike kommentarer. Men vi vil også oppfordre leserne til å komme med refleksjoner direkte til oss i utvalget. Det finnes et debattforum på fysikklærerforeningens hjemmeside[2] hvor det kan sendes inn kommentarer knyttet til artiklene i dette nummeret. Disse kommentarene kan igjen bli gjenstand for reaksjoner fra andre. På denne måten håper vi å holde liv i debatten i lang tid framover.

Siden siste læreplan ble lansert, har vi fått ny viten om hvordan elevene og lærerne i skolen oppfatter fysikkfaget, og hvilke ønsker de har for faget. Vi tenker her spesielt på FUN-undersøkelsen (Fysikkutdanning i Norge).[3,4,5] Den mest samlende konklusjonen for denne relativt store undersøkelsen er at både lærere og elever er fornøyd med fysikkfaget slik det er i dag. Det kan derfor synes paradoksalt å sette i gang en prosess for å endre faget. Andelen som velger fysikk er også rimelig konstant. Det snakkes ofte høyt om en realfagskrise, men vi skal være klar over at dette ikke gjelder antallet elever i 2FY. Det er heller høyere studier som merker den sviktende interessen for fysikk. Noen av oss synes imidlertid at antall elever som velger fysikk i den videregående skolen, selv om det er på samme nivå som før, er for lavt. Spesielt mener vi at 2FY måtte være et kurs som burde oppfattes som relevant og viktig for de aller fleste av elevene i allmennfaglig studieretning.

Vi håper at de følgende artiklene skal gi grunnlag for refleksjoner slik at mange blir inspirert til å delta på de regionale møtene som vi vil invitere til. Vi håper selvsagt også at prosessen blir så spennende at de fleste fysikklærere melder seg som deltagere på landskonferansen sommeren 2003 for å fortsette debatten der.

Referanser

1. Internett: *http://post16.iop.org*
2. Internett: *http://fysikk.hfk.vgs.no*
3. Henriksen, E.K., C. Angell, og A. Isnes: *FUN – Fysikkutdanning i Norge.* Fra Fysikkens Verden nr. 4 (2000)
4. Guttersrud, Ø.: *Fysikkelever i videregående skole.* Fra Fysikkens Verden nr. 3 (2001)
5. Internett: *http://www.fys.uio.no/skolelab/fun*

∞

HUSK Å MELDE ADRESSEFORANDRING

Hva er fysikk?

Hvis vi spør en forsker hva fysikk er, vil han sannsynligvis begynne å fortelle om forskning. Hvis vi spør en samfunnsviter hva fysikk er, vil vi kanskje få en utlegning om fysikkens forhold til resten av samfunnet med henblikk på institusjonelle forhold som sentrale institusjoner, resursbehov, intstitusjonelle interesser og bærende normer. Hvis vi spør en fysikklærer hva fysikk er, vil vi gjerne få en historie om fysikkens sentrale lover og teorier. Jeg vil hevde at fysikk er alt dette og at de ulike perspektivene utfyller hverandre.

Studieretningsfaget fysikk inneholder sentrale og spennende teorier utviklet gjennom fysikkens lange historie. På tross av alle de fascinerende emnene som inngår, sitter jeg likevel med noen sterke savn. Ett av disse savnene er knyttet til fysikkfagets prioritering av begreper, lover og teorier som ble utviklet og etablert for lang tid siden. Jeg vil hevde at dagens fysikkfag i videregående skole kan betegnes som kurs i "historisk fysikk". Av sentrale emner som fortsatt er gjenstand for aktiv forskning, inngår kvarkteorien og standardmodellen. Kvarkteorien stammer fra 1960-tallet, og standardmodellen ble utviklet gjennom de første 10-årene etter 2. verdenskrig. Når det gjelder de andre emnene i studieretningsfaget fysikk, er eksempelvis bevegelseslikningene og Newtons lover hentet fra det 17. og 18. århundre, det som inngår av bølgefysikk og elektrisitetslære er fra det 18. og 19. århundre, og relativitetsteorien og kvantemekanikken er fra første halvdel av forrige århundre.

Jeg stiller meg derfor følgende spørsmål: Hva skal til for at elevene blir glad i dagens fysikk, den fysikk de skal velge om de vil bruke sitt yrkesaktive liv på, eller ikke? Hvor tenker vi elevene skal hente kunnskap om hva fysikk er i dagens samfunn? Hva driver fysikere med? Hvilke felt er det som det forskes på? Hvor forskes det? Hvordan går dagens fysikere fram for å utvikle fysikkens teorier videre?

Og i møte med både videre studier og naturvitenskapenes rolle i samfunnet: Hvor skal elevene utvikle kunnskap om hvordan forskningsresultater fra ulike institusjoner kan vurderes med hensyn til pålitelighet? Vil for eksempel Sellafields påstander om risikoer knyttet til technetium være like pålitelige som deres påstander om hvordan brukt uranbrensel kan "gjenvinnes"? Og er det slik at all fysikk er sann og udiskutabel, slik skolens fysikkpensum indikerer, eller er det slik at kunnskaper i fysikk er like tilfeldige og avhengige av personlige preferanser som allehånde meninger og påstander slik ekspertuenighet i media kan tyde på? Bør ikke elever som har hatt fysikk som studieretningsfag bli gitt anledning til å utvikle et mer nyansert begrep om fysikk enn som absolutt sann kunnskap eller som fysikeres situasjonsbestemte oppfatninger? Med bakgrunn i disse spørsmålene har jeg følgende ønsker for framtidens fysikkfag:

1. Vi trenger økt vektlegging av levende fysikk: den fysikk som fysikere bedriver i sitt daglige virke nå, i dette årtusen.
2. Vi trenger økt vektlegging av modellaspektet ved fysikken, for derigjennom å kunne gjøre elevene kjent med de kreative og menneskelige prosessene i fysikk, og for at de skal kunne utvikle andre syn på fysikken enn de ekstremene som er beskrevet ovenfor.

Felles for disse to perspektivene er fysikk som menneskeskapt og som aktivitet med det formål å utvikle ny innsikt i naturen. Innledningsvis antydet jeg tre ulike perspektiver på hva fysikk er ved å peke på at fysikk kan hevdes å være både *prosessen* med å framskaffe ny kunnskap, *institusjonene* hvor slik kunnskap utvikles og forvaltes, og *produktet* av prosessen: fysikkens begreper, lover og teorier.[1] I dagens læreplan er fysikk som institusjon fraværende. Bør den være det? Fysikk som prosess er i dag inkludert i fysikklæreplanene med et eget hovedmål. Men jeg vil hevde at dette målet representerer et snevert syn på fysikk som prosess. Nedenfor vil jeg antyde noen emner knyttet til fysikk som prosess som jeg mener bør inngå i læreplanen for å øke elevenes forståelse av fysikk som modeller.

Fysikk som prosess og institusjon

Hvordan utvikles ny kunnskap i fysikk, og hvilken status kan vi tillegge dette produktet med hensyn til pålitelighet? Det kan her være fruktbart å skille mellom prosesser knyttet til idéutvikling og eksperimenter (laboratoriedelen), og prosesser knyttet til et fagmiljøs vurdering av metoder og resultater (den offentlige delen).

Angående prosesser knyttet til *laboratoriedelen* er hypoteseutvikling, måling og måleusikkerhet inkludert i dagens læreplan. Men er det slik at all fysikkforskning som tester en hypotese metodisk gir ny og udiskutabel kunnskap? Nei, selvfølgelig ikke. Et sentralt element som kan tydeliggjøre

resultatenes konstruktivistiske karakter mangler i læreplanen, nemlig fortolkningsproblematikken. Forholdet mellom observasjoner og teori er komplekst. Teori, eller forskerens forhåndsideer styrer utvikling av hypoteser og testdesign og også den fortolkningen som gjør at visse observasjoner gis status som data mens andre forkastes. Videre vil teori styre tolkning av data. På den andre siden vil observasjoner kunne påvirke forståelse av teori og hypoteser. Dette samspillet mellom observasjoner og teori hvor forskernes vurderinger og kreativitet står sentralt, er lite tydelig i læreplanen.

Offentliggjøring av resultater og vurdering og kritikk av metoder og resultater i et fellesskap av kompetente likemenn, står sentralt i utvikling av ny kunnskap om naturen. Dette perspektivet, *den offentlige delen*, er lite synlig i dagens læreplan i fysikk. Her inngår *peer review*-systemet, publisering i tidsskrift og framlegging på konferanser, og diskusjoner i pauser og i nye artikler om emnet. Dette er de sosiale prosessene som leder fram til at noen resultater forkastes mens andre blir akseptert som ny kunnskap. I doktoravhandlingen til Erik Knain[2] ble norske lærebøker i naturfag kritisert for at framstillingen av naturfag som prosess var slik at målinger knyttet til enkelteksperiment var å regne som naturvitenskapelig kunnskap. En synliggjøring av naturvitnskapelig kunnskap som grunnlagt på enighet forskere imellom, basert på runder med kritikk og argumentering, kan her gi elevene et riktigere bilde av fysikk.

Det er ikke rom i denne korte artikkelen for å diskutere *fysikk som institusjon*. Jeg vil likevel bare antyde at fysikken utvikles og forvaltes av en rekke ulike institusjoner. Relevante stikkord er her universiteter, industri, det militære og forvaltningen. Alle disse institusjonene har sine normer, interesser, ressursbehov m.m. I dag er oppdragsforsking og forskning med kommersielle målsettinger, svært vanlig. Her er det ofte begrensninger knyttet til publisering. Gir dette like pålitelig kunnskap? Og hvilken "kontrakt" mellom fysikken og resten av samfunnet er det som gjør at store summer av fellesskapets penger (fremdeles?) brukes på forskning innen fysikk? Hvorfor er mange i dag opptatt av folks holdninger til fysikk? Utvikling av ny kunnskap med høy kvalitet kan også hevdes å forutsette ett sett normer det er enighet om.[3] Det har her vært hevdet at nøyaktighet, redelighet og åpenhet er slike sentrale normer. En vektlegging av fysikk som institusjon kan tydeliggjøre at fysikk er en verdipreget aktivitet på linje med andre menneskelige aktiviteter, og ikke bare et fag for asosiale logikere, slik mange elever synes å mene.[4]

Uten at det er plass til å gå inn på det her, vil jeg kort peke på at i tillegg til åpne forsøk kan *case*-basert undervisning representere en aktuell mulighet for læring knyttet til fysikk som prosess og institusjon. Ved å dukke ned i historiske og dagsaktuelle kontroverser knyttet til utvikling av ny kunnskap eller i sosio-vitenskapelige kontroverser, vil elevene kunne bli kjent med prosessene som leder til ny kunnskap.

Kanskje ligger det også noen muligheter i å inkludere dagsaktuelle emner i læreplanen som i større grad representerer fysikken i det 21. århundre, som for eksempel halvlederfysikk og faststoffysikk relatert til videreutvikling av datamaskiner? Her vil innsikt i institusjonelle aspekt, fysikk som prosess og fysikk som produkt, kunne arbeides med i et helhetlig fysikkfag for vårt årtusen.

Referanser

1. S. Sjøberg: *Naturfag som allmenndannelse.* Ad Notam Gyldendal, Oslo (1998)
2. E. Knain: *Naturfagets tause stemme.* Universitetet i Oslo (1999)
3. J.R. Ravetz: *Scientific knowledge and its social problems.* Transaction publishers, London (1996)
4. S. Sjøberg: *Naturfagenes didaktikk.* Gyldendal, Oslo (1990)

Stein Dankert Kolstø
Institutt for praktisk pedagogikk, UiB

∞

Diskusjonspunkter

1. I hvilken grad hører filosofi og vitenskapsteori med til skolefaget fysikk?
2. Hva ønsker vi å oppnå med å inkludere fysikkhistorie i undervisningen?
3. Historiske og filosofiske vinklinger på fysikk er allerede inkludert i læreplanen. Kolstø argumenterer for også å inkludere en sosiologisk dimensjon (*fysikk som institusjon*) i skolefaget. Hvilke fordeler og ulemper kan dette ha?

∞

Bør skolefysikken omorganiseres?

Dagens situasjon er alarmerende. Den norske fysikklærer representerer en utdøende rase. Fysikklærerne har lenge vært klar over dette. Vi møtes mange ganger i året på universitetenes fagligpedagogiske dager, på kurs og kongresser, og på forlagenes presentasjoner av læreverk. Alle kjenner alle, og gjennomsnittsalderen på disse samlingene øker med minst 0,9 år per år, så etterveksten er nesten ikke-eksisterende. En mulig fare er derfor at når disse lærerne etter hvert "diffunderer" ut av skolestua, så tar de samtidig med seg fysikkfaget slik vi kjenner det. Jeg ønsker derfor her å gi en beskrivelse og tilhørende analyse av fysikkens levekår i vårt skoleverk, og vil spesielt fokusere på overgangen mellom grunnskole og videregående skole.

Grunnleggende antagelser

Innledningsvis vil jeg presentere noen tanker om hva som bør skje med fysikkundervisningen i norsk skole i form av noen stikkordsmessige påstander:

1. *Det er ikke så viktig hva du lærer som at du lærer noe.*
   En ideell undervisningssituasjon er nysgjerrige elever som undrer seg, stiller spørsmål og sammen med læreren finner fram til en forklaring enten via forsøk eller på annen måte, og at dette resulterer i læring, og ikke minst i et ønske om å lære mer. På Solobservatoriet på Harestua fikk daglig leder Ole Peder Sveen besøk av ei jente som i løpet av ei utplasseringsuke, ville ha svar på 50 spørsmål. Hun fikk svar, men da hun reiste, sa hun: "Jeg har fått svar på 50 spørsmål, men nå har jeg 100 nye spørsmål. Det ser ut til å være slik at jo mer jeg vet, jo mer er det jeg lurer på." Ingen dårlig innsikt hos en ungdomsskoleelev på 15 år.
2. *Alle elever møter til undervisningen for å lære noe.*
   Da er det vår oppgave som lærere å sørge for at så skjer.
3. *En lærers viktigste kvalitet er at han kan sitt fag og har evne til å formidle det.*
   Det er stor forskjell på den autoritære lærer og den faglig dyktige lærer som skaper ro, orden og tillit, og dermed får den nødvendige autoritet til å fungere som lærer.
4. *Faglig innsikt er like viktig ved undervisning av små barn som av eldre elever, ikke minst i et fag som fysikk.*
5. *Mange av dagens problem i skolen har sammenheng med at mange elever opplever mangel på faglig stimulans og utfordringer.*
   Det er også viktig å sette inn ressurser på oppfølging av flinke elever i skolen. Det satses alt for mye ressurser på elever som ikke selv setter inn egne ressurser. Vi må bli mye flinkere til å stille krav til alle elevene, og dette gjelder ikke minst i fysikk og matematikk.
6. *Vi har fått en skippertakskole med et kontinuerlig karakterjag.*
   Mange elever er mer opptatt av karakterer enn av kunnskap og innsikt. Kortsiktig pugg til småprøver som skal danne grunnlag for karaktersetting tar "peppen" fra mange. Den daglige arbeidsinnsatsen fra elevenes side i fysikk etterlyses, og dermed også nødvendig faglig framdrift.
7. *Vi trenger egentlig ingen revolusjon med hensyn til fysikkundervisningen i skolen.*

Fysikk i grunnskolen

Emner fra fysikk er kommet med på alle klassetrinn fra 1. til og med 10. klasse ifølge Læreplanverk for den 10-årige grunnskolen (L97) (sidene 205–219). Jeg anbefaler alle fysikklærere å sette seg inn hva som står der, og jeg tror at flere vil bli overrasket. Det er fortsatt stor avstand mellom de ideelle mål fra L97 og de holdninger og kunnskaper i fysikk vi finner blant elevene når de begynner i videregående skole.

Et hovedproblem er den store variasjonen i elevenes fysikkundervisning. Noen har opplevd flotte prosjekt, kan utføre fysikkforsøk på egen hånd og kjeder seg når fysikk presenteres i videregående skoles naturfagtimer. Mange elever har, kanskje på grunn av lærernes manglende fysikkunnskaper og entusiasme, fått et inntrykk av at fysikk er et vanskelig hokuspokusfag for de få.

De nye lærebøkene inneholder mye fint fysikkstoff. Det er også mange dyktige lærere, men ikke mange nok. En må også sørge for at de som kan fysikk får ansvar for fysikkundervisningen, også for de yngste elevene. Jeg tror at elever opplever det som positivt å ha en "gjestelærer" i noen timer. For noen år siden hadde noen av mine elever i 2FY et prosjekt som gjestelærere i barneskolen med fysikkforsøk som hovedaktivitet. Dette var populært både

for 2FY-elevene og elevene i barneskolen.

Målene i L97 må følges opp. Ikke minst må vi være sikre på at alle elever opplever aktive fysikktimer hvor de også kan gjennomføre enkle forsøk. For å oppnå dette, er det viktig å legge til rette for en oppgradering av grunnskolelærernes fysikkunnskaper. Dette kan gjerne skje i samarbeid med en videregående skole i lokalmiljøet. Jeg ser for meg et naturfaglærerforum med lærere fra alle skoletrinn som

1. blir enige om en ramme av fysikkemner og hvordan L97 skal følges opp
2. kartlegger etterutdanningsbehov og sørger for at dette følges opp.

Her må det være mulig å bruke felles planleggingsressurser.

Fysikk i naturfag-grunnkurs i vgs

Elevene møter fysikk i 1. klasse som del av et 5/2-timers naturfagkurs (allmennfaglig/yrkesfaglig studieretning). Hva de får av fysikkundervisning er som i grunnskolen, svært avhengig av læreren. På yrkesfaglig studieretning har samme lærer alle timene, på allmennfaglig studieretning er det ofte to lærere som deler timene. Det hender at en av lærerne har solid fysikkutdanning.

Naturfagundervisningen og fysikkundervisningen må baseres på at elevene faktisk kan en del når de begynner. Derfor er det viktig at lærerne på videregående skole har god kjennskap til hva som læres i grunnskolen. Utgangspunktet må være at elevene opplever en fornuftig og planlagt overgang mellom skoleslagene.

Fysikkundervisningen i første klasse i videregående skole, både på yrkesfaglig og allmennfaglig studieretning, må legge vekt på eksperimenter. På yrkesfaglig studieretning bør en der det er naturlig, se koblingen til yrkesfagene. På allmennfaglig studieretning må vi ikke la være å undervise i et tema bare fordi det oppfattes som vanskelig.

Eksempel: Elever i første klasse på videregående skal ha en skikkelig diskusjon om energi, energibruk og energiformer, men vi skal ikke komme inn på noe som alle reflekterte ungdommer lurer på: Hva betyr enhetene joule, watt, newton, osv? Akselerasjon er bannlyst da det krever for mye matematikk. Men hvor kommer tallet 9,8 fra som er nøkkelen når vi skal finne tyngden til en masse på 1 kg? Dette krever at den som underviser fysikkdelen i naturfag kan fysikk. Som i grunnskolen, kan vi bruke hverandre som "gjestelærere".

Figur 1. Lærere i grunnskolen får etterutdanning i fysikk.

Vi må tørre å stille krav til elevene, de har ressursene dersom de vil. Bare se på hva mange unge musikere, skribenter, billedkunstnere, idrettsungdom og ungdomspolitikere, får til.

Fysikkursene 2FY og 3FY

I andre og tredje klasse på allmennfaglig studieretning kan elevene velge fysikk med linjefagene 2FY og 3FY. 3FY bygger på 2FY. Begge kursene har 5 uketimer. Elevene i 2FY kan trekkes ut til en lokalgitt muntlig eksamen, og elevene i 3FY til en sentralgitt skriftlig eksamen. Fysikkundervisningen ligger på et faglig høyt nivå, lærerne har alle en solid fysikkutdanning, men vi blir eldre og nærmer oss pensjonsalder, og etterveksten mangler. Fagene har dessuten gode læreverk med et stort tilfang av oppgaver og studiestoff. Et problem er at vi får sjelden nok tid til å bruke dette stoffet, og elevene er lite flinke til å bruke det i selvstudium. Det kan også nevnes at forlagene og skolelaboratoriene ved universitetene har flere gode etterutdanningskurs.

En hovedutfordring er også her at vi har stor spredning i elevenes bakgrunn når de starter opp, og pensumet er stort og krevende. Jeg tror vi med fordel kan redusere antall tema og heller sikre oss at elevene får tid til fordyping og forståelse. Jeg har kjennskap til fysikkundervisning i flere land, og det er interessant å konstatere hvor enige vi er når det gjelder den grunnleggende fysikkundervisningen som bør vektlegges, og at det kan være noe fritt hva en velger av emner fra nyere fysikk. Begge deler er viktig og må være med.

En annen åpenbar utfordring er at forholdene må legges til rette for ettervekst. Midler må være bedre lønn, styrking av fysikkfaget i lærerutdan-

ninga, og som en nødløsning engasjere pensjonerte fysikklærere til å fortsette (mot skikkelig betaling).

Oppsummering

Utgangspunktet for planlegging av all undervisning er å følge barnet fra det begynner i grunnskolen fram til videregående skole, og ta på alvor de vakre ordene som står i fagplanene og sørge for at elevene opplever det som meningsfylt å lære. Det betyr at vi må ha respekt for tidligere kunnskaper og bygge videre på dem.

Faget fysikk må ha en sentral plass i vår utdanning, ikke minst med tanke på den enorme betydning fysikere og deres arbeid har hatt for samfunnet gjennom alle tider. Dette må vi som er glad i fysikk bli flinkere til å formidle.

Jeg tror at når elever opplever et sammenhengende opplegg i fysikk vil det være mye lettere å holde på rekrutteringen til faget. Jeg etterlyser derfor ingen stor omorganisering av faget i vårt skolesystem. Jeg mener heller heller at vi trenger en omorganisering av hvordan lærere fra ulike skoleslag arbeider sammen for å følge elevenes utvikling i hele skoleløpet. Vi kan ikke akseptere at hva elevene skal få av oppfølging i forskjellige fag helt og holdent blir avhengig av de forskjellige lærere de møter i skolen.

Bjørn Bjørneng
Dokka videregående skole

∞

Diskusjonspunkter

1. Er det grunnskolens fysikkemner og fysikken i naturfagskurset første året i vgs, 1NA, som må endres heller enn fysikken i studieretningsfagene 2FY og 3FY?
2. Bør vi få nye fysikkurs med mer allmenndannende perspektiv etter svensk/dansk modell, eller fyller 2FY dette behovet i dag?
3. Bør vi få en mindre rigid læreplan slik at de ulike skoler og lærere i større grad kan lage sine egne varianter av fysikkfaget?

∞

Fysikkfaget i vårt århundre

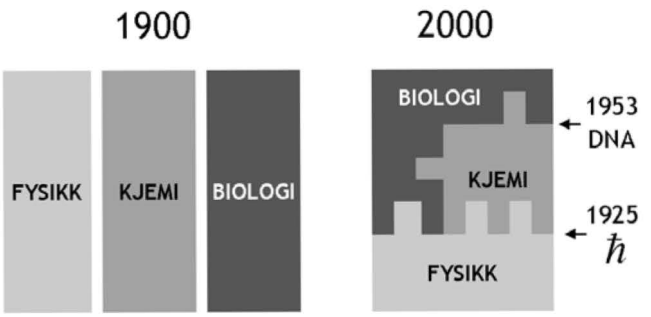
Det forrige århundret var preget av naturvitenskap, mest på godt, men også noe på vondt. I den første halvdelen av 1900-tallet var fysikken på hovedscenen, mens den i de siste 50 år fikk konkurranse, spesielt fra biologi. De grunnleggende naturlover som bestemmer alle naturlige prosesser på jorden, synes nå avdekket; hullene i vår forståelse av de grunnleggende naturlover synes å være begrenset til størrelser godt mindre enn en kjernepartikkel. Forskning som gjøres for eksempel ved CERN i Sveits, vil trolig øke forståelsen av fysikken for disse ørsmå dimensjoner i årene som kommer, men det synes lite sannsynlig at denne nye forståelsen vil rokke ved de fysikklovene som vi trenger for å beskrive prosesser på jorden.

Siden vi nå kjenner de grunnleggende "spilleregler" i naturen, er utfordringen i vårt århundre for de fleste fysikere (partikkelfysikerne er eneste unntak) å forstå hvordan disse spillereglene regulerer oppførselen til faste stoffer, væsker, gasser, kompliserte molekyler, celler, dyr, mennesker, økosystemer og landskap. Som en analogi til sjakkspillet kan vi si at vi nå har lært reglene for hvordan sjakkbrikkene kan flyttes. Men som sjakkspillere vet, er det et stort sprang fra å kunne sjakkreglene til å være en mesterspiller.

Dette poenget er det viktig å formidle til fysikkelever. Leser en "Illustrert Vitenskap", kan en få det feilaktige inntrykk av at det stadig vekk skjer store revolusjoner i fysikken som snur opp ned på det vi hittil har trodd (her spiller journalistikkens "lover" inn). I stedet bør vi formidle at vi nylig har gått gjennom en historisk unik periode hvor menneskeheten har avdekket de grunnleggende naturlover, trolig en gang for alle.

Fysikk i kjemi og biologi

For 100 år siden ble fysikk, kjemi og biologi regnet som separate fagfelt med egne lover. Men dette endret seg også i det forrige århundret. Utviklingen av kvantemekanikken i 1920-årene viste at kjemien ikke hviler på egne grunnsetninger, men at de observerte kjemiske lover følger ut fra fysikkens lover (hovedsakelig kvantemekanikk og elektromagnetisme). I 1953 ble strukturen til DNA-molekylet som er bæreren av arvestoffet i planter, dyr og mennesker, funnet, og biologien ble definitivt forankret i kjemien, og derved i fysikken (se figur 1).



Figur 1. Illustrasjon av forholdet mellom naturvitenskapene før og nå. Kjemien og fysikken ble koblet ved utviklingen av kvantemekanikken, mens avdekkingen av DNA-molekylet knyttet biologien ugjenkallelig til kjemien og derved til fysikken.

Det forrige århundrets sammensmelting av fysikk, kjemi og biologi til én naturvitenskap, synes ikke så langt å ha hatt særlige konsekvenser verken for organisering av universiteter eller for undervisning i videregående skoler. Kanskje det er på tide å gjøre noe med det?

For å ta forholdet mellom fysikk og biologi som et eksempel, har disse fagene tradisjonelt vært ulike både med hensyn til hvilke fenomener som studeres (levende vs. livløs natur) og hvilke metoder som benyttes (kvalitative vs. kvantitative). I dag benyttes kvantitative metoder fra fysikk og matematikk i økende grad i biologi. Min kollega, biologiprofessor Stig Omholt ved NLH, uttalte nylig i et foredrag at den nåværende generasjon biologer er den siste som kan greie seg uten formell utdannelse i matematikk. En interessant observasjon er at forskerne som i dag jobber innen "matematisk biologi" hovedsakelig har utdannelse innen fysikk eller matematikk og lærer seg biologi på et senere stadium. Det er sjelden at en ser forskere med bakgrunn fra ikke-kvantitative utdannelser som biologi eller medisin, lære seg fysikkens metoder i voksen alder. Dette gjenspeiler nok at det tross alt er raskere og lettere å lære *om* systemer (dyr, planter) enn å lære seg å bruke fysikkens og matematikkens kvantitative verktøy.

Fysikernes "verktøykasse"

Fysikernes virke i samfunnet i dag kjennetegnes mer av deres kvantitative "verktøykasse" og analytiske tenkemåte enn av systemene de studerer. Fysikere i næringslivet jobber i dag ikke bare med tekniske problemstillinger, men kanskje like mye med analyse av organisasjoner og økonomi. Den nylige invasjonen av fysikere i finansfirmaene i New York, eller i norske konsulentfirmaer, er eksempler på dette. Deler av næringslivet har oppdaget at fysikere gjennom sin utdannelse ofte har fått et bedre utgangspunkt for analyse av store datamengder og kompliserte systemer, enn økonomer har. Også i grunnforskningen har fysikken etter hvert fått et bredt virkefelt. I dag benyttes for eksempel fysikkens metoder til å adressere spørsmål innen biologi, samfunnsvitenskap og økonomi.

Med en definisjon av fysikk i retning av "forskning i naturvitenskap med tanke på utvikling av matematiske modeller", vil det være naturlig å inkludere emner fra biologi i fysikkpensum i 3. klasse i videregående skole. Selv om mange av de store spørsmål i biologi og biofysikk står ubesvart per i dag, skulle det ikke være vanskelig å finne aktuelle tema. Eksempler kan være:

- *virrevandring og diffusjon* som sentrale transportmekanismer i kroppen (f.eks. ioner gjennom cellemebraner og nevrotransmittere mellom nerveceller); hvorfor er cellene typisk 1 μm store?
- *størrelse og skalering*; hvorfor "stresser" det minste pattedyret (spissmusa) mye mer enn elefanten?
- hvorfor er eksistensen av liv forenlig med termodynamikkens 2. lov?
- hovedmekanismer i *eksiterbare celler* som nerveceller eller hjerteceller; den matematiske beskrivelsen av disse cellenes elektriske egenskaper er kanskje den største suksessen innen matematisk biologi.

Slike eksempler vil kunne være med på å illustrere at fysikkens lover ligger i bunnen av all naturvitenskap, og i en viss forstand for all annen vitenskap også. I tillegg vil de vise at fysikkens metoder har større anvendelsesområde enn det elevene i utgangpunktet kanskje tror. Noen vil kanskje argumentere for at enkelte av disse temaene hører hjemme i biologi- og ikke i fysikkursene på videregående. Fra et praktisk pedagogisk ståsted tror jeg imidlertid dette ikke er beste løsning: *metodene* og ikke *temaet*, bør bestemme fagtilhørigheten. For den saks skyld kunne en være fristet til å ta med eksempler på fysikktypemodellering fra økonomi eller samfunnsvitenskap også. Dette ville illustrere at få utdannelser gir en større fleksibilitet i yrkesvalg enn fysikk. Men dette er kanskje litt prematurt?

Gaute T. Einevoll
Fysikk, Norges landbrukshøgskole

∞

Materialkunnskap i vgs

Materialkunnskap som samfunnsbyggande fundament

Som det ofte har vore peika på, og med full rett, har materiala som menneska har hatt tilgang til, og kunnskapar om gjennom historia, vore definerande for både den kulturelle og den materielle standarden til ei kvar tid i mennesket sin tidsepoke på jorda. Først med reiskapar av bronse, og seinare av jarn, kunne menneskeslekta bryte ut av sin primitive eksistens i steinalderkulturar utan utsikt til eit rikare liv. I tråd med dette har tidsepokar fått namn etter det mest avanserte reiskapsmaterial som ein rådde over i kvar epoke. Materiala som basis for vår levestandard og livsstil, er seinare berre blitt ytterlegare aksentuert. Ingen kan vere i tvil om at vi nå lever i data- og kommunikasjonsalderen, basert i hovudsak på utnytting av halvleiande elektroniske material og lysleiande optiske fibrar. Denne utviklinga har i det 20. århundre i stor grad frigjort menneska, særleg i den vestlege verda, frå det tunge fysiske slitet. Maskinane har teke over muskelarbeidet, og datamaskinane er blitt eit supplement til vår hjerne. Datamaskinen er blitt allemannseige i vår kulturkrins. Men i tillegg er meir og meir intelligente maskinar på veg inn. Somme vil beklage deler av denne utviklinga, men den er der, og den går sin gang.

Gitt denne situasjonen er spørsmålet vi nå stiller, kva som måtte vere relevant materialkunnskap å formidle til elevar i den vidaregåande skulen i dag. Men sjølv om vi med rette brukar uttrykk som "dataalderen" om vår tid, er dette likevel ei veldig forenkling av situasjonen, så å seie toppen av isberget når det gjeld materialkunnskap som vi dreg nytte av, til og med i det daglege. Datateknologien er i hovudsak bygd på berre eitt einaste grunnstoff: silisium. Sjølv om bruken av dette materialet har fått slik dominerande plass dei siste ti-åra, gir ikkje dette det sanne perspektivet på faget. Då kan vi i staden ta for oss bilen som eit betre spegelbilete av vår tids materialbruk, og som eit karakteristikum for vår tid, på høgde med datamaskinen. Her utgjer datadelen berre ein bitte liten flik av den kunnskap som skal til for å framstille eit slikt komplisert produkt med den kvalitet vi krev i dag. Til den bilen vi alle brukar, går det med ei lang rekke heilt ulike materialtypar i heilt ulike utformingar og funksjonar. I kvart einaste tilfelle er valet av material viktig for funksjonalitet, levetid, pris og konkurranseevne for heile produktet. Og komponentar og delar er i stendig utvikling mot lettare og sterkare design, tilsynelatande motstridande krav. I dei fleste av desse tilfella er det snakk om mineralbaserte material som finst i naturen, men der forsking og forskingsbasert utvikling har raffinert naturens eigne produkt.

For 1000 år sidan var vikingane dei beste ingeniørar innan rask og effektiv transport av menneske, gods og dyr over lange avstandar. Deira kunnskapar var einestående innan både båtdesign og bruk av trematerialar. Ja, nettopp samspelet mellom material og design var det unike ved vikingskipa. Med denne kunnskapen kunne dei erobre verda, bokstaveleg tala. Slik er det og i vår tid. Den som er først ute med ny materialkunnskap, har eit uvurderleg føretrinn. Materialkunnskap står heilt sentralt i dei fleste nye produkt. I vikingskipet var naturen sitt eige produkt av organisk karakter, og er inntil nå ikkje mogleg å framstille på annan måte enn ved naturen sin eigen vekstprosess som er altfor komplisert til at vi meistrar den. Men i framtida skal ein ikkje sjå bort frå at det kan utviklast vekstprosessar som mimar naturens eigne. Slik utvikling er alt i gang på enkelte områder.

Materialkunnskap som skulefag

På denne basis må det vere openbert at materialkunnskap bør ha sitt naturlege rom i fysikkfaget i vidaregåande skule. Ein kvar menneskeleg aktivitet inneber utnytting av materialkunnskap. Opplæringa må reflektere dette, noko anna vil vere å framandgjere fysikkfaget frå mange av sine viktigaste teknologiske og samfunnsmessige samanhengar, både historisk, og i dagsaktuell meining.

Tenking omkring, og undervisning innan materialfag ved universiteta er nå i endring på fleire måtar: Det blir lagt vekt på eit vidare spekter av material, og funksjonalitet kjem meir i fokus. Til dømes ser vi nå ei interessant utvikling på det medisinske området i retning av biomaterial og biokompatible material. I somme samanhengar er dette alt veletablerte disiplinar, men med utsikter til viktige nye framsteg. Ei lang rekke høgt spesialiserte material er i dag i bruk i kirurgien, til dømes innan synskirurgi, i hoftekirurgi og hjartekirurgi. Vidare er nanovitskap og nanoteknologi (framstilling, studium og bruk av material på nanometerskala) områder der materialvitskapen er venta å gjere kolossale framsteg dei neste ti-åra. Undervis-

ninga i vidaregåande skule kunne alt i utgangspunktet ta opp i seg slike utviklingstrekk.

Materialfaget inneheld ei lang rekke fascinerande døme på grunnleggjande viktig fysikk, samstundes som det er eit fag der dei samfunnsmessige vyene og den teknologiske utviklinga ligg heilt oppe i dagen. I tillegg ser vi i dag frontane smelte mellom tidlegare heilt separate disiplinar, som materialfag, medisin og biofag. Både pedagogisk og samfunnsmessig skulle alt ligge til rette for materialkunnskap som eit viktig element i undervisninga i vidaregåande skule.

Kanskje kunne følgjande vere ei mogeleg tilnærming, nemleg å vise materialkunnskapens betydning ved nokre utvalde eksempel:

- Materialfysikken bak mobiltelefon og PC
- Materialbruk i moderne bilar
- Materialbruk i moderne medisin
- Materialbruk i energilagring
- Materialbruk i sensorteknikk og instrumentering

Nå vil andre hevde at det er viktigare å avgrense pensum enn å utvide det for at noko skal bli lært grundig og skikkeleg. Dette kan ha mykje for seg. Det vil ikkje nødvendigvis vere rett å gje materiallære eit så stort omfang som antyda ovanfor i kjernepensumet. Men det kunne gjerne lagast ei eiga bok om materiallære der ein kunne krevje eit par tema av den typen som er nemnde ovanfor som obligatorisk, etter elevens eige val, medan resten kunne reknast som orienterande. At tida er moden for ei vurdering av materialaspektet ved fysikken i vidaregåande skule, er eg i alle høve overtydd om.

Kristian Fossheim
Institutt for fysikk, NTNU

∞

Diskusjonspunkter

1. Er det mulig å inkludere nye emner i fysikkfaget uten at dette bare blir "orienteringsstoff"?
2. Bør vi i større grad inkludere fysiske modeller av biologiske systemer i fysikkfaget?
3. Bør vi i større grad legge vekt på teknologi og anvendelser i fysikkfaget?

∞

Matematikkens rolle i fysikken

I dette innlegget ønsker jeg å belyse matematikkens betydning i fysikken ved et par konkrete eksempler, men en bør alltid ha klart for seg at det er *eksperimentelle observasjoner* som i hovedsak har drevet utviklingen i fysikk. Teorien er som regel kommet på plass i etterkant av eksperimentelle observasjoner i de aller fleste viktige oppdagelser, ofte som ren syntetisering av observerte resultater. Dette gjelder Galileo og Newton sine observasjoner av gravitasjon hvorfra inverskvadratloven ble formulert, Ørsted og Faraday sine observasjoner av at elektrisk strøm og magnetisk felt er nært knyttet sammen hvorfra Maxwell sine ligninger ble formulert. Mer moderne varianter finnes hvor teoriene som er blitt utviklet i etterkant har en ingrediens som teorier må ha for å være teorier for noe som helst: prediktiv kraft. To eksempler er Heike Kammerlingh Onnes sin oppdagelse av superledning, og Størmer og Tsui sin oppdagelse av den fraksjonelle kvantehalleffekten. De to siste eksemplene er så kontraintuitive at hadde noen forutsagt disse fenomenene basert på et sett av allment aksepterte ligninger, ville de knapt ha blitt trodd. Einstein sin gravitasjonsteori ble derimot ikke utviklet for å forklare observasjoner og kom med falsifiserbare prediksjoner.

Kvalitative betraktninger er verdifulle når man skal forstå naturen; og dersom et resultat oppnås igjennom en matematisk analyse uten at det kan formuleres en "fornuftsbetraktning" rundt det, kan en si at forståelsen for resultatet mangler. Slike betraktninger bør imidlertid følge i *kjølvannet* av en så rigorøs analyse som mulig. Det å sette dem i høysetet fremfor matematisk analyse, blir som å sette kjerra foran hesten. Grunnen er enkel: Vi overvurderer i stor grad vår egen intuisjon om mer eller mindre kompliserte problemer.

Et eksempel: Faseoverganger

Når vi skal beskrive hvordan vann blir til is, eller hvordan en magnet mister sin magnetisme over en viss temperatur, kort sagt få en forståelse av *faseoverganger*, står vi overfor et problem som nesten overgår vår fatteevne. Hvordan kan et antall frihetsgrader av størrelsesorden avogadrotallet, finne på å organisere seg og opptre kollektivt i stedet for mer eller mindre individuelt? Problemet innbyr opplagt til statistiske metoder. Josiah Willard

Gibbs, professor ved Yale University i USA, la på slutten av 1800-tallet et fundament for dette, som går under navnet *statistisk mekanikk*, ved å knytte observerbare størrelser som bare avhenger av temperatur, volum, trykk, påtrykt magnetfelt etc, til samlingen av Newtons ligninger for alle partiklene i systemet på en presis måte. At en slik reduksjon overhodet er mulig, synes utrolig.

Det var imidlertid tvil til langt ut i det 20. århundre, om hvorvidt Gibbs sitt fundament virkelig var i stand til å beskrive en faseovergang. Problemet ble av praktisk talt alle regnet for å ligge utenfor rekkevidden av den menneskelige intelligens. Derfor kom det som et sjokk for fysikere og kjemikere da det amerikanske tidsskriftet *Physical Review* den 1. februar 1944 publiserte en artikkel (fra Yale University!) med nettopp et slikt bevis. Arbeidet tok fysikkverdenen med storm. Den psykologiske betydningen av noe slikt kan knapt overvurderes. Dersom noen våger seg til å se på artikkelen (Physical Review *65*, 117 (1944)), vil de fort bli overbevist om at det ligger betydelig matematisk virtuositet bak. Mannen som utførte bragden var nordmannen, og nobelprisvinneren i kjemi for 1968, Lars Onsager.

Onsagers eksakte løsning av den *todimensjonale Ising-modellen* er ett av de viktigste bidrag til fysikken i det 20. århundre, og uten tvil ett av de aller største mesterstykker. Den virkelige rekkevidden av denne enorme intellektuelle kraftanstrengelsen, forstod en ikke før på 1970-tallet, og selv i dag har onsagerløsningen betydning for vår forståelse av fysiske fenomener i helt andre sammenhenger. Det er vel ikke intuitivt opplagt for alle at frustrasjon i magnetsystemer i to dimensjoner er "det samme som" rekonstruksjon av krystalloverflater? *Det er den matematiske strukturen til problemet som gjør denne forståelsen mulig ved at den gir presise sammenhenger mellom tilsynelatende urelaterte problemer, selv før en løsning av problemet foreligger, det vil si før en "kvalitativ forklaring" av noe som helst foreligger.* I kjølvannet av en eksakt analyse fulgte kvalitativ innsikt i andre sammenhenger. Diskusjonen rundt betydningen av kritiske fluktuasjoner var forvirret og ubehjelpelig etter dagens målestokk, i første halvdel av det 20. århundre. Onsagerløsningen kastet øyeblikkelig et varig klarhetens lys over dette. Og resultatet var til dels (selvfølgelig) *det stikk motsatte av hva alle hadde forestilt seg!*

Matematikk og kultur

Noen vil kanskje innvende at det er vel og bra at fysikk-*forskere* må bruke matematikk for å oppnå innsikt, men det er vel unødvendig å skremme *elever* bort fra fysikkfaget i skolen ved å lesse det ned med matematikk? Men for det første er det *kulturdannende* å lære hvilken enorm betydning matematikken har hatt i naturvitenskapene. Dette bør ikke stikkes under en stol i Norge som har svært stolte tradisjoner i dette faget, og hvor det er blitt fostret kjemper som Niels Henrik Abel, Sofus Lie, Ludvik Sylow og Atle Selberg. I tillegg ville anvendelse av matematikk være med på å illustrere hva matematikken kan brukes til, og kanskje i større grad være med på å motivere elever til å se betydningen av dette faget. Den matematikken som tas i bruk i fysikken i skolen er allerede lært. Barrierene består ikke først og fremst i at matematikken er ukjent, men at *integreringen* og anvendelsen av matematikk i fysikk er problematisk. Dette bidrar til å lære elever opp til båstenkning: matematikk er matematikk, og fysikk er fysikk. Faktisk vil en klar matematisk fremstilling av enkle fysikkfenomener *med påfølgende kvalitative betraktninger*, bidra til å demystifisere enkelte ting, for eksempel i bevegelseslære. Det er ingen grunn til at elever som har lært å derivere en funksjon ikke skal kunne få med seg at hastighet er tidsderivert av en posisjon. Tvert imot vil det kanskje være med på å gjøre det klarere hva derivasjon egentlig er. I tillegg kan en aldri overvurdere betydningen av opplæring *i kunsten å abstrahere problemstillinger*, det er et absolutt allmenndannende aspekt som er verdifullt. En skal heller ikke overdrive "skremselsmaleriene" rundt ligninger i fysikken.

Det å underslå hvilken enorm betydning matematikken har hatt i fysikken, er også å ta noe vesentlig bort fra faget. Den verden vi lever i ville ha sett helt annerledes ut dersom det ikke hadde vært for matematikkens anvendelse i fysikken; og det å underslå dette når elever skal introduseres i faget, må være feil fra et pedagogisk synspunkt.

I tillegg kommer det faktum at en stadig større andel av elever i videregående skole går videre på universiteter og høgskoler. Mange av dem ender opp på ingeniørutdanninger hvor det kreves at de er i stand til å lære relativt fort å formulere konkrete problemstillinger matematisk, eller i det minste løse ferdig oppsatte matematiske formuleringer av et problem. Som foreleser i fysikk på NTNU, har jeg forelest for store kull ingeniørstudenter ved andre

fakulteter enn det jeg selv er ansatt på, flere ganger, og har sett resultatet av misforstått "faglig snillisme" i norsk skole. Nærmest alle studenter som ikke har hatt 3FY har fått det for seg at så fort de må regne en oppgave i fysikk, er dette "matematikk, og ikke fysikk". Kan dette være et resultat av vrangforestillinger de får podet i seg i skoleverket?

Norsk skoleverk preges av enkelte dogmer; ett av dem er at skolen skal være allmenndannende, ikke studieforberedende. Når man vet at flere og flere elever går videre på universiteter og høgskoler, minner dette om manglende realitetsorientering. Møtet med universitets-/høgskolevirkeligheten blir veldig brutalt for mange, men kunne vært unngått dersom de var blitt trenet i å *anvende* matematikk. Det er de i liten grad blitt, og det synes underlig i en tid hvor elever og lærere for øvrig synes å hylle "tverrfaglighet" som verdifullt. Bruk av matematikk i fysikken selv på naturfag grunnkurs og 2FY, burde tilstrebes, og er et utmerket eksempel på tverrfaglig virksomhet.

God faglig formidling forutsetter imidlertid uansett at man har lærere i naturfag som er kompetente og godt faglig skolerte, kanskje særlig på alderstrinnet 13–16 år. Det holder ikke å være "ungdomsarbeider", til det er naturfaget og fysikken altfor krevende. Og ingen nasjon, spesielt ikke Norge, har råd til å la være å ta den utfordringen som dette faget stiller, på alvor.

Asle Sudbø
Institutt for fysikk, NTNU

∞

STUDÉR
FYSIKK!

Kvalitativ undervisning i fysikk

Kan jeg ta fysikk?

I grunnkurset i naturfag (1. klasse i vgs.) pleier elevene ved vår skole (Nesbru vgs.) å gjennomføre et undervisningsopplegg om krefter. De analyserer forskjellige objekter i likevekt ved å tegne krefter, sette navn på dem og avgjøre hvilken kraft som er størst. Dette gjøres etter visse regler som læreren først gjennomgår ved å vise noen eksempler.

En kollega som holdt på med dette, fikk spørsmål fra en matematikksvak jente om han trodde at hun kunne ta fysikk. Hun hadde tydeligvis møtt faget som noe hun behersket og noe stimulerende.

Det hun *ikke* hadde møtt, var den barrieren som vanligvis hindrer matematikksvake elever i å nærme seg vårt fag, nemlig *symboler og ligninger.* Vi hadde på en måte tatt bort en naturlig barriere. Slik sett hadde vi kanskje gjort noe galt fordi vi ikke skal lure elever til å velge fysikk ved å få dem til å tro at matematiske ferdigheter ikke trengs der. På den annen side har ethvert menneske glede av å oppleve seg selv som logisk tenkende, og det er vår erfaring at fysikken har en mulighet til å gi denne opplevelsen også til matematikksvake elever.

Symboler og ligninger

Symboler og ligninger er selve kronen på verket når en teori bygges opp. Riktig forstått fremstiller symbolene og ligningene teoriens logiske struktur i komprimert form. Det fascinerende ved fysikken kan nettopp ligge i dette, å se hvordan matematikken gjør det mulig å trekke raske slutninger.

For den uinnvidde kan symboler og ligninger til gjengjeld virke som forkledning, og bak denne forkledningen er det en sammenheng som den uinnvidde ikke kjenner. Spørsmålene kan da være:

- Hvilket grunnleggende læringsarbeid bør være gjort før symboler og ligninger kan innføres?
- Hvor fort kan vi videreutvikle teorien uten at det går på bekostning av den nødvendige modning av begrepsforståelsen?
- Kan kvålitative betraktningsmåter være like konsistente som kvantitative?

Vi skal se på enkelte grunnleggende emner i mekanikk hvor disse spørsmålene kan gjøres gjeldende.

Kraftbegrepet

Den matematikksvake eleven hadde studert objekter i likevekt – ingen bevegelse, *kun actio ingen reactio*, dvs. *ikke* Newtons 3. lov. Selv med denne avgrensningen er det flere aspekter ved kraftbegrepet å holde rede på og som trenger modningstid.

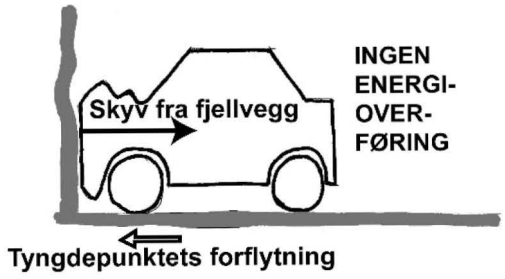
Læreplanene i naturfag, så vel i videregående skole som i grunnskolen, omhandler bare *anvendelser* av kraftbegrepet. Dette må oppfattes slik at læreplanene anser kraftbegrepet som intuitivt forstått. Betydningen av å lære kraftbegrepets ulike aspekter blir ikke initiert av læreplanene. Slik undervisning må derfor antas å være fraværende i den obligatoriske delen av fysikkundervisningen. Når elevene møter 2FY har de derfor ikke noe fundament å bygge videre på. Da skal kraftbegrepet etableres fra bunnen av og knyttes til Newtons 3. lov og til akselerasjon i Newtons 2. lov, alt i rask rekkefølge. Kraftbegrepet er således ufordøyd. Samtidig er forståelsen av akselerasjon vanskelig og trenger å bygges opp trinn for trinn.

Arbeid og kinetisk energi

Arbeid blir i lærebøkene vanligvis gitt en rent matematisk definisjon som kort kan betegnes som *kraft · forflytning*. At arbeid er energi som overføres fra et legeme til et annet, blir tatt opp i termofysikken, men blir underslått i mekanikken. Vi kan si at i mekanikken er definisjonen av arbeid ufullstendig og blir brukt på en inkonsistent måte i undervisningen. Vi skal se på noen eksempler.

Bil kolliderer med fjellvegg

Under kollisjonen beveger bilens massemiddelpunkt seg et stykke s, mens farten avtar fra v til null. Skyvet fra fjellveggen, F, antas å være konstant, se figur 1.

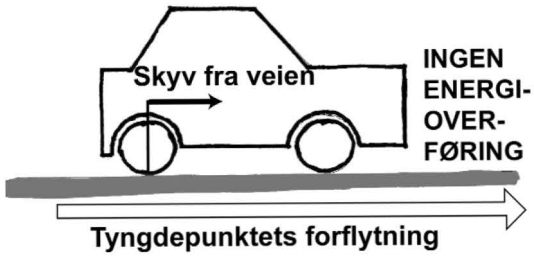


Figur 1. Bil kolliderer med fjellvegg.

Her er det en kraft og en forflytning, og bilen mister kinetisk energi. Hvis det for eksempel er skyvet, F, fra fjellveggen vi skal finne, vil ligningen $F \cdot s = \frac{1}{2}mv^2$ gi riktig svar. Ligningen er likevel ikke noe uttrykk for at *arbeid er lik endring i kinetisk energi*. Skyvet fra fjellveggen har ingen forflytning, så fjellveggens arbeid på bilen er lik null. Ligningen er egentlig impulsloven forkledd som en energiligning, men dette kan ikke en elev forstå som ikke har lært å analysere energioverføringer.

Bil akselererer på vannrett vei

Skyvet, F, fra veibanen, dvs. skyvets horisontale komponent, gir bilen en fart, v, over en forflytning, s, se figur 2.



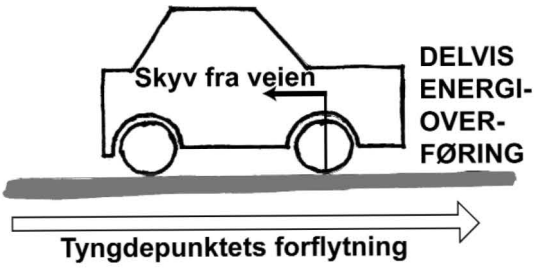
Figur 2. Bil øker farten på vannrett vei.

Vi antar at skyvet er konstant, og med startfart null vil nok en gang ligningen $F \cdot s = \frac{1}{2}mv^2$ kunne gi riktig verdi for skyvet fra veibanen selv om ligningen heller ikke i dette tilfelle er uttrykk for at arbeid er lik endring i kinetisk energi. Veibanens arbeid på bilen er lik null fordi kontaktpunktene mellom veien og hvert av drivhjulene er i ro ($v = 0$) i kontaktøyeblikket. Ligningen, som gir rett svar, er egentlig impulsloven forkledd som en energiligning, men dette kan ikke en elev forstå som ikke har lært å analysere energioverføringer.

Dette eksemplet er vanlig i lærebøkene, og da med en klar invitasjon til at elevene skal bruke setningen om at *arbeid er lik endring i kinetisk energi* på tross av at nærmere analyse viser at veiskyvets arbeid er lik null.

Bil bremser med låste hjul

Friksjonskraften, R, bringer bilen fra farten v til ro over en forflytning, s, på vannrett vei, se figur 3.



Figur 3. Bil bremser med låste hjul.

Ligningen $R \cdot s = \frac{1}{2}mv^2$ kan brukes til å finne størrelsen på friksjonskraften. Det er vanlig å kalle $R \cdot s$ for friksjonsarbeid og å bruke et slikt eksempel som en god illustrasjon av at arbeid er lik endring i kinetisk energi. Produktet $R \cdot s$ er ikke et arbeid fordi det ikke er et mål for energi som overføres. Under oppbremsing med låste hjul, vil temperaturen øke så vel i hjulene som i asfalten. Energien som er omsatt er fordelt på bilen (hjulene) og på veibanen. All energien er altså ikke blitt overført. Ligningen som gir rett svar, er også her impulsloven forkledd som en energiligning, men dette kan ikke en elev forstå som ikke har lært å analysere energioverføringer. En mer detaljert behandling av friksjon er gitt av Otto Øgrim.[1]

Dette er et standardeksempel på anvendelse av nevnte energisats på tross av at dette ikke er arbeid hvis vi med arbeid mener energi som overføres fra et legeme til et annet.

Skal vi lære elevene å analysere energioverføringer?

Under utviklingen av den nasjonale læreplanen for engelsk *secondary school* på 80- og 90-tallet, ble det presisert at fokus skulle flyttes fra *energiendring*, fra en form til en annen, til *energioverføring* fra et objekt til et annet, eller fra et sted til et annet. Denne presiseringen var forventet å skulle føre til en endring i så vel lærebøkenes fremstilling som i lærernes undervisning. En undersøkelse foretatt av Fani C. Stylianidou og Jon Ogborn,[2] viser at den forventede endringen *ikke* har funnet sted. Siden en slik vektlegging ikke har noen basis i undervisningstradisjonen, er det kanskje ikke til å undres over at fokuset ikke har latt seg flytte. Det kan tenkes at den nødvendige terminologien ikke er til stede og at den derfor må utvikles først.

Rom-Stoff-Tids 1976-utgave hadde en klar fremstilling av arbeid som energioverføring. Resultatet til Stylianidou og Ogborn tyder likevel på at også denne utgaven har langt igjen før den kan gi elevene et godt verktøy til analyse av energioverføringer. Dette går det kanskje an å gjøre noe med, så vi bør også her i landet se nærmere på den endringen som er nedfelt i den engelske læreplanen.

Hva kan vinnes ved kvalitative betraktningsmåter?

De erfaringene vi har gjort når det gjelder kraftbegrepet, viser at kvalitative betraktningsmåter åpner for *dialog elevene imellom* i læringsarbeidet. Slik undervisning kan gi mer tid til modning av begrepsforståelsen dersom den tillater at grunnleggende begreper kan introduseres på et tidligere alderstrinn. Vi har sett at naturfaglærere uten særlig fysikkbakgrunn blir i stand til å håndtere fysikkens begreper og at det åpnes for *dialog mellom fysikere og andre naturfaglærere.*

Den matematikksvake eleven som er nevnt, hadde kanskje fått et glimt av fysikkens fascinasjon ved å oppleve å kunne trekke logiske slutninger om fysiske objekter og diskutere disse med medelever. Ethvert menneske har glede av å oppleve seg selv som logisk tenkende og denne opplevelsen har fysikken en mulighet til å gi. Å koble fysikkundervisningen så sterkt til symboler og ligninger som undervisningstradisjonen gjør, resulterer i at bare et fåtall får del i denne erfaringen. Kvalitative betraktningsmåter kan gi *alle* slike erfaringer.

Referanser

1. Otto Øgrim: *Mekanisk fysikk.* Universitetsforlaget, ISBN 82-00-02374-5, side 73–75 (1976)
2. European Commission DGXII Science Teacher Training in an Information Society (STTIS): *Teachers transformations of innovations: the case of teaching "Energy" in English secondary schools.* University of Sussex (1999)

Geir Arge
Nesbru vgs, Asker

Diskusjonspunkter

1. Bør vi i større grad gjøre matematisk modellering av fysiske systemer til tema i undervisningen?
2. Kan vi tenke oss å ha et 2FY som kun behandler fysikkens begreper kvalitativt? Vil det kunne gi elevene en grundigere forståelse av begrepenes innhold?
3. Elevene har i dag matematikkunnskaper som ikke utnyttes i fysikkfaget. Bør det være en sterkere kopling mellom matematikk og fysikk slik at elevenes kunnskaper i matematikk kan utnyttes bedre i fysikken?
4. Bør den nødvendige matematikken inkluderes i fysikkursene slik at disse fagene koples fra hverandre?

∞

IKT i fysikkundervisningen

Hvor er vi?

Det finnes så vidt jeg vet ikke noe "flyfoto" som viser all IKT-basert fysikkaktivitet i norsk videregående skole. Dette blir en skisse laget på grunnlag av personlig erfaring og kontakt med kolleger på egen og andre skoler. Den viser at

- styrende myndigheter gjennom planverk og andre tiltak gjør vedvarende forsøk på å bygge aktiviteten ut i så vel bredde som dybde, i alle skolens fag[1]
- mange lærere strever fortsatt med å finne en egnet form, et høvelig innhold og et rimelig omfang for sin IKT-baserte aktivitet
- mange opplever ugunstige rammefaktorer, både administrativt, økonomisk og praktisk, så vel lokalt som sentralt
- mange savner et solid og pålitelig fagligpedagogisk fundament for denne aktiviteten
- mange har tross alt klart å få til mye rosverdig og forbilledlig uten at det har nådd ut til andre.

Hvorfor har vi havnet her?

De målstyrte læreplanene med mer eller mindre klart uttalte IKT-krav i mål og hovedmomenter, setter den lojale og seriøse norske læreren i en klemme: Jeg ser av planene at IKT *kan* anvendes på en rekke måter i mitt fag. Jeg skal og vil bruke verktøyet, men jeg er ikke sikker på den optimale måten, og jeg vet ikke om jeg får bruke det når det passer best med det faglige opplegget som er utviklet i samarbeid med elevene. Dessuten er elevene så fikserte på eksamen og eksamensresultater i Vk2-kursene at jeg må være maksimalt effektiv i den tilgjengelige tiden, her tåles nesten ikke "feilskjær"!

Det er blitt en slags resignert aksept for at IKT er kostbart: Si "PC" og du utløser et behov for minst 15 000 kroner fra et anstrengt investeringsbudsjett. Det gir i det ideelle tilfellet én arbeidsplass! Men disse plassene krever mer: Eget arbeidsbord, nettverkstilknytning internt og eksternt, utskriftsenhet, høvelig programvare og lønnsmidler til drift og vedlikehold. Dette sammen med krav fra andre fag (les: grunnkursets økonomi og informasjonsbehandling) gjør at utstyret i regelen havner på spesialrom med fra 15 til 30 arbeidsplasser. Slike rom er det ikke mange skoler som har råd til å ha *flere* av. Dermed blir det en tilmålt tid, i kamp med de øvrige fags timeplaner, eller bruk av kanskje "degraderte" maskiner som plasseres i et lite antall, 2–4, på klasserommene. Hos noen rår skepsis og frustrasjon: Hvilke andre pedagogiske verktøy er i nærheten av å kreve slike ressurser? Har vi overhodet noen garanti for læringseffekten?[2] Og, verst av alt, denne teknologien foreldes raskere enn noe annet av det vi bruker. Som en følge av dette blir strategisk planlegging spesielt vanskelig på dette feltet. Det blir hevdet at ett "IKT-år" tilsvarer sju vanlige år i denne sammenheng. Skolene må derfor årlig revidere sine interne IKT-planer. Få lærer bruken gjennom sin egen grunnutdanning, verken faglig eller pedagogisk. Dette gjelder dessverre også mange nyutdannede.

Finnes det en vei ut?

Man føler seg kanskje som en selvstudert "røver" i et hav av tilsynelatende IKT-mestrende elever, født som de er inn i mikroprosessoralderen uten å være seg det bevisst. Våre styrende myndigheter og arbeidsgiver anstrenger seg for å utligne dette kompetansegapet gjennom kurs, utviklingsprosjekter.[4] Ett eksempel er PILOT (Prosjekt Innovasjon i Læring, Organisasjon og Teknologi), et landsomfattende prosjekt i regi av Læringssenteret, med 135 deltakende skoler.[3] Mange arbeidsgivere har initiert utstyrsavtaler for skoletilsattes private bruk. Høsten 2002 starter nok et slikt krafttak, "LærerIKT".[4]

I ren "knottologi" kan nok mange av oss bli den tapende part i en mannjevning med elevene, men vi har noe som de trenger: På terskelen mellom en fragmentert og kanskje forvirrende informasjonsmengde og en forhåpentligvis etterlengtet solid kunnskapskonstruksjon, står vi med vår *fagkunnskap* og vår kunnskap om, og erfaring i, det *å legge til rette for og lede læring.* Dette er vårt sterkeste kort! Men det kreves noe av oss for å kunne spille det ut.

Vi må sette oss inn i den teknologi og programvare som finnes, og som gjør at vi kan lage personlig pregede og effektive opplæringsressurser. Dermed fokuserer vi på *mulighetene,* ikke *begrensningene,* og samtidig utnytter vi den kreativiteten som vi ellers også benytter i fysikk. Det er egentlig ikke så mye å holde styr på – standardprogrammene og noen få, utvalgte lære- og verktøyprogram for fysikkfaget.

Teknologisk bør vi øke andelen av bærbare maskiner i trådløse nettverk. Det muliggjør fleksibel bruk

(f.eks. datalogging i felten) og minsker avhengigheten av spesialrom. I mange skoler er det montert TV/video i klasserommene; nå må vi få inn dagslysprosjektørene som den bærbare kan kobles til når vi holder leksjoner og elevene viser presentasjoner.

Programvaremessig kommer vi langt med standardprogrammene (tekstbehandling, regneark, presentasjonsprogram og Web-leser), et styreprogram for datalogging og et par lære- og verktøyprogram i fysikk. Tekstbehandling, gjerne brukt prosessorientert, og regneark er ypperlige til rapporter og analyse av måledata. Presentasjonsverktøyene er stimulerende og kreativitetsfremmende for både lærer og elev, og Web-leseren kan brukes til å vise instruktive animasjoner (selvkjørende Java-appletter som finnes innenfor en rekke fysikkemner[5]) i tillegg til informasjonsfangst fra forskningsfronten, f.eks. fra Hubble-teleskopet.[6] For spesielt interesserte: Regneark kan også brukes til dynamiske simuleringer.

De sentralt utarbeidede eksamensoppgavene må fange opp IKT-basert opplæring i fysikk slik at det vil "lønne seg" å vektlegge slike arbeidsformer også i 3FY, ikke bare i 2FY.

Er det risikabelt?

Jeg undres på om det for en lærer framstår som grunnleggende annerledes å bruke IKT i et fag enn annen teknologi, f.eks. overhead. Jeg tror vi må være åpne for at bruk av IKT vil skape en *annerledes* lærerrolle, som bl.a. vil medføre mer arbeid og tilrettelegging. Denne nye rollen, i tillegg til alt det den gamle krever av oss, gjør at vi må legge til rette for og akseptere parallelle, ulike aktiviteter på forskjellige steder fordi det verken blir praktisk eller økonomisk mulig for alle elever i en gruppe på 30 alltid å utføre det samme samtidig. I slike situasjoner må elevene ha tilgang til *forskjellige* læringsressurser som kompletterer hverandre. Slike parallelle opplegg blir arbeidskrevende, samtidig som de forutsetter en *selvstendig arbeidende* elev. Det siste er neppe fysikkspesifikt, så våre kolleger i andre fag vil sammen med oss arbeide for at også eleven kan mestre *sin* nye rolle. En gunstig bieffekt kan være økt mulighet for differensiering, fordi verktøyet åpner for en stor grad av individualisering av arbeidet. Samtidig tar vi i bruk en teknologi som egentlig forventes av elevene fordi den er en så selvfølgelig del av deres hverdag.[7]

Hvordan vet vi at vi er på rett vei?

Å legge til rette for at elevene skal gå IKT-veien i et fags grunnopplæring er egentlig et vågestykke. Det finnes ingen ferdig stukket vei – ingen har gått særlig langt på den. Noen har lykkes til en viss grad, andre har mislyktes – og dette gjelder ikke bare i vårt land.[8] Over hele Norge arbeides det med å finne ut hvordan denne veien bør utformes og hvor det er best å legge den; tilsvarende forsøk skjer i flere land. "Rasteplasser", der vi kan diskutere og dele erfaringer, finnes det flere av både i form av nettsteder, fagfora og konferanser. Våre oppdragsgivere er helt klare: Vi skal og vi må. IKT i skolens fag har både en allmenndannende og en fagspesifikk dimensjon. Så, gode fysikkolleger: Vi legger trøstig i vei – ingen kan gjøre dette bedre i fysikk enn nettopp oss.

Referanser

1. KUF: *IKT i norsk utdanning – årsplan for 2002.* Publikasjonskode F-4129 (2002)
2. Pål E. Solberg: *Knuser myten om Internett; om Trond Arne Undheims doktoravhandling.* Adresseavisen, 29.5 (2002)
3. Internett: *http://pilot.ls.no*
4. Internett: *http://www.larerikt.no/infosite/forside.shtml*
5. Internett: *http://www.phy.ntnu.edu.tw/java/index.html*
6. Internett: *http://www.stsci.edu/resources/*
7. A. Quale, O. Andresen, S.D. Kolstø: *Using IT-tools in the Teaching of Physics in Norwegian Upper Secondary Schools – intentions, expectations and practice.* Acta Didacta, nr. 2 (2000)
8. Peter Becker: *IT i skolan – utan vision?* Datorn i utbildningen nr. 7 (2000)

Odd Andresen
Malvik vgs.

Diskusjonspunkter

1. Hvordan kan IKT brukes for å fremme læring i fysikk?
2. Dagens læreplan krever at fysikkelevene skal kunne bruke IKT ved innsamling og analyse av måledata. Burde læreplanen kreve at IKT skulle brukes på flere måter i fysikkundervisningen?

∞

Læreplan og eksamen I

Er det læreplanen som bestemmer eksamen, eller er det omvendt?

Som mangeårig fysikklektor og medlem av oppgavenemnda i fysikk, er jeg blitt utfordret til å reflektere litt over dette emnet: Hvilket forhold er det "egentlig" mellom læreplanen i fysikk på den ene siden og utvalg og utforming av eksamensoppgavene på den andre? Utgangspunktet for min refleksjon vil være dagens situasjon, men det er naturlig å trekke inn tidligere endringer i læreplanene og de endringer i eksamensoppgavene dette medførte – eller eventuelt omvendt.

Hva er en læreplan?

For ikke å bli misforstått er det nødvendig med en begrepsmessig oppklaring når det gjelder læreplanbegrepet. Mange ord dekker omtrent det samme, og disse er tidligere blitt brukt i ulik sammenheng: læreplan, undervisningsplan, pensum osv. Her vil jeg særlig peke på det viktige skillet mellom det publiserte dokumentet (den *formelle* læreplanen), hvordan dette dokumentet tolkes av lærebokforfattere og de som underviser og dermed forbereder elevene for eksamen (den *oppfattede* læreplanen), og endelig hva som vektlegges i undervisningen (den *iverksatte* læreplanen).

I en fysikklektors hverdag er det naturlig å tenke slik: Hva er pensum, og hvordan kan jeg best undervise elevene i dette? Eller i en mer moderne versjon: Hvordan kan jeg best legge til rette slik at elevene kan lære dette? Med "pensum" menes da først og fremst fordeling av faglige emner, hvilke fysikkbegreper, lover og sammenhenger elevene bør kunne. Men det er også viktig hva som menes med å "kunne" i den forbindelse: Hvordan forventes elevene å kunne dokumentere sin kunnskap, ved å kunne gjengi definisjoner og lover ordrett, ved å forklare fenomener i hverdagen, ved å kunne anvende begreper og formler i regneoppgaver, etc? På grunn av sin rolle som en autoritativ tolkning av disse spørsmålene, vil eksamen like mye som den formelle læreplanen bestemme den iverksatte læreplanen. Undervisningen vil naturlig nok i sterk grad rette seg inn mot å kunne mestre de siste års eksamensoppgaver, ganske uavhengig av hva som står i den formelle læreplanen. Hvordan kan vi ellers tjene elevenes interesser på en god måte?

Et tilbakebikk

I dag er det formelt sett læreplanen alene som gjelder; hva som står i lærebøkene er i en viss forstand irrelevant når det gjelder å definere hva som kan gis til eksamen. Slik har det ikke alltid vært. Fram til langt ut på 60-tallet ble det gitt egne fysikkoppgaver til hvert læreverk for å sikre at oppgavene var i tråd med terminologi, framstillingsmåte og faglig vektlegging. Særlig viktig var dette siden man ga teorioppgaver til eksamen som stort sett gikk ut på å gjengi én eller to sider av læreboka. Lærebøkene "definerte" pensum, mens eksamensoppgavene ga anvisning på hvordan lærebokstoffet skulle kunnes. Med flere aktuelle læreverk ble det upraktisk, og etter hvert også ideologisk uønsket, at læreverkene skulle spille en så sentral rolle, og man valgte å lage felles oppgaver uavhengig av læreverk. Men dette har i sin tur bydd på et dilemma: På den ene siden skal fysikkoppgavene lages etter læreplanen og *bare* etter den, men på den annen side tilsier rettssikkerheten overfor elevene at oppgavene i rimelig grad er tilpasset det læreverket elevene har arbeidet med.

På 70-tallet kom det et forslag til ny fysikkplan som brøt nokså radikalt med den tidligere. Den nye var mye mer åpen, idet den ga få presise avgrensinger av fagstoffet. I tillegg skulle hver klasse (eventuelt hver elev) legge opp et eget tilvalgsstoff. En viktig premiss for dette forslaget var nettopp å legge forholdene til rette for større valgfrihet på skolene og ikke minst å inspirere til utvikling av læreverk ved å tillate ulike tilnærminger til faget. Verken fysikklærere eller eksamensgiverne så ut til å trives med en slik frihet. Motstanden førte til at emnelista i den gamle planen ("plan B") ble beholdt i tillegg til den nye ("plan A"), og at klassene kunne velge mellom disse to. Hele den nye planen for øvrig ble innført, med den merkelige situasjonen at den åpenheten og valgfriheten som ble beskrevet i planens generelle del overhodet ikke stemte med den presise emnelista i "plan B". Enda mer merkverdig var det kanskje at eksamensoppgavene for de to planene stort sett var de samme, bortsett fra at én oppgave var byttet ut med en oppgave innenfor et av de "valgfrie" emnene. For klasser som valgte A-planen, kunne man stort sett bruke emnelista i B-planen som rettesnor for hva som var "pensum". Etter min mening var denne situasjonen en god illustrasjon av hvor lite den formelle læreplanen egentlig påvirker eksamen. Eksamenstradisjonen levde stort sett videre på tross av en radikal

fornyelse av læreplanen.

Den neste læreplanrevisjonen førte valgfriheten og noe av åpenheten i A-planen videre, men nå fantes ikke lenger noen B-plan å støtte seg til. Som medlem av oppgavenemnda den gangen husker jeg godt de store problemene vi hadde med å lage oppgaver som ivaretok både læreplanens intensjoner og elevenes krav på rimelig forutsigbarhet. Vi hadde som mål gradvis å etablere en ny tradisjon ved å gjøre endringer uten for store hopp hvert år. I ettertid er det lett å se at det langt fra var læreplanen alene som bestemte denne utviklingen. Problemet med, for ikke å si det umulige ved, en åpen læreplan og en sentralgitt eksamen ble etter hvert så tydelig at det ble utarbeidet en egen "Presisering av læreplanen" når det gjaldt hva som var eksamensstoff. Denne presiseringen hadde ikke status som en del av læreplanen selv, men fungerte som pensumliste og definerte en felles terminologi der hvor lærebøkene ikke var på linje.

Dagens læreplan

I vårt perspektiv kan vi kanskje si at den læreplanen vi nå har er sånn passelig "eksamensvennlig". Når det gjelder graden av presisjon, beskriver den nokså detaljert hvilke emner som er med, og ofte også hvor "langt" man skal gå. Det er ikke mye frihet for den som vil boltre seg på egen hånd og samtidig være forberedt til eksamen. Selv det pålagte prosjektarbeidet skal holdes "innen læreplanens rammer". På den annen side er formuleringene innen hvert av hovedmomentene såpass vage at helt ulike tolkninger er mulig, vel å merke hvis man frigjør seg fra tradisjonen. Om tradisjonen i så måte representerer et fruktbart tolkningsfellesskap eller en tvangstrøye, er opp til den enkelte å vurdere.

La meg spille rollen som en gjestende fysikklærer fra en annen planet. Mine elever skal opp til eksamen, men hva skal de egentlig kunne? De skal for eksempel "kunne bruke Newtons lover på skråplan, i gravitasjonsfelt, elektrisk felt og i magnetfelt". Javel, men til hva? Hvilken type bevegelse er aktuell: rettlinjet, bare i ett plan? Forekommer flere felt samtidig? Er bare homogene gravitasjonsfelt aktuelle? Gir denne formuleringen noen anvisning på hva elevene skal kunne utføre og måle på i praksis? Vi skal ikke frigjøre oss lenge fra våre egne tradisjoner før vi innser at en slik beskrivelse alene ikke kan gi oss svar. Nøyaktig den samme formuleringen kan jo brukes for et kurs i mekanikk på universitetet. Det som bestemmer vanskelighetsgraden til en aktuell oppgave om dette, er selvsagt problemets karakter. Og jeg kan tenke meg en rekke forskjellige oppgaver, helt annerledes enn dagens eksamensoppgaver, som i like stor grad kan sies å falle inn under formuleringen ovenfor.

På samme måten kan vi ta emne for emne og påvise at formelt sett er det langt fra klart hvordan eksamensoppgavene kan ventes å se ut. Og vel å merke: Dette er i seg selv ikke noen kritikk mot læreplanen. Poenget er at en klar angivelse av "pensum" til eksamen som helt sto på egne bein, ville kreve en betydelig sterkere grad av presisjon, noe man av andre grunner kanskje ikke ønsker. Uten å gå i detaljer, vil jeg også peke på at selve eksamensformen, med 5 timers skriftlig prøve med oppgaver som alle krever elevenes selvstendige formulering av begrunnelser og svar, ikke på noen som helst måte er begrunnet i læreplanen selv. En time med flervalgsoppgaver kan kanskje passe like bra med læreplanen og i tillegg gi både bedre reliabilitet, bedre tilbakemelding til lærerne (hva svarte elevene på hvert spørsmål?) og nesten ingen kostnader til retting.

Konklusjon

Det er altså min uærbødige påstand at vår fysikkeksamen ikke på noen måte følger naturlig av læreplanen selv. Fysikkplanene har i de siste 50 årene variert mye, men eksamenssettene har endret seg forbausende lite i forhold. For å sette det litt på spissen, kan man like gjerne si at det snarere er læreplanene som ved de ulike revisjonene har på ulik måte måttet forholde seg til den tradisjonelle eksamensformen. Langt på vei har fysikkeksamen gjennomgått bare små endringer og vært det sentrale elementet som har påvirket fysikkundervisningen for flere generasjoner av elever. For å holde oss til marxistisk terminologi: Eksamen har vært basis, mens læreplanene har fungert som ulike ideologiske overbygninger tilpasset de rådende pedagogiske strømninger.

Vi har i hovedsak en eksamenstradisjon i skolefysikken som de fleste fysikklærere føler seg hjemme i – den "fungerer". En slik tradisjon kan nok endres, men det må i så fall foregå langsomt, slik at rimelig forutsigbarhet kan ivaretas. Dersom vi virkelig ønsker en radikal omlegging og en videre kontinuerlig fornyelse av lærebøkene og undervisningen i fysikk, er det etter min mening ingen vei utenom å fjerne den sentralgitte eksamen.

Svein Lie

Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling, UiO

Læreplan og eksamen II

Formelt sett er det klart at det er læreplanen som styrer eksamen i fysikk, hvis vi med "styrer" mener at det bare er temaer (eller *mål* og *hovedmomenter* som det heter der) som er nevnt i læreplanen elevene kan prøves i. I tillegg har departementet utarbeidet "Sentrale retningslinjer for sentralt og lokalt gitt eksamen" som gir føringer for hvordan eksamen skal lages. Dessuten utarbeider Læringssenteret årlige oversikter over eksamensformene i hvert fag, der eksamenstid og hjelpemidler blir beskrevet.

Læreplanen sier noe om *hvorfor* elevene skal vurderes. I kapittel 3 i fysikkplanen kan vi lese:

Vurderingen vil ha ulike formål, bl.a.

- å informere eleven, foresatte, lærer og opplæringssted i arbeidet fram mot et læringsmål, om hvor langt eleven er kommet i utvikling mot en kompetanse
- å veilede, motivere og utvikle eleven
- å motivere læreren til kontinuerlig å vurdere sin undervisningspraksis
- å informere samfunnet, arbeidslivet og høyere utdanningsinstitusjoner om hvilken kompetanse eleven har oppnådd

Vi ser altså at hensiktene med vurderingen er mange. Den skal både tjene eleven, læreren og samfunnet.

Læreplanen sier også noe om *hva* som skal vurderes:

- *Målene for opplæringen* slik de er fastsatt i den generelle delen av læreplanen og i kapittel 2 i denne læreplanen, danner utgangspunkt for vurderingen.
- Det er elevens *helhetlige kompetanse* som skal vurderes, slik den er beskrevet i opplæringens mål.
- Vurderingen av elevene skal vise *i hvilken grad* de har nådd målene i læreplanen.

Disse formelle dokumentene og retningslinjene er det altså meningen at alle som er involvert i 3FY-undervisningen skal tolke på en så ensartet måte at det er mulig å lage en eksamen som *alle* elevene kan gå opp til, og som skal gi alle *like* muligheter til å vise hva de kan. De bestemmer eksamen!

Eksamen etter Reform 94

I tillegg til disse styrende, allment tilgjengelige dokumentene, er det også andre forhold som påvirker eksamen. La meg gi en kort beskrivelse av hva som har skjedd med fysikkfaget etter Reform 94.

Selve læreplanen ble utarbeidet på tradisjonelt vis (riktignok under stort tidspress og med klare føringer for formen, er jeg blitt fortalt). Det ble nedsatt en læreplangruppe, høringsutkast ble sendt ut, kommentarer bearbeidet og den endelige læreplanen ble til slutt godkjent av departementet. Med unntak av inndelingen i mål og hovedmomenter, er det lite nytt i Reform 94-planen i forhold til planen den skulle avløse. Både fordelingen av temaer på 2FY og 3FY og innholdet i temaene ble til forveksling likt det som var i den gamle planen. Noe annet var jo heller ikke ønsket av lærerne. De var godt fornøyd med faget slik det var før reformen.

Så snart læreplanen var ferdig, begynte forfatterteamene sine arbeider. Jeg kjenner ikke til om det har vært samarbeide disse gruppene imellom, men framstillingen i de tre læreverkene viser at forfatterne har tolket planen nokså likt. Framstillingen er dessuten tradisjonell og slik som "alle" har forventet. Noe annet ville forlagene nok ikke ha gått med på: En lærebok som ikke er tilpasset lærernes forventninger ville sannsynligvis ikke ha blitt solgt med mindre betydelige markedsføringsmidler hadde blitt satt inn. Og det er det neppe rom for i et så lite marked som det norske.

Uavhengig av fagplanarbeidet og lærebokskrivingen nedsatte Eksamenssekretariatet (nå en avdeling i Læringssenteret) en oppgavenemnd som fikk i oppdrag å utarbeide eksempeloppgaver i 2FY og 3FY og å starte arbeidet med å lage den første eksamen etter den nye læreplanen. Eksempeloppgavene skulle gi en indikasjon på hvordan oppgavenemnda tolket den nye læreplanen og hvordan strukturen i oppgavesettet skulle være. Den forrige nemnda hadde foretatt justeringer av oppgavetypene år for år, og disse justeringene var i godt samsvar med grunnideene i Reform 94. De viktigste endringene som den nye nemnda gjorde, var å redusere antall oppgaver for å gi kandidatene bedre tid, innføre muligheten til å velge mellom to oppgaver og introdusere ulike typer "åpne" oppgaver der elevene selv må gjøre forutsetninger og antagelser.

Det er verdt å merke seg at det ikke er lagt opp til samarbeid mellom oppgavenemnda, lærebok-

forfatterne og fagplangruppa. Det er etter mitt syn spesielt uheldig at det ikke er formalisert samarbeid mellom oppgavenemnda og forfatterne når en ny læreplan skal settes i verk. Et slikt samarbeid kunne ha bidratt til at nye typer eksamensoppgaver kunne ha blitt innarbeidet i læreverkene. Fagmiljøet i Norge er så lite at et slikt samarbeid ville kunne vært med å styrke fagutviklingen. Kanskje burde det også ha blitt arbeidet med å utvikle nye eksamenstyper *samtidig* som læreplanen ble skrevet.

Eksempeloppgavene er utvilsomt med på å bestemme eksamen. Hva har så ligget til grunn for deres form? Basis har selvsagt vært læreplanen og de andre offentlige dokumentene. Men i tillegg gjennomførte Eksamenssekretariatet en omfattende skolering av oppgavenemndene. Her ble nemndene presentert for de offisielle tolkningene av de formelle retningslinjene. Den informasjonen som ble gitt her har hatt direkte betydning for hvordan eksamensoppgavene er blitt og de endringene som ble gjort i utformingen av oppgavene. Blant annet fikk fysikknemnda ikke anledning til å ha med flervalgsoppgaver, da dette ble ansett for ikke å være i samsvar med tanken om å teste helhetlig kompetanse. Samtidig ble viktigheten av å utvikle faget innenfor læreplanens rammer framhevet. I denne sammenhengen er stikkord som *helhetlig kompetanse, aktuelle og relevante* (virkelighetsnære) oppgaver, og *å la elevene få vise hva de kan*, viktige. Videre har det vært viktig å ta hensyn til Blooms taksonomi for ulike kunnskapstyper i oppgavekonstruksjonen: Elevene skal kunne få vise evne til å *gjengi*, evne til å *analysere* og evne til å *vurdere*. Den informasjonen nemndene har mottatt i skoleringsmøtene har ikke vært publisert ut over hva som er blitt nedfelt i de oppgavesettene som er blitt utarbeidet.

Oppgavenemnda har vært nødt til å sørge for at oppgavenes utforming ikke skal "sjokkere" elevene ved eksamensbordet. Av hensyn til elevene har det vært viktig å bygge inn en viss forutsigbarhet i oppgavene. Dette er selvsagt et hinder for å drive faglig utvikling, men ikke desto mindre viktig for å ivareta elevenes rettigheter. Og, som også Svein Lie påpeker i foregående artikkel, bidrar dette til at det er vanskelig å endre oppgaveformatet radikalt. Alle som underviser i videregående skole, og som er involvert i arbeidet med 3FY, har omtrent den samme bakgrunn og derfor også den samme forventning til eksamensoppgavene. Undervisningen og elevenes utbytte av den, preges av dette, og helt nye oppgaveformer ville virket forstyrrende inn i denne tilsynelatende harmonien. Nemnda er derfor også nødt til å bruke sitt skjønn og sin kunnskap om fysikkundervisningen for å holde seg innenfor det en forventer.

Dersom man ønsker en drastisk endring av oppgaveformatet, men vil beholde en sentralt gitt eksamensoppgave, er jeg overbevist om at læreplan og eksamensform må utarbeides parallelt, og at lærebokforfatterne må ha mulighet til å samarbeide med oppgavenemnda. For selv om lærebøkene ikke skal være styrende på undervisningen, er det nok lite realistisk å tro at lærere flest kan frigjøre seg fra bruken av bøkene i sin undervisning. Til det er nok arbeidsdagene for hektiske og frykten for å "bomme" med undervisningen for stor.

Alternative eksamensformer

Er det *mulig* å få til en radikal omlegging av undervisningen og lærebøkene og allikevel beholde en sentralt gitt eksamen?

For å svare på dette, er det selvsagt nødvendig å diskutere om det er ønskelig å foreta en omlegging, hva en slik omlegging eventuelt skulle bestå i og hvilke *fordeler og ulemper* det er med en sentralt gitt eksamen. Jeg skal ikke gå inn på en slik diskusjon her. Det er allikevel fristende å peke på at Svein Grønmos oppgavesamling fra 1970 inneholder svært mange oppgaver som fortsatt er gangbare den dag i dag. På den andre siden viser en undersøkelse jeg gjorde etter eksamen i 2000, at det var svært få av elevene som nevnte noe om informasjonsteknologi når de fikk oppgaven: *Ta for deg en teori og vurder hvilken betydning den har hatt for den teknologiske utviklingen og for samfunnet.* Akkurat *det* kan vel være en indikasjon på at noe bør gjøres, selv om en ikke skal underslå at mye av fysikkfagets styrke ligger i teorienes bestandighet.

Men la meg kaste fram noen tanker om hvordan det er mulig å beholde en sentral eksamensform og allikevel drive aktiv fagutvikling.

Ett stikkord kan være at oppgaveformatet forutsetter at elevene gjennom skolearbeidet skal bli i stand til å takle nye og uventede oppgavetyper. Dette kan forsvares gjennom fellesmålet: *Eleven skal kunne vise nysgjerrighet og undrende holdning og kunne vise kreative evner når det gjelder teoretiske og praktiske problemstillinger.*

Hvorfor ikke lage oppgaver som introduserer nye problemstillinger basert på målene i læreplanen? For eksempel kunne det være en mulighet å lage oppgaver som introduserte kraftmoment og spinn, uten at oppgaven krever at dette er gjennomgått

før. Slike oppgaver ville måtte innebære at elevene er i stand til å mestre det ukjente. Kombinert med et utvalg av kortsvar- og flervalgsoppgaver, ville en kunne øke elevenes ferdigheter i å sette seg inn i nytt stoff. Eller hva med å be forskere skrive artikler om aktuelle temaer innenfor ett eller flere av målene i læreplanen og lage et temahefte av disse artiklene? Heftet kunne deles ut en måned eller to før eksamen og det kunne danne basis for årets eksamensoppgave. Dette er kanskje en "utvidelse av pensum", men det er muligens også en spennende utfordring som kan bidra til faglig utvikling og å skape interesse.

Selvsagt er det også mulig å lage en eksamensform som er en kombinasjon av lokalt og sentralt utarbeidede oppgaver. De sentrale oppgavene kunne være en kunnskapstest, mens de lokale oppgavene i større grad testet elevenes ferdigheter til å analysere og vurdere. Og hvem sier at det er en naturlov at eksamen i 3FY skal være en individuell eksamen i et lukket rom?

Er det så eksamen som bestemmer læreplanen, eller er det omvendt? Personlig er jeg overbevist om at begge deler er tilfellet. Hvorfor ikke arbeide for å få til en større og raskere dynamikk i denne vekselvirkningen? Hva med å lage systemer som gjør det mulig å offentliggjøre oppgavenemndas nye tolkninger av læreplanen langt raskere? Hva med å gjøre eksamenssystemet mer "åpent" slik at nye oppgaveformer ikke kommer overraskende på lærere og elever? Så derfor: Behold den sentralt gitte eksamen, men bruk moderne kommunikasjonsformer til å foreta raskere fagutvikling innenfor læreplanens rammer.

John Haugan
Norges Informasjonsteknologiske Høgskole

∞

Diskusjonspunkter

1. Er sentralgitt eksamen en forutsetning eller en hindring for god fysikkopplæring?
2. Kan vi få en nyttig og pålitelig vurdering av elevene uten sentralt gitt eksamen i 3FY?
3. Er dagens eksamensform egnet som en formell vurdering av de overordnede kompetansene som elevene skal få med seg fra fysikken i vgs, f.eks. nysgjerrighet, undring og kreativitet?
4. Hvordan vil andre vurderingsformer kunne påvirke fysikkundervisningen?

∞

Forskningens rolle ved utvikling av nye læreplaner

Vi har tradisjon for at utvikling av nye læreplaner ved større reformer gjøres av hurtigarbeidende komiteer. Det er ingen naturlov at det skal være slik, og vi kan lett tenke oss en langt mer omfattende prosess der læreplaner blir et produkt av et langsiktig og kontinuerlig forsknings- og utviklingsarbeid. Dette vil være gjenstand for kommentar i denne artikkelen, som også vil beskrive et konkret forskningsprosjekt.

Læreplankomiteenes vanskelige oppgave

De hurtigarbeidende læreplankomiteene har en vanskelig jobb. De skal tilpasse seg overordnede pedagogiske målsettinger slik det uttrykkes i "generelle mål for utdanningen". Selv om flere av disse er stabile over lang tid og er en del av vår grunnlagstenking for skole og utdanning, kommer det ved enhver læreplanrevisjon opp nye idealer. Ved R94 og den påfølgende reformen av grunnskolen (L97), var det et sterkt fokus på *"de nye ferdighetene som trengs når samfunnet endres raskt"*.[1] Det ble lagt mye vekt på evne til problemløsning, samarbeid og bruk av kreative arbeidsprosesser.

Læreplankomiteene skal også fange opp de enkelte fagenes mer spesifikke pedagogiske utfordringer og idealer. På samme måte som for skole og utdanning generelt, vil det for hvert enkelt fag, til enhver tid, være faglig-pedagogiske ideer og problemstillinger som lærere og andre aktører mener er viktige. For fysikk har vi temaer som bruk av åpne eksperimenter, vektlegging av hverdagsfysikk, fysikkens historisk-filosofiske dimensjon, kvalitativ fysikk osv. Slike ideer og idealer skal fanges opp av læreplankomiteene og bakes inn i de nye planene. Det er imidlertid viktig å være oppmerksom på at ideene er i utvikling, at de iblant kan være omstridte og at de ikke nødvendigvis støttes av alle lærere.

Sist, men ikke minst, skal læreplankomiteene føre videre en del av fagenes innarbeidede tradisjoner og innhold. For fysikk i videregående skole har vi sett en tendens til at faginnholdet har hatt en svært stabil karakter over lang tid. Det synes å være mye fagstoff som er "tidløst" og som videreføres gjennom læreplanreformer uavhengig av idealer og pedagogiske vendinger. Det er flere grunner til dette, men det er nok en viss form for "press"

på læreplankomiteene om at de ikke må være for radikale og gjøre for store endringer i forhold til etablert praksis.

Læreplankomiteenes vanskelige oppgave understrekes ytterligere om vi tar i betraktning det utvidete læreplanbegrepet. Nye ideer skal omsettes i undervisningsmateriell, tolkes av lærerne, gjennomføres i undervisningen og læres av elevene. Alt dette skal forutses av komiteen når den gjør utvalg av temaer og utformer sine formuleringer.

Ett eksempel: fysikkens egenart

I gjeldende lærerplaner for 2FY og 3FY finner vi i fellesmålene at elevene skal *"kunne forklare hvordan fysikkens lover og teorier er tilnærmede beskrivelser av virkeligheten og hvordan modeller kan endre seg over tid"*, og videre at de skal kunne plassere fysikk i et historisk og kulturelt perspektiv. Dette er også tatt med under de mer spesifikke målene (mål 1) for både 2FY og 3FY, og er dermed plassert som en form for lærestoff på linje med "Newtons lover" og andre fagtemaer. Noe av bakgrunnen for denne målsettingen er en fagdidaktisk diskusjon om at elever både bør lære fysikk og opparbeide en forståelse av fysikkens egenart. *Fysikkens egenart* innebærer historiske betraktninger, kunnskapsteori og perspektiver på fysikk i dagens samfunn. Det er et stort og vanskelig tema, særlig når en skal gjøre utvalg og omsette det til undervisning for ungdom. Vanskeligheten understrekes noe ved det faktum at læreplankomiteen har satt opp identiske målsettinger for 2FY og 3FY. Hvor er progresjonen og hva skal elevene egentlig lære? Ser vi på lærebøkene, er målsettingen i hovedsak blitt fulgt opp med innledende beskrivelser av fysikk i 2FY. Det er svært lite oppgaver og antydninger om hvordan elevene kan arbeide med lærestoffet. Lærerne som skal undervise dette har dessuten liten bakgrunn i filosofi og historie, og undervisningsmetoder som brukes innen disse områdene. De føler trolig også at dette lærestoffet konkurrerer med "egentlig fysikk". Hva skjer da med oppfølgingen av læreplanens målsettinger i siste ledd?

Eksemplet viser at det er behov for å arbeide mer med temaet før det omsettes i læreplanbeskrivelse for alle elever i fysikk. Det finnes mange måter å møte en slik utfordring på. Mye har vært gjort i andre land som kanskje også kunne fungere i norsk skole. Kanskje finnes det fagtemaer og eksempler fra fysikkens historie som er spesielt egnet til å kommunisere fysikkens egenart til ungdom. Kanskje finnes det temaer som norske fysikklærere synes det vil være interessant å gripe fatt i, og der de klarer å kombinere undervisning *i* fag og *om* fag. Kanskje ønsker vi ikke en så sterk vektlegging av temaet når vi ser hvilke konsekvenser det har for resultatet i klasserommet. Hele denne serien av "kanskje" har aldri vært undersøkt eller prøvd ut. Vår læreplan er isteden basert på læreplankomiteens ønske om å trekke historisk-filosofiske temaer inn i faget og komiteens evne til å finne spontane formuleringer.

Forskningens bidrag

Mitt ønske er at vi bør gi rom for seriøst utviklings- og forskningsarbeid i forbindelse med utforming og iverksetting av læreplaner. Denne forskningen må ha en organisering og foregå i et omfang som er stort nok til at resultater og konklusjoner kan brukes til å føre fysikkfaget videre. Forskningen vil fylle tre viktige oppgaver:

1. bidra til å omsette og utvikle ideer i samarbeid med fysikklærere
2. bidra til å engasjere lærere, og utvikle en bredere grunnlagsforståelse for nye ideer
3. bidra til forskningsbasert dokumentasjon som kan gi en viss forståelse av konsekvensene av å innføre nye ideer i faget.

I et nystartet prosjekt etablerer vi en gruppe bygd opp rundt ti forsøksskoler. I praksis kan dette gjennomføres på mange måter. I vårt eget prosjekt etablerer vi en gruppe bygd opp rundt ti forsøksskoler. Ved hver skole er det minst to deltakende lærere. Prosjektet styres av fagdidaktiske forskere på universitetet og vil ha tilknyttet doktorgrads- og hovedfagsstudenter. Det er valgt ut noen få konkrete nye pedagogiske og innholdsmessige sider ved læreplanen. I samarbeid med lærere fra skolene, utarbeides det alternative løp for 2FY og 3FY, der elementer fra de nye ideene/temaene innarbeides i det eksisterende pensumet. De nye oppleggene prøves så ut i klasserommet med datainnsamling gjennom observasjoner, intervjuer og faglige tester. I denne formen for klasseromsforskning er læreren en viktig bidragsyter og samarbeidspartner. Sluttproduktene fra forskningen vil rette seg mot alle de tre oppgavene som er beskrevet ovenfor. Noe av dette vil komme i skrevne rapporter og artikler, men mye vil være viktig erfaringskunnskap lærerne og forskerne opparbeider gjennom sitt nære samarbeid.

Utforming av læreplaner vil alltid ha et element

av "forhandling" mellom ulike ideer, interesser og målsettinger. Det er likevel grunn til å gjøre denne prosessen så rasjonell som mulig. Det bør legges vekt på at vi vet mest mulig om konsekvensene av å innføre nye ideer og temaer, og at de presenteres for lærere i en konkret og gjennomarbeidet form.

Referanse

1. KUF: *Læreplan for grunnskole, videregående skole og voksenopplæring. Generell del.* Læreplanverk for den 10-årige grunnskolen, s. 15 (1996)

Per Morten Kind
Institutt for fysikk, NTNU

∞

Diskusjonspunkter

1. Er det mulig å forske seg fram til bedre læreplaner?
2. Er alternative læreplaner (forsøksplaner) i fysikk en trussel mot utdanningskvaliteten for de elevene som blir berørt?
3. Hvordan kan lærere og forskere samarbeide om å studere virkningen av eksisterende læreplaner og utvikle nye?
4. Flere av artiklene foran peker på at metoden med hurtigarbeidende utvalg for læreplanutvikling ikke er god. Hva kan alternativene være? Kan f.eks. et permanent organ som kontinuerlig reviderer læreplanene være en bedre ordning?

∞

Bokomtale

Frances A. Yates: Modernitetens okkulte inspirasjon. Giordano Bruno og arven etter Hermes Trismegistos. Pax Forlag, 2001, ISBN 82-530-2095-3 (418 sider) 398 kr.

Giordano Bruno: Filosof, magiker og martyr

Piazza Campo di Fiore, Roma, 17. februar, år 1600: Røyk og grådige flammer slår opp fra bålet midt på torvet der kjetteren Giordano Bruno blir levende brent. Kroppen hans er ødelagt etter grusom tortur. Tungen hans er bundet fast slik at folket nok kan høre hans smerteskrik, men ikke hans ytringer om kirkens makthavere og mordere som nå tar hans liv. Mens han strider dødskampen, holder de opp et krusifiks for hans øyne, men han skyver det vekk i avsky.

Den 8. februar mottok han dødsdommen. Han hadde gjort seg skyldig i grove forbrytelser: Han hadde benektet at nattverdsbrødet forvandlet seg til Jesu legeme. Han tvilte på at Maria var en jomfru. Han hadde oppholdt seg sammen med protestanter og kjettere i England og Tyskland. Han påstod at solen var en av utallige stjerner i et uendelig univers. Han identifiserte Den hellige ånd med verdenssjelen. Han mente faktisk at all naturen var besjelet, og døden betydde bare at det endelige vendte tilbake til det uendelige. Han hevdet at magi var tillatt. Han mente at Bibelen var en bok som bare uvitende folk kunne ta bokstavelig.

Da de forkynte dødsdommen erklærte han uforferdet: "Kanskje avsier dere denne dommen med større frykt enn jeg mottar den."

I norsk oversettelse foreligger nå boken til Frances A. Yates: "Modernitetens okkulte inspirasjon". Der tar hun sterkt til orde for at Bruno slett ikke var noen representant for et moderne syn på naturvitenskapen. Han gikk ikke i døden for sin overbevisning om at Kopernikus hadde rett da denne hevdet at solen var det legeme som planetene og også Jorden beveger seg omkring. Hun mener at Bruno nærmest var ensidig opptatt av magi og mystikk.

La det være sagt med en gang at dette ikke er en bok for en leserkrets som ikke allerede er kjent med Bruno. Denne boken er et grundig innlegg med solid dokumentasjon i en forskningsdebatt om hva som er det mest vesentlige ved livet og verket til Bruno. For folk som ikke er kyndige og innvidde, vil denne teksten virke støvtørr og gudsjammerlig kjedelig. Her er ingen umiddelbar begeistring, men nitidig drøvtygging. Er det virkelig så kostbart å trykke noen få fargebilder at "Primavera" av Botticelli må gjengis i svart/hvitt? Jeg synes forlaget kunne tatt seg bryet med å oversette all latin. Språket til forfatteren er tungt og oppstyltet, og her er stadig lange innskudd og bisetninger. En kjent president i et viktig forbund betegnet denne stilen med pusteøvelser. Forlaget burde tatt seg språklige friheter med denne teksten. Den hadde tjent på om det stive akademikerspråket var blitt forenklet til en form som var lett å gripe for tanken. Den kommaregelen som mest benyttes her, må være at

komma settes der tanken trenger en pause.

Det er ganske påtagelig hvordan fortellingen får liv der Yates unner oss noen velvalgte bemerkninger om historisk bakgrunn og sammenheng når vi følger livsløpet til Bruno. Han var født i 1548 i den lille byen Nolan nær Napoli og vulkanen Vesuv i Italia. Fornavnet hans var opprinnelig Filippo, men han forandret det til Giordano (etter elven Jordan). Han ble medlem av dominikanerordenen, og han ble ordinert til prest i 1572.

Men han markerte seg ved selvstendig tankevirksomhet og leste filosofiske tekster av den nederlandske humanisten Erasmus. Disse skriftene måtte han skjule i klosettet, for slik lektyre var strengt forbudt. Han var også blitt kjent med modellen til Kopernikus. Bruno var ganske åpenhjertig og våget å kritisere vedtatte teologiske læresetninger. Derfor ble inkvisisjonen snart oppmerksom på han, og han dro til Roma for å unngå forfølgelse. Det gikk ikke bedre her, og i 1576 gikk han ut av dominikanerordenen og forlot Italia.

Han var meget begeistret for den tankeretningen som betegnes med hermetisme. Dette var en religiøs lære som ble utbredt etter at munken Lenardo brakte en samling av greskspråklige tekster fra Makedonia til Firenze. Filosofen Ficino ble beordret til å oversette disse skriftene til latin. De kalles nå *Corpus Hermeticum,* og de lærde trodde at de var meget gamle. De skulle angivelig være skrevet av vismannen Hermes Trismegistos. Han skulle faktisk ha levd før Moses. Religionen til de gamle egyptere blir særlig beundringsverdig, for den var mest opprinnelig. Senere tillegg og forandringer hadde bare forvansket og ødelagt læren fra selve gullalderen. Budskapet til Yates er at Bruno er dominert av tenkningen i denne tradisjonen. I følge Yates mente Bruno at tro og ritualer hos de gamle egyptere burde få tilbake sin gamle posisjon. Bare kristenheten vil søke til denne visdommen, vil det bli forsoning og slutt på plagsom religionsstrid. Denne Bruno-skikkelsen som Yates fremstiller, blir da preget av tanken fra hermetismen om at når guddommen kan tale ovenfra og nedad til mennesket, må også menneskets ånd kunne søke sin vei oppad og nå guddommen i det høye. Yates bruker faktisk bortimot halve teksten sin til å gi oss detaljert kunnskap om disse tankene som virker særdeles fremmede for et moderne menneske.

Med denne troen og holdningen ville Bruno reformere den ganske verden. Men han var ingen smidig diplomat. I Genève røk han uklar med tilhengerne til den strenge Kalvin. Deretter finner vi ham i Toulouse i Frankrike, hvor han foreleser om sitt system for å forbedre og hjelpe hukommelsen. Han ankommer Paris i 1581, hvor han blir avvist ved Sorbonne. Han er taktløs og krigersk i enhver diskusjon. Likevel kommer han rimelig bra ut av det med den franske kong Henrik III, og i 1583 oppnår han til og med å bli en slags offisiell utsending til det engelske hoff. I dette landet blir han underholdt ved den franske ambassaden.

Bruno er en skarpsindig tenker med rik fantasi og forestillingsevne. Han skriver glimrende poesi og fremlegger en ubarmhjertig og tilintetgjørende kritikk av utlegningene til selveste Aristoteles om det uendelige. Bruno påpeker at det er ganske forkastelig å tillegge selve universet egenskaper som bevegelse eller vekt. Han har dessverre en altfor stor tiltro og ukritisk holdning til egne oppfatninger. Når han kommer i strid med de lærde ved universitetet i Oxford, blir det snart avslørt at hans oppfatninger om astronomi er nokså mangelfulle eller det rene tøv. Men Bruno er bare trassig og hovmodig og uten evne til å innrømme egne feil. Han erklærer at disse engelskmenn kun har mer rede på øl enn gresk.

Denne grove fornærmelsen finner vi i boka "Askeonsdags-måltidet", en av de tre viktigste bøkene Bruno skrev i England. Det er dette skriftet Yates tillegger en overdreven betydning for å sette Bruno på plass. Jeg synes nemlig det er en sørgelig dimensjonsløs og ensidig Bruno jeg møter hos Yates. Jeg skal gjerne være med på at Bruno var en temmelig klønet og hjelpeløs vitenskapsmann, men hos Yates forsvinner også naturfilosofen. Bare den fantastiske og fanatiske magikeren blir tilbake. Jeg møtte en ganske mer interessant og mangfoldig Bruno i de to andre skriftene hans: "Om det uendelige universet og verdener" og "Årsak, prinsipp og enhet". Her argumenterer Bruno for at universet inneholder en uendelighet av stjerner med egne verdener, og disse kan være bebodd av intelligente vesener. Dette brøt jo fullstendig med kirkens verdensorden der mennesket representerer selve kronen på skaperverket. I disse bøkene finner vi de avgjørende tankene om at universet er ett og altomfattende, upåvirkelig og uforanderlig i kvalitet.

I 1585 må han vende tilbake til Frankrike, men roter seg opp i farlig strid. Han må igjen flykte, og i 1586 finner vi han hos lutheranerne i Wittenberg i Tyskland. Han trives, for han får lov å undervise ved universitetet. Dessverre må han flakke videre da et kalvinistisk parti får makten. I 1588 oppholder han seg hos keiser Rudolf II i Praha, men får ingen

stilling. Han slår seg ned i Helmstadt i Tyskland i 1589, og er deretter innom Frankfurt og Zürich.

I 1591 fatter han så en skjebnesvanger beslutning som er nokså ufattelig: Han drar tilbake til Italia etter innbydelse av adelsmannen Mocenigo i Venezia. En tid virker han som matematikkprofessor ved universitetet i Padova. Han er faktisk så grenseløst naiv at han ønsker audiens hos paven. Han mener virkelig at katolikkene vil la seg overbevise av de overlegne tankene hans om den sanne gudstro. Han kommer ikke overens med Mocenigo, og adelsmannen utleverer ham til inkvisisjonen. Åtte lange år tilbringer Bruno i fangehullet med skarpe avhør. Han nekter å endre oppfatning. Dermed er en nådeløs dom og en fryktelig død den eneste mulige endelikt. Presteskapet møtte vel bare nye tanker på tradisjonelt vis. En tidligere nytenker ble bare ikke brent på bål, men henrettet på kors.

Det er mulig at Bruno egentlig ikke var noen martyr for den moderne rasjonelle vitenskap. Han var nok et bedårende barn av sin tid. Men mens kirken betraktet mennesket som en fordervet skapning, hadde Bruno en positiv tillit til det fornuftige menneske. Det viktige er heller ikke om argumentasjonen til Bruno for hans syn på verden er akseptabel eller feilaktig. Det vesentlige er at ingen autoritet har rett til å hindre tankens frihet og fri meningsutveksling.

Henning Knutsen

∞

Nytt fra NFS

FYSIKER– / ÅRSMØTET 2002

Et lite fysikermøte med årsmøte for Norsk Fysisk Selskap ble holdt på Sola Strand Hotell, Stavanger, 13–14. juni. Styret, inkludert faggruppestyrene pluss noen andre inviterte, var til stede.

Følgende saker ble behandlet på årsmøtet:

1. Ordinære styresaker
2. Handlingsplan for 2003–2004
3. Synlighetsprosjektet
4. Årsmelding
5. Regnskap NFS og regnskap/budsjett FFV
6. Møte med det lokale miljøet
7. Oppsummering og strategiplan.

Referat fra årsmøtet finnes på internettadresse *http://www.norskfysikk.no/nfs/aarsmote/2002/refaarsmote02.htm*

∞

Nye medlemmer 13. juni 2002

Torbjørn Arne Andreassen
Mosjøen vgs.

Trude Støren
Institutt for fysikk, NTNU

∞

Trim i FFV

FFVT 3/02

Som en forberedelse til vinteren, serverer vi **brøytebilproblemet.**

En by har to identiske brøytebiler. Disse bilene brøyter alltid like mye snø pr. tidsenhet uansett snømengde på bakken.

En formiddag begynte det å snø, og det snødde jevnt resten av dagen. Klokka 1200 kjørte den ene bilen ut og startet å måke. Klokka 1300 kjørte den andre bilen ut og startet å måke den samme ruten som den første. Klokka 1400 kjørte den andre bilen inn i den første bakfra. Når begynte det å snø?

Løsning FFVT 2/02

Her var det en gutt som solgte de fleste av gullfiskene sine til han bare hadde 11 igjen. Først solgte han halvparten pluss en halv fisk, deretter tredjeparten av resten pluss en tredjedels fisk, og så fjerdeparten av resten pluss en fjerdedels fisk. Til slutt solgte han femteparten av de resterende pluss en femtedels fisk, men ingen fisk ble delt. Spørsmålet var hvor mange fisker gutten hadde før salget startet. – Vi vil bare røpe at han opprinnelig hadde 59 fisker.

∞

Nye Doktorer

Jørgen Hansen

Cand.scient. Jørgen Hansen forsvarte 13. mai sin avhandling *A Search for Neutral Higgs Bosons in the four Jet Channel using the DELPHI Detector at LEP* for graden cand.scient. ved Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Doktoravhandlingen beskriver et søk etter Higgs-bosonet, den siste manglende biten i Standardmodellen for fysikken på sub-atomær skala. Søket ble foretatt ved analyse av data fra DELPHI-eksperimentet som samler data fra LEP-akseleratoren ved CERN. Analysen er gjennomført med en teknikk som er utviklet av doktoranden. Dataene ble tolket innenfor Standardmodellen og utvidelser av denne. Intet signal ble observert, og en nedre grense for Higgs-bosonets masse ble funnet. I tillegg ble det satt viktige begrensninger på teoretiske utvidelser av Standardmodellen.

Helt siden topp-kvarken ble funnet i 1995, har Higgs-bosonet vært den siste manglende partikkelen i Standardmodellen. En rekke argumenter fra teoretisk fysikk peker mot eksistensen av minst én fundamental partikkel som bl.a. sørger for at det er mulig å gi partiklene i de grunnleggende fysiske teoriene masse. Denne partikkelen blir kalt Higgs-bosonet, og blir i Standardmodellen beskrevet av en eneste størrelse, nemlig dens masse. I teoretiske utvidelser av Standardmodellen er det ofte nødvendig med flere Higgs-bosoner med en mer kompleks struktur. Ettersom partikkelakseleratorenes energi stadig økes, vil det bli mulig å undersøke nye områder der Higgs-bosonet kan "ligge gjemt". Hansens doktorarbeid er et bidrag til dette.

∞

Anne Elise Steen Hansen

Siv.ing. Anne Elise Steen Hansen forsvarte 10. juni sin avhandling *No fire without smoke. Prediction models for heat release and smoke production in the SBI test and the Room Corner test based on Cone Calorimeter test results,* for graden dr.ing. ved NTNU.

I de fleste dødsbranner er det røyken som dreper. Brannrøyk er giftig, samtidig som den reduserer sikten og forhindrer rømning. I dag settes det branntekniske krav til bygningsmaterialer for en rekke bruksområder, og det finnes systemer for hvordan materialene skal rangeres på grunnlag av egenskapene ved brannpåvirkning.

Steen Hansen har funnet frem til beregningsmodeller som kan forutsi hvordan bygningsmaterialer vil oppføre seg i en storskala brann ut fra prøvingsresultater i liten skala. Modellene kan forutsi hvor mye varme og røyk som avgis, og dermed hvilken brannteknisk klasse et bygningsprodukt vil komme i. Beregningene er basert på fysiske og statistiske modeller. Multivariable statistiske analysemodeller er ikke tidligere benyttet ved slike undersøkelser, men har i denne oppgaven vist seg å gi lovende resultater og vil være nyttige hjelpemidler ved utvikling og kontroll av bygningsmaterialer. Modellene som Steen Hansen har utviklet vil kunne være verdifulle verktøy i forbindelse med brannteknisk prosjektering av bygninger.

Arbeidet er utført ved Institutt for bygg- og anleggsteknikk, NTNU, med professor Per Jostein Hovde som veileder. Det er finansiert av Vesta Forsikring AS og Norges branntekniske laboratorium as, SINTEF, hvor Anne Elise Steen Hansen er ansatt som forsker.

∞

Maaike Margrete Visser Taklo

Cand.scient. Maaike Margrete Visser Taklo forsvarte 16. januar i år sin avhandling *Wafer bonding for MEMS* for graden dr.scient. ved Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

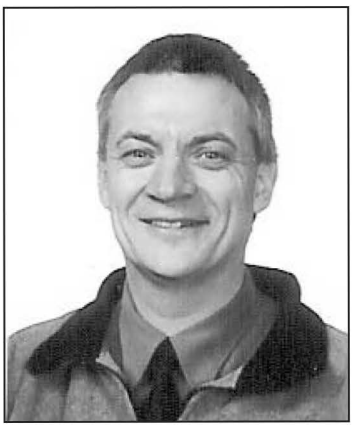
Ved masseproduksjon av mikrosystemer, f.eks. kollisjons- eller trykksensorer, er det en utfordring å sette sammen flere komponenter samtidig. I sitt doktorgradsarbeid har Maaike Visser Taklo optimalisert og videreutviklet et prosesstrinn som kalles skivebonding. Prosesstrinnet innebærer at store overflater med ekstremt lav ruhet kan lamineres uten bruk av mellomliggende materiale, som f.eks. lim. Hun har i tillegg utarbeidet metoder for test av styrke og lufttetthet til laminerte fuger.

Skivebonding er vesentlig for å kunne produsere billige mikrosensorer fordi tusenvis av sensorer kan settes sammen og kapsles samtidig i stedet for enkeltvis. I avhandlingen er det spesielt fokusert på lamineringsprosesser som utføres ved romtemperatur og lamineringsprosesser hvor elektrisk spenning benyttes. Eksperimenter er blitt utført ved SINTEF i Oslo og ved DTU i Danmark. En kommersiell skivebonder og avansert materialkarakteriseringsutstyr er blitt benyttet.

Kompetanse opparbeidet under doktorgradsarbeidet skal hjelpe norsk næringsliv til å ta i bruk mikrosystemteknologi. Doktorgradsarbeidet er del av en omfattende nasjonal satsing på dette området. Anders B. Hanneborg og Terje Finstad har vært veiledere for prosjektet.

∞

Walther Åsen



Cand.scient. Walther Åsen forsvarte 15. mai 2002 sin avhandling *Electromagnetic millimetre wave propagation models of precipitation in the atmosphere for frequencies above about 10 GHz* for graden dr.scient. ved Universitetet i Oslo.

Frekvensområdet over 10 GHz benyttes for nye radiokommunikasjonsbaserte tjenester som kan erstatte kabel-TV og telefonkabel i faste telenett. I avhandlingen beregnes rekkevidden for radiosignaler i regnvær ved hjelp av nye metoder som har gitt forbedret samsvar mellom teori og praksis. Resultatene viser at det på forskjellige steder i verden er stor forskjell på hvilke avstander trådløs kommunikasjon kan gi god kvalitet. Nedbørsmengde og regndråpestørrelse er viktige parametre for dempningen av radiobølgene. Målinger av regndråpestørrelser i Singapore, Chilbolton i England og på Kjeller er kategorisert, og det er utviklet nye modeller for beregning av demping av radiobølger ved en gitt regnrate. I tillegg er regnratemålinger utført av Meteorologisk institutt ved målestasjoner i Ålesund, Lillehammer og Oslo blitt sammenlignet.

Resultatene viser at tropiske strøk rammes av korte og sterke regnbyger som kan sette radiokommunikasjon ut av spill. Det er omtrent like mye nedbør langs kysten av Norge, men det regner oftere og jevnere. De nye målingene viser at det forekommer få av de sterke regnbygene i kystbyen Ålesund, noe som gir gunstigere forhold for trådløs kommunikasjon enn tidligere antatt. Lillehammer og Oslo er betraktelig mer utsatt for kraftige regnskurer.

Terje Tjelta og Aasmund Sudbø har vært veiledere, og arbeidet er utført i tilknytning til Universitetsstudiene på Kjeller og Fysisk institutt, UiO. Walther Åsen er nå ansatt ved Post- og teletilsynet.

∞

B-BLAD

Returadresse:
Fra Fysikkens Verden
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 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 biblioteker 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 vieregående skoler og andre undervisnigsinstitusjoner. 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 snever 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 tilleggstoff.

SMÅSTYKKER: bokomtaler, 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 teksting. 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 omtrent 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.

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

Norsk Fysisk Selskap

STYRE

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

Visepresident:
Professor Anne Borg
Inst. for fysikk, NTNU, Trondheim.

Styremedlemmer:
Professor Gaute Einevoll
Inst. for tekniske fag, NLH, Ås.
Professor Eirik G. Flekkøy
Fysisk inst., Univ. Oslo.
Professor Ola Hunderi
Inst. for fysikk, NTNU.
Førsteaman. Anders Isnes
ILS, Univ. Oslo.
Professor Jøran Moen
Fysisk inst., Univ. Oslo.
Direktør Jon Samseth
Høgskolestiftelsen på Kjeller.
Professor Jan S. Vaagen
Fysisk inst., Univ. Bergen.

Selskapets sekretær:
Rådgiver Heidi Bruvoll
Fysisk institutt, Universitetet i Oslo,
Boks 1048 Blindern, 0316 Oslo.
Tlf.: 22 85 64 26, Fax.: 22 85 64 22
E-post: heidi.bruvoll@fys.uio.no
Bankgiro: 7878.06.03258

Fra Fysikkens Verden

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

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

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

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