

<b>1 INNLEDNING: FYSIKKFAGETS PARADOKS – FÅ MEN LYKKELIGE</b> .....	<b>2</b>
<b>2 EN BESKRIVELSE AV UTVALGETS ARBEID</b> .....	<b>4</b>
2.1 UTVALGETS SAMMENSETNING OG MANDAT .....	4
2.2 PROSEDYRER FOR UTVIKLING OG IMPLEMENTERING AV NY LÆREPLAN .....	4
2.3 UTVIKLINGEN AV EN DEBATT .....	6
2.4 STATUS SÅ LANGT.....	7
<b>3 SITUASJONSBEKRIVELSE AV FYSIKK I NORSK VIDEREGÅENDE SKOLE</b> .....	<b>9</b>
3.1 LÆRERSITUASJONEN .....	9
3.1.1 Rekruttering .....	9
3.1.2 Lærernes kompetanse .....	10
3.1.3 Lærernes forhold til faget.....	10
3.2 ELEVSITUASJONEN .....	10
3.2.1 Utvikling i antall elever som tar 2FY og 3FY.....	10
3.2.2 Elevenes oppfatning av faget.....	12
3.3 EKSAMEN OG KARAKTERER ETTER R94 .....	16
3.3.1 Eksamen i 2FY.....	16
3.3.2 Sentralgitt skriftlig eksamen i 3FY.....	16
3.3.3 Fysikkeksamen betraktet som en test – reliabilitetsspørsmålet.....	17
3.4 SITUASJONSBEKRIVELSE – OPPSUMMERING .....	18
3.4.1 Det lukkede system.....	18
3.4.2 Hva med eksamen videre?.....	19
<b>4 KOMMENTARER TIL STRATEGIPLANEN “REALFAG, NATURLIGVIS”</b> .....	<b>21</b>
<b>5 LITT OM FYSIKKUNDERVISNINGEN I NOEN NABOLAND</b> .....	<b>23</b>
5.1 FINLAND .....	24
5.1.1 Generelt.....	24
5.1.2 Læreplanens innhold.....	24
5.1.3 Eksamen .....	24
5.2 ENGLAND.....	24
5.2.1 Generelt.....	24
5.2.2 Læreplanens innhold.....	25
5.2.3 Eksamen .....	26
5.3 SVERIGE.....	26
5.3.1 Generelt.....	26
5.3.2 Læreplanens innhold.....	27
5.3.3 Eksamen .....	27
5.4 DANMARK.....	27
5.4.1 Generelt.....	27
5.4.2 Læreplanens innhold.....	28
5.4.3 Eksamen:.....	28
<b>6 LÆREPLANER I FYSIKK I NORGE</b> .....	<b>29</b>
6.1 Perioden 1899 – 1975: Fysikk som ”verkstedfag”.....	29
6.2 Perioden 1976 – 1996: Vitenskapsfaget befestes.....	29
<b>7 VISJONER OG INSPIRASJON FRA ANDRE</b> .....	<b>31</b>
7.1 DANMARK: KOMPETANSEBEGREPET I SENTRUM .....	32
7.2 ENGLAND: FORNYING OG BEVISSTGJØRING .....	33
7.3 INSPIRASJON TIL NORSK SKOLE.....	34
<b>8 UTVALGETS FORSLAG</b> .....	<b>36</b>

# 1 Innledning: Fysikkfagets paradoks – få men lykkelige

En ramme for å diskutere realfagene i skolen generelt er ”realfagkrise”, et begrep som etter hvert er etablert som en sannhet uten nyanser. I korte trekk begrunnes begrepet krise med at Norge bruker svært lite penger på forskning og utvikling innen naturvitenskap og teknologi (NT), stadig færre velger å begynne på studier innen NT, de høyt kvalifiserte lærerne som kom inn i den videregående skole på 70-tallet er nå i ferd med å nærme seg pensjonsalder, elever som begynner på høyskole/universitetsstudier (både NT-studier og andre, eksempelvis helseprofesjonsstudier) har vist et svakt og fallende nivå i matematikk, norske elever i grunnskolen gjør det bare middels bra på internasjonale tester i naturfag og matematikk og de samme elevene rapporterer om relativt negative holdninger til naturfag og teknologi. En tilsvarende krise beskrives også i de fleste andre industrialiserte land.

I vårt arbeid kunne vi ha valgt å la denne realfagkrise være vår ramme. Når vi likevel ikke velger å la dette være utgangspunktet for vår diskusjon av fysikkfaget i den videregående skole, er det ikke fordi vi avfeier at realfagene i vårt land har en nedtur som virker å være ganske vedvarende. Vi ønsker imidlertid heller å ta utgangspunkt i *suksesshistorien* om norsk fysikk, et paradoks som vi snart vender tilbake til. I våre vurderinger ønsker vi derfor å ta utgangspunkt i hva som kjennetegner fysikkfaget i skolen, hovedsaklig i vårt eget land, men også ved å se på fysikkfaget i noen andre land som vi finner det naturlig å sammenlikne oss med.

Et særpreg ved forrige reform av norsk videregående utdanning var tempoet den ble gjennomført i. Høringsfristene var svært knappe, og reformen ble gjennomført uten at utkastet ble endret i vesentlig grad som følge av denne hektiske høringen. 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 enkelt lærer eller skole står hver for seg. Nå må det sies at det endelige utkastet til læreplanen i fysikk ikke medførte en omveltning av faget. Hovedlinjene fra de to, tre foregående planene ble beholdt. Likevel viste prosessen at når det politiske nivå bestemmer seg for å sette i gang arbeid med læreplaner, så går prosessene så raskt at det er vanskelig å komme til med argumenter og motargumenter. I slike hastverkprosesser vil man lett fremstå som defensiv og lite konstruktiv. Kap. 2 beskriver hvordan dette førte til nedsettelsen av et utvalg som skulle komme med en innstilling om fremtidige læreplaner i fysikk.

Utgangspunktet for våre drøftinger om et nytt fysikkfag har vært følgende paradoks: Vi har i dag et fysikkfag som både lærere og elever trives svært godt med, og vi har et faglig nivå på våre fysikkspesialister som er svært godt sammenliknet med andre land (mer om dette i kapittel 3). Hvorfor skal vi da endre noe som helst? Utvalget kunne derfor ha gode argumenter for å formulere en innstilling som konkluderer med at vi ikke bør endre noe ved å vise til suksesshistorien om fysikkfaget.

Når vi likevel ikke har falt ned på en slik konklusjon skyldes dette at vi har lagt vekt på at:

- ✓ det er ytre endringer som gjør det nødvendig å revidere også læreplaner i fysikkfaget
- ✓ det er et vedtatt mål at antall elever i fysikk bør øke

- ✓ fysikkfaget og vår forståelse av fysikkfagets funksjon i samfunnet har endret seg og
- ✓ det finnes erfaringer og forskningsbasert kunnskap som identifiserer konkrete svakheter i fysikkundervisningen som gis

Kapittel 4-7 gir en beskrivelse av både fysikkfaget i Norge og andre forhold rundt fysikkfaget som det er relevant å være informert om, altså en utdyping av punktene ovenfor. Dette er etter vår oppfatning en beskrivelse som gir et nyansert, oppdatert og godt belagt informasjonsgrunnlag for beslutninger knyttet til læreplan i fysikk. Denne rapporten avsluttes med det som er utvalgets innstilling i kapittel 8.

## 2 En beskrivelse av utvalgets arbeid

Styret i fysikklærerforeningen satte i november 2000 ned et utvalg som skulle iverksette nødvendige tiltak for å sikre at når læreplanene i fysikk skal revideres neste gang, så vil fysikklærerne i større grad være beredt.

### 2.1 Utvalgets sammensetning og mandat

Utvalget bestod av følgende personer:

- ❖ Rolf Vegar Olsen (leder av utvalget, stipendiat ved Universitetet i Oslo, Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling)
- ❖ Øyvind Guldahl (lektor ved Persbråten vgs i Oslo)
- ❖ Per Jerstad (lektor ved Møglestu vgs i Lillesand).
- ❖ Astrid Johansen (lektor ved Tiller vgs i Trondheim).
- ❖ Ellen K. Henriksen (førsteamanuensis ved Universitetet i Oslo, Fysisk Institutt).
- ❖ Per Morten Kind (førsteamanuensis ved Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet, Institutt for fysikk).
- ❖ Eimund Aamot (leder av Fysikklærerforeningen, lektor ved Levanger vgs).

I tillegg har Carl Angell vært en aktiv medspiller i hele perioden, og Anders Isnes var deltaker i de første drøftingene vi hadde.

Det første utkastet til mandat for utvalget ble formulert slik:

1. Utarbeide et diskusjonsopplegg for fornyelse av skolefaget fysikk.
2. Sette i gang arbeid i undergrupper på regionsnivå.
3. Etablere samarbeid med andre miljøer.
4. Utvikle en grovskisse til læreplan.

Utvalgets innstilling gjør rede for hvordan arbeidet med disse fire punktene har forløpt. Innstillingen er ment å være et element i en opplyst debatt om skolefysikken i tiden framover. Kap. 1-7 gir en bakgrunn for de forslag utvalget har formulert i kap. 8.

### 2.2 Prosedyrer for utvikling og implementering av ny læreplan

Utvalget har arbeidet ut fra en felles visjon om at endringer bør skje som en følge av en rasjonell prosess. En slik prosess inneholder typisk:

*1) En evaluering av gjeldende læreplan.* Dette gjelder både en grunnleggende analyse av dokumentet i seg selv (den ideelle læreplanen), hvordan læreplanens intensjoner har blitt gjennomført (den implementerte læreplanen), samt hvordan læreplanen har virket (den oppnådde læreplanen). Her kan den store evalueringen av fysikkundervisningen i Danmark være et modelleksempel (Angell & Paulsen, 2003; Danmarks Evalueringsinstitut, 2001). Vi har også i stor grad det empiriske grunnlaget for en slik evaluering gjennom FUN-prosjektet gjennomført ved Universitetet i Oslo (mer om dette i kapittel 3 nedenfor). Den debatten som har vært ført i regionene som en del av prosessen som har ført til dette dokumentet, har også bidratt med elementer til en evaluering av fysikkfaget.

**II) En vurdering av endringer i forhold som ligger utenfor selve skolefaget.** Dette kan være endringer i det akademiske faget som skolefaget refererer til, i dette tilfellet fysikk. Det kan også være lærdom fra endringer i andre land. En slik vurdering må selvsagt også inkludere en evaluering av forholdet mellom fysikk og fagene matematikk og naturfag. I tillegg må man i en grunnleggende vurdering av forhold utenfor selve skolefaget også inkludere en analyse av hvordan ulike offisielle dokumenter vil påvirke skolen generelt og fysikkfaget spesielt. Eksempler på slike dokumenter som det er viktig å ta hensyn til i vårt konkrete arbeid er regjeringens strategidokument *Realfag, naturligvis* om styrking av realfagene i skolen (UFD, 2002, 2004b) og stortingsmeldingen *Kultur for læring* (UFD, 2004a) basert på kvalitetsutvalgets innstilling *I første rekke* (NOU, 2003). Etter hvert som slike overordnede dokumenter implementeres, vil vi få nytt lovverk, nye forskrifter og andre generelle styringsdokumenter som vil påvirke handlingsrommet for komiteen som til slutt skal formulere en læreplan.

**III) Kvalitetssikring av ønsket effekt.** Ingen endring bør skje uten at man har innhentet erfaringer om hvordan endringen vil slå ut. Med andre ord mener utvalget at alle endringer bør gjennomføres først som en forsøksordning. Slike forsøk må være sentralt styrt og initiert. Modell i så måte er endringene som for tiden skjer i Danmark<sup>1</sup>. Å forske seg fram til gode læreplaner er i utgangspunktet svært vanskelig, særlig dersom begrepet forskning oppfattes snevert som å finne kausale sammenhenger mellom læreplaner og elevenes utbytte. Imidlertid kan man mer systematisk enn det som er gjort tidligere i norsk skolehistorie, sette i gang forsøk som beskrives og gis en analytisk forståelse av andre enn den læreren som gjennomfører undervisningen.

Forsøksvirksomheten i skolen har hatt en tendens til å forbli lokale idealisters ensomme slit for å få til en bedre undervisning på sin skole. Selve begrepet ”bedre undervisning” er også et svært uklart begrep som oppfattes ulikt i ulike forsøk. Ofte opplever man at kriteriet for å evaluere at noe er bedre, er satt slik at forsøket alltid vil resultere i suksess. Gjennom å lansere et eller flere prosjekter i større skala, kan man på en mer konsistent måte få studert hva som skjer når nye læreplaner implementeres. Man kan dessuten mer eksplisitt definere et felles kriterium for hva som skal regnes som en suksessfull læreplan i de ulike forsøkene.

Vi er i den heldige situasjonen at det i dag finnes noen forsøk som ikke kun er lokalt knyttet til en skole. Læringscenteret har initiert og finansiert et forsøk hvor man ser på bruk av praktisk prøve som en del av eksamen i fysikk (XX referanse?). Et større og prinsipielt viktigere arbeid er et samarbeid mellom UiO og NTNU hvor flere lærere har blitt invitert til å delta i utprøvingen av nye emner og nye tilnærminger i fysikkfaget: *Fysikkutdanning for det 21. århundre*, eller FYS 21 som det har blitt forkortet<sup>2</sup>. Prosjektets hovedmål er å øke forståelsen av hvordan fysikkfaget i videregående skole kan utvikles for å være relevant for morgendagens samfunn og arbeidsmarked. Delmålene er 1) å identifisere utfordringer for en fysikkutdanning ved begynnelsen av det 21. århundre; 2) å identifisere mulige utviklingsveier for fysikkfaget i videregående skole, og 3) å studere prosesser i klasserommet og elevers læringsutbytte (kunnskaps- og holdningsmessig) av nye elementer og strategier i fysikkfaget. 10 videregående skoler i hhv Trondheims- og Osloregionen er knyttet til prosjektet

---

<sup>1</sup> (se <http://www.emu.dk/gym/fag/fy/uvn/forsoeg/index.html>)

<sup>2</sup> (se <http://www.fys.uio.no/skolelab/FYS%2021/>)

som samarbeidsskoler, og utvikling av ideer og nytt undervisningsinnhold gjøres i et samarbeid mellom prosjektlærerne og forskergruppene ved NTNU og UiO. Forsøket er imidlertid i en såpass tidlig fase at det ikke er mulig på nåværende tidspunkt å konkludere hvorvidt dette prosjektet kan fungere som modell for videre forsøksvirksomhet, og om det konkrete materialet som prøves ut bør implementeres i ny læreplan. Hensikten med å nevne dette prosjektet er at en slik organisering av forsøksvirksomhet, med sentralt formulerte mål og styring, men med lokal medvirkning både i å finjustere prosjektets mål, samt i utviklingen av nytt undervisningsmaterieell og innovative undervisningsmetoder, er en ønsket form for utprøving før det formuleres generelle læreplaner som skal gjelde for alle. Det er et eksempel på hvordan en læreplan kan kvalitetssikres. Spesielt er dette viktig dersom man ønsker seg en varig læreplan. Hvis et forslag til ny læreplan ikke kvalitetssikres, vil sannsynligheten være relativt større for at problemer knyttet til den til slutt fører til at planen må revideres eller omarbeides.

### ***2.3 Utviklingen av en debatt***

Et prosjekt i Storbritannia, *Post 16 initiative - Shaping the Future*, har vært en viktig inspirasjonskilde for utvalgets arbeid<sup>3</sup>. Dette er et storstilt prosjekt i regi av Institute of Physics (IoP) som er den britiske ekvivalenten til Norsk Fysisk Selskap. Dette arbeidet har blant annet resultert i nye fysikkurs, *Advancing Physics*<sup>4</sup>. Prosessen fram mot disse nye kursene var preget av at flere hundre lærere deltok aktivt på møter av ulike slag (se kap. 5 for en kortfattet beskrivelse av disse kursene, og kap. 7 om ideene som førte til disse kursene). Det var altså en prosess som beveget seg nedefra og opp; fra klasserommet og opp i læreplannivået, fra det uformelle til det formelle, eller om man vil fra lærer til byråkrat. Dette er den rake motsetningen av prosessen med R94 kort beskrevet ovenfor. Selv om vi er et lite land, og vår forening ikke disponerer de midler som det IoP avsatte til sitt arbeid med fysikkfaget i skolen, ønsket vi å arbeide ut fra de samme prinsippene. Utvalget bestemte derfor at vårt mandat skulle være å få en skikkelig debatt, først lokalt/regionalt, og deretter en samlende nasjonal debatt på Fysikermøtet (en konferanse arrangert av Norsk Fysisk Selskap hvert andre år) i august 2003.

For at en slik debatt skal fungere som et nyttig bidrag til arbeidet med nye læreplaner, er det to forutsetninger som må oppfylles. For det første må man ha *et diskusjonsgrunnlag som gjør at debatten fokuserer på sentrale momenter*. Vår erfaring er at svakt fokuserte debatter ofte ikke resulterer i et konkret produkt. I stedet vil man i debatter hvor grunnlaget ikke er felles, oppleve at debatten går i alle retninger uten en rød tråd, og man opplever ofte at både skinnenigheter og skinnuenigheter forekommer. Vi valgte derfor å formulere noen få sentrale tema som debatten skulle opplyse om:

- I. Er fysikk et allmenndannende fag eller er det primært et fag for elever som ønsker en spesialkompetanse?
- II. Kan vi organisere fysikkfaget annerledes i skolen? Inkludert i dette spørsmålet er fagstruktur og læreplanstruktur.

---

<sup>3</sup> se <http://post16.iop.org/initiative/>

<sup>4</sup> se <http://advancingphysics.iop.org/>

- III. I hvilken grad kan vi få inn emner som viser hva fysikere driver med i dag?
- IV. Hvilken rolle spiller matematikken i fysikkfaget?
- V. Hvordan kan vi best utnytte IKT i vårt fag?
- VI. Hvilket forhold bør det være mellom læreplan og eksamen?
- VII. Hvordan kan læreplanarbeid og forskning bli bedre integrert?

Vi ble enige med redaksjonen i *Fra Fysikkens Verden*, tidsskriftet til Norsk Fysisk Selskap, om et spesialnummer høsten 2002. Til dette nummeret utfordret vi personer fra ulike miljøer; fysikere på universitetet, fagdidaktikere og fysikklærere, til å skrive korte, fokuserte innlegg relatert til de hovedtemaene som utvalget hadde blitt enige om. Disse bidragene er i sin helhet inkludert som vedlegg 1 til denne innstillingen.

Den andre forutsetningen som måtte oppfylles for å få etablert en konstruktiv debatt var *å etablere arenaer*. I vår forening har vi delt landet inn i regioner. Dette har i lang tid vært et dødt nettverk som ikke har vært brukt særlig aktivt. For å få aktivert dette ble alle regionslederne oppfordret til å arrangere regionale seminarer. Hver region ble utfordret til å gå i dybden på ett av de foreslåtte temaene. Slike debatter ble arrangert i Oslo og Akershus (2 møter), Finmark, Vestfold og Buskerud, Aust og Vest Agder, Oppland og Møre og Romsdal og Nord og Sør Trøndelag. Alle møtene var godt besøkt og endte i skriftlige referater som har vært grunnlag for det videre arbeidet i utvalget. I tillegg til disse ”ekte” arenaene etablerte vi et virtuelt debattforum på våre nettsider. Det viste seg at debattforumet på nettet ikke fungerte. Dette kan sannsynligvis forklares med noe dårlig markedsføring, kombinert med at våre medlemmer ikke er fortrolige med slike kommunikasjonskanaler. Referater fra regionsmøtene er lagt ved som vedlegg 2 til innstillingen.

Høsten 2003 ble finalen i debatten blant lærerne (og med bidrag også fra fagfysikerne) arrangert i forbindelse med Fysikermøtet på Sundvollen i august. Referat fra denne debatten er inkludert i vedlegg 2.

## ***2.4 Status så langt***

Til sammen har disse aktivitetene medført at de to første punktene i utvalgets mandat (se side 3) har blitt gjennomført.

Punkt 3 i utvalgets mandat har ikke vært like enkelt å gjennomføre. Vi har vært i uformelle samtaler med Læringssenteret, og har mottatt generelle, men positive tilbakemeldinger på vårt arbeid. Denne innstillingen er også et dokument som primært sendes til Læringssenterets avdeling for læreplanarbeid, og det er grunn til å tro, med bakgrunn i uformelle tilbakemeldinger, at dette dokumentet vil bli et nyttig arbeidsdokument for det videre arbeidet med å lage ny læreplan i fysikk. Det er også grunn til å tro at en eller flere av utvalgets medlemmer vil komme til å få formelle roller når UFD/Læringssenteret vedtar å nedsette en læreplankomité.

Punkt 4 i utvalgets mandat har underveis blitt noe endret. Vi innser at dersom vi skal være en konstruktiv bidragsyter i debatten framover, må vårt sluttdokument leveres til Læringssenteret før ”knappen trykkes på”. Vi tror dette vil skje ganske snart. Det har imidlertid kommet svært få generelle føringer på hvordan en ny læreplan skal se ut. Det eksisterer noen rykter om at det skal være et svært kort dokument som kun beskriver noen få, men svært sentrale

kompetanser. Andre rykter tilsier imidlertid at det fortsatt er ønskelig med målformuleringer med en presisjon som gjør det mulig å måle om de er nådd. Det er derfor ikke hensiktsmessig bruk av vår knappe tidsressurs å formulere et fullstendig læreplanforslag før vi vet mer om generelle føringer. Vi har derfor valgt å presentere et sett med forslag som vi mener den nye læreplankomiteen bør ta stilling til i sitt arbeid.

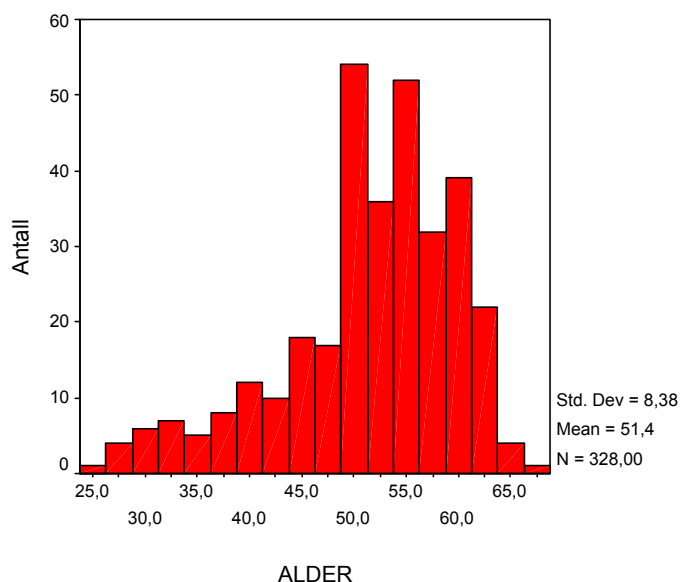
## 3 Situasjonsbeskrivelse av fysikk i norsk videregående skole

Denne situasjonsbeskrivelsen bygger i stor grad på resultater fra FUN-undersøkelsen som ble gjennomført i perioden 2000 – 2002 ved Fysisk institutt og Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling, Universitetet i Oslo. Prosjektet besto totalt av en stor, nasjonal spørreskjemaundersøkelse til lærere og elever, samt to fokusgruppeundersøkelser, en med elever og en med lærere. Resultater fra dette prosjektet er nærmere beskrevet i Angell, Guttersrud, Henriksen, & Isnes (i trykk), Angell, Henriksen, & Isnes (2003), Bjørkhaug (2004), Guttersrud (2001a, 2001b), Henriksen, Angell, & Isnes (2000). I det følgende presenteres utvalgte resultater fra alle disse arbeidene.

### 3.1 Lærersituasjonen

#### 3.1.1 Rekruttering

Rekrutteringen til fysikklæreryrket er en hovedutfordring for norsk skolefysikk. Tilveksten av fysikklærere har vært katastrofalt lav i mange år, og alderssammensetningen av landets fysikklærere er svært skjev.



**Figur 1.** Aldersfordelingen til fysikklærerne som deltok i FUN-undersøkelsen (år 2000). Gjennomsnittsalderen i år 2000 var 51,4 år.

Figur 1 viser aldersfordelingen til de 328 fysikklærerne som deltok i FUN-undersøkelsen våren 2000. Vi vet ikke hvor mange fysikklærere det er i norsk videregående skole (et rimelig anslag tilsier 600-700), men vi antar at disse 328 lærerne ikke er spesielle på noen måte og at de dermed utgjør et rimelig representativt utvalg. Etter hvert som den store gruppa av lærere over 50 år går av, vil det være altfor få til å fylle opp. Antall studenter som har gjennomført praktisk-pedagogisk utdanning med fysikk i fagkretsen har vært svært lavt gjennom 90-tallet. På landsbasis har tallet variert mellom 4 og 15 pr. år. En rapport fra NIFU viser at andelen av nyutdannede realister med høyere grad som har begynt i skolen, har sunket fra 32 % i 1972 til 8 % i 2000 (Næss, 2002).

Samtidig viser tallene at halvparten av alle realister med høyere grad som nå arbeider i skolen, kommer til å forsvinne ut av skolen de neste 10 – 15 årene på grunn av oppnådd pensjonsalder.

Bare 11 % av fysikklærerne i FUN-undersøkelsen var kvinner.

### **3.1.2 Lærernes kompetanse**

Den formelle fagkompetansen (slik den framkom fra FUN-dataene) er svært god blant dagens fysikklærere: I aldersgruppa 26 til 35 år har 43 % av lærerne hovedfag i fysikk; av 35-50-åringene er det 44 % og av dem over 50 er det 52 %. I tillegg er det mange som har hovedfag i noe annet enn fysikk (eksempelvis kjemi eller matematikk). Hele 79 % av alle lærerne som var med i undersøkelsen, oppga at de hadde hovedfag i et realfag. Blant de få som har gjennomført praktisk-pedagogisk utdanning med fysikk i fagkretsen i de siste 10 årene, har kun et fåtall hovedfag i fysikk.

### **3.1.3 Lærernes forhold til faget**

Som vi skal komme tilbake til, ga fysikklærerne i FUN-undersøkelsen stort sett uttrykk for at de var fornøyd med faget og elevene. I fokusgruppe-undersøkelsen til Bjørkhaug (2004) var det likevel mange av fysikklærerne som viste stor reformvilje, med klare hentydninger om at faget (både 2FY og 3FY) var altfor faglig omfattende til at man kunne ivareta læreplanens intensjoner om å legge vekt på de kvalitative sidene av stoffet. Flere ønsket 2FY som et kvalitativt preget fysikkfag med færre emner, slik at tidspresset ikke ble så stort. Enkelte antydte også å lage et nytt 2FY-kurs som kunne ha med emner som var aktuelle til bruk i de andre realfagene. Hverdagsfysikken burde komme sterkere inn både i 2FY og 3FY. Det var stor enighet blant lærerne om at det burde gjøres noe med fysikkfaget i den videregående skolen for å kunne rekruttere flere til fysikkfaget.

I forbindelse med at vi i kap. 3.2.2 ser på elevenes forhold til faget, vil vi sammenholde dette med lærernes synspunkter på de samme aspektene.

## ***3.2 Elevsituasjonen***

### **3.2.1 Utvikling i antall elever som tar 2FY og 3FY**

Norge har svært mangelfull utdanningsstatistikk. Vi har likevel forsøkt å framskaffe elevtall for 2FY og 3FY gjennom de siste 20 årene (tabell 1). Opplysningene i tabellen tyder på at andelen elever som velger 2FY i dag er omtrent som for 20 år siden, mens relativt elevtall på 3FY har gått ned. I 2FY har jenteandelen vært ganske stabil gjennom de siste 20 årene, mens den i 3FY nådde et lavmål på midten av 90-tallet for deretter å ta seg opp igjen. Svingningene har vært størst for 3FY både i relativt elevtall og i jenteandel.

Generelt ser vi at det er en forholdsvis større andel jenter enn gutter som slutter etter 2FY. I FUN svarte 40 % av jentene og 27 % av guttene at de ikke hadde tenkt å gå videre til 3FY. Det vanligste svaret på hvorfor de ikke ville gå videre, var at de ikke trengte det til sin videre utdanning, og at faget var vanskelig og krevende.

<i>År</i>	<i>2FY</i>	<i>% av årskull</i>	<i>% jenter</i>	<i>3FY</i>	<i>% av årskull</i>	<i>% jenter</i>	<i>Kilde</i>
83/84	8019	12	34	6271	9,6	28	SISS
85/86				5409	8,1		RVO
89/90				5391	8,4		RVO
95/96	5942	11	32	4320	8,5	21	Renate
96/97	5933	12	32	4000	7,8	24	Renate
97/98	6738	13	34	3887	7,5	24	Renate
98/99	7060	14	32	4297	8,4	27	Renate
99/00	7015	14	33	4143	8,2	28	Renate
99/00	5431	11	35	3371	6,7	29	NVB
00/01	5261	11	34	3041	5,9	28	NVB
01/02	5519	11		2943	5,9	28	NVB
01/02				3352	6,7		LS

**Tabell 1:** *Elevtall i 2FY og 3FY i noen utvalgte år. Tallene bygger på informasjon fra ulike kilder og er derfor ikke direkte sammenlignbare. Dataene fra SISS og Renate gjelder antall oppmeldte elever på kursene. RVO-tallene gjelder de elevene som faktisk har møtt til eksamen, mens tallene fra NVB (Nasjonal vitnemålsdatabase) gjelder antall kandidater som har fått vitnemål fra videregående skole for bestått eksamen. Tallene fra LS gjelder igjen antall oppmeldte elever.*

Ser man på det absolutte elevtallet gjennom den siste 20-årsperioden, er bildet noe annerledes. Vi har hatt en ganske markert nedgang i årskullene gjennom denne perioden som har bidratt til å forsterke effekten av nedgangen i relativt elevtall. Årskullseffekten bidrar til at de absolutte elevtallene på 2FY, og særlig 3FY, fortsatt er lavere enn 20 år tilbake. 1983 var året med færrest nyfødte og det er derfor få 17-åringer i skoleåret 2000/2001.

Vi ser av tabellen at det er omkring 12 % av årskullet som velger 2FY og omtrent 7% av årskullet som velger 3FY. Til sammenlikning kan vi nevne at det på midten av 90-tallet var 16 % av svenske ungdommer som valgte fysikk på høyeste nivå (Angell, Kjærnsli, & Lie, 1999). I Danmark er det grovt sett ca 20 % av et årskull som går på matematisk linje på gymnaset og dermed har fysikk obligatorisk i 2. klasse, mens bare ca 3 % av årskullet velger fysikk på høyt nivå i 3. klasse. Andelen av norsk ungdom som velger fysikk til høyeste nivå er altså ganske liten i internasjonal sammenlikning, men de som faktisk velger fysikk, når et svært høyt faglig nivå slik det måles i TIMSS-undersøkelsen (Mullis m.fl., 1998).

### 3.2.2 Elevenes oppfatning av faget

#### *Interesse, evner og nytte avgjør valg*

Interesse for og evner i faget, samt nytte for framtidig utdanning og yrke, framkom i FUN-undersøkelsen som de viktigste motivasjonsfaktorene for elevenes valg av fysikk.

#### *Vanskelig og arbeidskrevende, men interessant*

Mange elever som leser fysikk, synes faget er vanskelig og arbeidskrevende. Fysikkelevne gir i større grad enn for eksempel engelsk- og samfunnsfagelever uttrykk for at "deres fag" er vanskelig, at arbeidsmengden er stor, og at undervisningen har høyt tempo. Samtidig gir fysikkelevne i stor grad uttrykk for at faget er interessant og at undervisningen er god.

Er det slik at fysikkfaget i seg selv er spesielt krevende, eller er nivået på skolefysikken av historiske grunner holdt uforholdsmessig høyt? Svaret er kanskje ja på begge spørsmålene. Fysikk er karakterisert ved en abstrakt begrepsbruk. Det betyr at elevene blir stilt overfor krav om å beherske og manipulere et omfattende område av formler, grafer, idealiseringer og modeller. Samtidig skal de være i stand til å knytte disse til representasjoner av konkrete fenomener. Dette er ikke lett, og mange av fysikkfagets problemer har nok sitt utspring her. Dessuten har den vitenskapelige tradisjonen og fysikk som et rent studieforberedende fag stått sterkt både her i landet og i mange andre land. Det kan ha bidratt til at fysikkfaget har hatt et høyt nivå sammenlignet med en del andre fag i skolen. Leif Kristensen (1995) har vist at elever som velger fysikk og matematikk får dårligere karakter i "sitt" studieretningsfag enn andre elever får i "sitt". Samtidig får fysikk- og matematikkelevne i gjennomsnitt bedre karakterer enn sine medelever i felles allmenne fag. Det tyder sterkt på at kravene i realfag er høyere enn i en del andre fag<sup>5</sup>. Som en elev uttrykte det i den skriftlige FUN-undersøkelsen:

[Fysikk er] vanskelig stoff, forklart på en enda vanskeligere måte, med mange forvirrende formler

#### *Jenter, vanskelighetsgrad og forståelse*

Særlig jentene (også de med god karakter i fysikk) vurderer faget som vanskelig. I fokusgruppene med elever ble det sagt at en grunn til at jenter synes fysikk er vanskelig er at de har høyere forventninger til sin egen forståelse enn guttene har:

...jenter må skjønne ting, ikke sant. For jenter hekter seg så innmari opp i det, men gutter kan på en måte godta det litt mer og så kommer de litt videre, da, siden de bare lar det være, ikke sant

(jente, 3FY).

Stadler, Duit og Benke (2000) hevder at jenter og gutter har ulike forestillinger om hva det vil si å forstå fysikk: Jenter mener at de forstår et begrep bare hvis de kan sette det inn i et bredere verdensbilde, mens gutter ser ut til å se fysikken

---

<sup>5</sup> Situasjonen er sannsynligvis bedre i dag. Tabell 2, kap. 3.4.2, viser at gjennomsnittskarakteren til eksamen har blitt betydelig hevet, og ligger i dag omtrent en halv karakter høyere enn gjennomsnittskarakterene til eksamen i norsk hovedmål. Når vurderingspraksis til eksamen endrer seg er det rimelig å tro at det også skjer en justering av læreres karakterfastsettelse til standpunkt.

som verdifull i seg selv og er fornøyd hvis det er intern konsistens mellom fysikkbegrepene de lærer. Osborne og Collins (2001) fant at jenter uttrykte et ønske om å forstå hvorfor ting skjer (det kausale spørsmål), heller enn bare å lære hva som skjer (det ontologiske spørsmål).

### *Fysikk og "virkeligheten"*

Guttersrud (2001a) skriver at fysikkelevne i hans undersøkelse vurderer fysikk som teoretisk og abstrakt, men likevel med sterke forankringer til virkeligheten. Imidlertid oppfatter elevene 3FY som et kurs med sterkere tilknytning til hverdagen enn 2FY. Dette står i motsetning til læreplanen, som indikerer at 2FY skal være mer kvalitativt og "jordnært", mens 3FY skal være mer formalistisk og studieforberedende. Det kan være rimelig å tolke elevens oppfatning av "hverdagen" temmelig vidt. Det ser ut til at når elever beskriver fysikken som relatert til "hverdagslivet", tenker de på sine daglige konversasjoner, populærvitenskapelige blader/programmer og eksistensielle spekulasjoner heller enn på fenomenene de observerer. Relativitet og kvantefysikk er temaer som noen ganger kommer opp i samtaler (også blant ikke-fysikere) og som er fascinerende og gåtefulle, og astrofysikk har implikasjoner for den enkeltes syn på sin egen plass i den store sammenhengen. På denne måten kan elever (paradoksalt nok?) se slike temaer som mer relevante for dagliglivet enn akselerasjon, friksjon og strøm. Dette kan også henge sammen med den økende fremmedgjøringen fra hverdagsteknologien: I vår tid har det blitt en sjeldenhet å reparere en bil eller en radio.

Relativitetsteori var ett av elevenes favoritttemner. De likte å diskutere relativitet av to grunner: For det første på grunn av teoriens fascinerende implikasjoner; for det andre fordi de nøt å være "eksperter" på et område som kunne komme opp i samtaler i fritiden. Dette sosiale aspektet ved fysikkunnskap virket særlig viktig for jentene:

Jente 1 (3FY):...det er egentlig ganske morsomt, noe med den relativitetsteorien. Da ble jeg ganske fascinert liksom.

Jente 2, 3FY: Jeg har forklart relativitetsteorien til flere jeg liksom, men da så alle dumt på meg når jeg gjorde....

Jente 1, 3FY: Ja, ha-ha, ikke sant....

Osborne og Collins (2001) fant at britiske 16-åringer (særlig jentene) la vekt på viktigheten av naturfag for å forstå verden og kunne forklare ting for andre.

### *Forholdet til matematikk*

Det var ingen elever i fokusgruppene som ga uttrykk for at matematikken de møtte i fysikkursene representerte noe stort problem. Fysikkfaget ble assosiert med enkel og ukomplisert regning, og elevene oppfattet fysikkursene som preget av "triksing med bokstaver". Noen av elevene fremholdt riktignok at de ikke var så flinke til å kombinere formler og regne med symboler ("De like symbolene, jeg hater alle de like symbolene" – Gutt, 3FY), men de ga likevel uttrykk for at fysikken ikke forsvant i den matematiske beskrivelsen. Elevene hadde en bevissthet om at fysikkens språk er matematikk og at matematikken er et nyttig verktøy for å kaste lys over fysiske fenomener. De ga uttrykk for at fysikk ga mulighet til å bruke matematikken på interessante måter. Mange elever foreslo at den nødvendige matematikken burde integreres som en del av fysikkurset.

Matematikkens omfang og betydning i skolefysikken har vært gjenstand for mye diskusjon. Selv om noen elever også har problemer med enkel algebra, tyder resultatene fra Guttersruds undersøkelse på at elevene ikke oppfatter det som hovedproblemet. Det kan være fristende å tenke at det kanskje er tvert i mot. I redsel for å bruke matematikk der det er nyttig, har skolefysikken ikke utnyttet de matematikkunnskaper elevene tross alt har fra matematikkursene. Det kan til og med være ganske frustrerende å nesten ikke få utnytte noe av den matematikken en kan.

Mye tyder på at det er "oversettelsen" fra en fysisk situasjon til matematisk formalisme som er den store utfordringen (de Lozano & Cardenas, 2002; Dolin, 2002). I det britiske læreplanprosjektet "Advancing Physics" (se kap. 5 og 7) har man valgt en gjennomtenkt, men ikke feig holdning til matematikk – i den forstand at man bruker den matematikken man trenger der det er grunn til det, uten å gjøre stoffet unødvendig matematisert (Carson, 1999; Ogborn & Dobson, 2000)

#### *Hva er interessant, karakteristisk og viktig i fysikkfaget?*

I FUN-undersøkelsen ble fysikkelever og lærere bedt om å vurdere hva som var viktig i fysikkfaget. Å forstå verden og dagligdagse fenomener, ble vurdert høyt av begge grupper. Imidlertid la lærerne mer vekt på den eksperimentelle siden, som å "lære å bruke måleapparater" og "kunne oppleve spennende eksperimenter". Verken lærere eller elever betraktet kjennskap til vitenskapshistorien som viktig. Blant temaene på pensum var det astrofysikk og relativitet som kom fram som de mest interessante.

En nærmere analyse av elevenes svar på hva som var viktig og interessant i fysikk viste at de elevene som hadde best karakter, var mest opptatt av "tradisjonelle fysikkemner" og av å "forstå verden og grunnleggende fysikklover", mens elever med noe svakere karakterer var relativt mer opptatt av aspekter som "fysikk i historie og samfunn" og eksperimentelt arbeid. Dette kan antyde at de mest veltilpassede elevene i dagens fysikklasser er de som holder seg til det tradisjonelle paradigmet for fysikkundervisning: Elever med en orientering mot "fysikk-innhold/temaer og grunnleggende lover" belønnes med høyere karakterer enn elever med interesse for fysikkhistorie, fysikk i samfunnet osv.

#### *Forholdet til eksperimentelt arbeid*

Som nevnt var elevene mindre opptatt enn lærerne av fysikk som et eksperimentelt fag. Det ser ut til at eksperimenter i fysikktimene framstår for elevene som lett og morsomt, men at disse ikke lykkes i å illustrere for elevene den sentrale rollen som eksperimenter har i fysikk og naturvitenskap. Mange elever foretrakk lærerdemonstrasjoner framfor elevaktivitet i det eksperimentelle arbeidet, siden sistnevnte ble oppfattet å skape kaos. Elevene ønsket dessuten å gjennomgå teorien før forsøket eller demonstrasjonen ble utført.

Séré (2002), som gjennomførte en studie av formål med og gjennomføring av eksperimentelt arbeid i skolen i 7 europeiske land, advarte mot å se eksperimentelt arbeid som noe som bare skulle øke begrepsforståelsen. Videre etterlyste hun en sterkere vektlegging i labarbeidet av prosessmål og mål relatert til å forstå hva naturvitenskap er, samtidig som hun advarte mot å ha for mange målsetninger med ett og samme forsøk. Ryder, Leach og Driver (1999) viste at en del elever som arbeidet med åpne forsøk ikke forsto hvordan

datainnsamling kan brukes til å vurdere en modell. Leach (1999) pekte på at mange elever ikke er i stand til å se hvordan data har logiske implikasjoner for vår forståelse/kunnskap, og han anbefalte at elever burde gjøres mer eksplisitt kjent med naturvitenskapelig kunnskap som modeller.

### *Hva skjer i fysikktimene?*

I FUN-undersøkelsen ble fysikkelever og lærere bedt om å vurdere hvor ofte et utvalg av ulike undervisningsmetoder ble brukt i det fysikkurset de for øyeblikket arbeidet med. Elevene ble dessuten bedt om å indikere hvor ofte de kunne ønske at de ulike undervisningsmetodene ble brukt dersom de kunne velge. Metodene som ble presentert, var bl.a. forelesninger/tavleundervisning, gruppediskusjoner av nye begreper, demonstrasjoner, elevøvelser, individuell oppgaveregning, oppgaveregning i grupper, osv. Det viser seg at 2FY- og 3FY-elevene stort sett er enige med sine lærere om hva som faktisk foregår i fysikktimene. For eksempel blir elevens forslag sjelden brukt i planleggingen av undervisningen, demonstrasjoner for å illustrere begreper eller fenomener gjøres ganske ofte, og eksperimentelt arbeid gjøres etter "kokebok-metoden" og ikke i form av åpne forsøk. Elever og lærere er også uenige på et par punkter; for eksempel mener lærerne at de driver med "tavleundervisning" i relativt liten utstrekning og at de ofte vektlegger kvalitative diskusjoner av begreper, mens elevene hevder at det er motsatt!

Elevene er også stort sett fornøyde med situasjonen som den er – det er få store sprik mellom hva elevene opplever i timene og hva de kunne ønske seg. For eksempel foretrekker elevene at eksperimentelt arbeid gjøres etter "kokebok-metoden" og at prosjektarbeid bør brukes sjelden, slik det er i dag. Imidlertid er det et visst ønske hos elevene om mer "kvalitative undervisningsmetoder", som f.eks. drøfting (i plenum eller i grupper) av de kvalitative sidene ved nye begreper, og demonstrasjoner for å forklare begreper. I FUN-undersøkelsen ble også 2. klasse-elever (uansett studieretningsfag) spurt om hva som foregikk i timene, og hvordan de synes det burde være. Det viste seg at tavlegjennomgang av læreren er betydelig mer brukt i realfagene enn i engelsk og samfunnskunnskap.

Læreren har stor innvirkning på hvordan elevene oppfatter faget og undervisningen. Guttersrud (2001a) beskriver et eksempel der elever med to forskjellige fysikk-lærere diskuterer undervisningen. Det framkommer at disse to lærerne er meget forskjellige, og at de benytter svært ulike metoder. Men elevene til begge lærerne er fornøyde med "sin" lærer, og hevder at de har den beste undervisningen og den beste læreren. Dette viser noe om elevenes tilpasningsdyktighet.

På spørsmål om hva som karakteriserte en god fysikktime, svarte elevene i fokusgruppene at variasjon var et viktig stikkord. Variasjon er også blitt trukket fram som en nøkkelfaktor for vellykket fysikkundervisning i flere utenlandske undersøkelser (Danmarks Evalueringsinstitut, 2001; Kempa & Diaz, 1990; Seidel & Prenzel, 2002).

Det virket som om det var vanskelig for elevene å tenke seg alternativer til den undervisningen de mottok; de så på faget som ganske fastlagt (i form av emner og innhold), og de mente at undervisningsmetodene måtte være som de var på grunn av fagets natur. Elevenes syn på undervisning og læring framstår som ganske konservativt, og elevene uttrykker ikke et konstruktivistisk syn på læring (de hevder for eksempel at fysikk er et fag der det er viktig at "læreren forklarer

det"). Geelan (1997) og Carlone (2003) har beskrevet den rådende "skolefysikk-kulturen" (som ser ut til å være ganske internasjonal). De peker på hvordan denne kulturen, sammen med forventningene til elever, foreldre og lærere, kan vanskeliggjøre reformer og innføring av nye undervisningsmetoder og nytt innhold.

### ***3.3 Eksamen og karakterer etter R94***

Eksamen etter Reform 94 ble arrangert første gang våren 1998 i 2FY og våren 1999 i 3FY.

#### **3.3.1 Eksamen i 2FY**

I 2FY kan elevene bli trukket ut til en lokalgitt, muntlig eksamen med eksperimentelt innslag. Gjennomføringen av eksamen følger i praksis hovedlinjene fra før R94. Forskjellen er at de fleste nå lar elevene få forberedelsestid før selve eksaminasjonen, etter at temaet for eksamensoppgaven er gjort kjent. Tiden til forberedelse varierer fra fylke til fylke og fra skole til skole.

En hovedmodell synes å være 30-45 min forberedelse over et gitt tema. Elevene bruker da første del av eksamen til selv å gjøre greie for dette temaet. Eksaminator følger så opp med spørsmål knyttet til temaet og/eller andre tema fra læreplanen.

Noen har også prøvd 2-5 dagers forberedelsestid. Oppgavene må da være "større" enn de som gis når forberedelsestiden er 30-45 min. Erfaringene fra denne typen forberedelsestid synes å ikke være entydige positive eller negative.

Karakternivået ved eksamen i 2FY er vanskelig å si noe om, da det ikke foreligger noen undersøkelser bygd på rapporter fra disse eksamenene. Men basert på det som sentrale personer knyttet til fysikkeksamen sier, så er det liten grunn til å anta at karakternivået skiller seg vesentlig ut fra det som var før R94 – og karakterene ligger nok noe over standpunkt-karakterer i 2FY.

#### **3.3.2 Sentralgitt skriftlig eksamen i 3FY**

Elever i 3FY kan bli trukket ut til lokalgitt muntlig eksamen med eksperimentelt innslag – som i 2FY. Kommentarene som er gitt over om eksamen i 2FY gjelder også for denne eksamen.

Vi velger derfor her å fokusere på den sentralt gitte skriftlige eksamen i 3FY etter R94. Eksamensoppgavene skiller seg på noen punkter ut fra oppgavene gitt før R94.

- ❖ Mer åpne oppgaver – elevene får i større grad enn før en problemstilling som de skal analysere og gjøre greie for, både kvalitativt og kvantitativt.
- ❖ Oppgavene er i større grad knyttet til en "hverdagssituasjon"
- ❖ I enkelte oppgaver får elevene et vedlegg med mye mer informasjon enn det de trenger for å løse oppgaven, og må selv være i stand til å sortere ut hva som er viktig av informasjonen. Eventuelt kan elevene selv måtte foreslå verdier på størrelser de trenger for å løse regneoppgaver.
- ❖ Elevene får en oppgave der de velger om de vil besvare alternativ A eller B.

- ❖ Fra og med eksamen våren 1999 fikk elevene ha med seg **formelsamling** til eksamen – mens de tidligere bare fikk ha med **tabeller**.

Mens karakterene i 3 FY tidligere var urimelig lave i forhold til andre studieretningsfag, hadde man på 1990-tallet en bevisst strategi for å utjevne de skjevhetene som hadde fått etablert seg. Tabell 2 nedenfor viser at i perioden 1999–2003 har gjennomsnittskarakteren til eksamen i 3FY vært stabilt rundt 3,6. Dette er høyere enn gjennomsnittskarakteren i alle andre studieretningsfag i studieretning for allmenne og økonomiske fag.

1999	2000	2001	2002	2003
3,7	3,6	3,6	3,6	3,7

**Tabell 2:** Gjennomsnittlig eksamenskarakter i 3FY 1999 – 2003.

Dette sier ingen ting om hvilket faglig nivå elevene er på. Fra Læringscenteret er det et mål at karaktergjennomsnittet skal variere minst mulig fra år til år. Det betyr at karaktergjennomsnittet noen år "justeres" på fellessensurmøtet. Det er så vidt oss bekjent ikke gjort undersøkelser på bakgrunn av eksamen for å si noe om endring i faglig nivå hos elevene, noe vi kommer tilbake til i kap. 3.3.3.

Kommentarer til faglig nivå blir derfor mye "synsing". Fra personer med stor erfaring fra sensur hører vi imidlertid at elevene nå er mindre flinke til "formel- og tallbehandling". De antyder også at de kanskje har fått noe større kompetanse på å analysere situasjoner, og bruke fysikk i praktiske situasjoner.

### 3.3.3 Fysikkeksamen betraktet som en test – reliabilitetsspørsmålet.

Angell og Lie (1993) behandlet i sin rapport "Er eksamen rettferdig?" ulike sider ved rettferdighetsaspektet ved eksamen basert på data fra eksamen i fysikk i perioden 1989-1992. Selv om denne undersøkelsen er noen år gammel, og selv om eksamen har endret seg i tiden som har gått, er fortsatt hovedkritikken som reises mot eksamen i denne rapporten, like aktuell. Det er to hovedmomenter som drøftes.

For det første drøfter de at det systemet vi har i dag, ikke gir mulighet for å studere endringer i elevens nivå fra år til år. Gjennom oppslag i media i de senere årene ser vi klart at dette er noe mange ønsker å kunne si noe om. I forbindelse med disse medieoppslagene uttaler enkelte som er sentrale i det norske eksamenssystemet seg om dette ved å vise til endringer i eksamenskarakterer fra år til år. Dersom man skal kunne gjøre dette må man imidlertid lage et system som gjør det mulig å studere endringer i elevenes prestasjoner. Skal man måle en endring over tid, så er første bud at man ikke må endre målestokken. Når man sammenlikner to vidt forskjellige eksamenssett, er det faktisk i prinsippet ikke mulig å si om det er oppgavesettet som er annerledes, eller om det er elevenes prestasjoner som har endret seg. Dersom man ønsker å kunne gjøre dette må man ha et system hvor oppgaver som brukes til eksamen det ene året, også må prøves ut i et representativt utvalg av elever det året man ønsker å sammenlikne med. Dette er fullt mulig, og det finnes i dag eksamenssystemer som inkluderer slike rutiner (eksempelvis Nederland). En annen mulighet er at man lager en relativt stor databank av eksamensoppgaver som man så kan velge fra. Dersom man kjenner egenskapene til disse oppgavene på forhånd (de må altså prøves ut i et representativt utvalg), vil man kunne sette sammen eksamenssett med kjent vanskegrad. Dersom en slik løsning skal gjennomføres, sier det seg selv at denne banken må være svært stor, og den bør også med jevne mellomrom fornyes for å erstatte oppgaver som knytter seg til aktuelle begivenheter, og for å hindre at

fysikkfaget til slutt blir å pugge hvordan man skriver en god løsning på noen bestemte oppgaver. Oppbygging av slike oppgavebanker er et prioritert område i flere land i dag (eksempelvis Australia).

Det som imidlertid er hovedanliggendet til Angell og Lie (1993) er å vise hvor rettferdig (eller urettferdig) eksamenene avholdt i perioden var. Det er tre feilkilder som påvirker karaktersettingen i faget; tilfeldigheter knyttet til utvalget av oppgaver, tilfeldigheter knyttet til sensorenes bedømminger og varierende vanskegrad fra år til år (som drøftet ovenfor). I rapporten dokumenteres det grundig at hovedkilden til at det er usikkerhet knyttet til elevenes karakter, er tilfeldigheter i oppgaveutvalget. Det kan faktisk tenkes at en elev som sier at hun var uheldig med oppgavene, har rett. Disse utslagene er så store at en elev som får karakteren 3, med ikke ubetydelig sannsynlighet hadde fått karakteren 2 eller 4 dersom det hadde vært andre oppgaver til eksamen. Årsaken til at slike tilfeldigheter har så stor innflytelse er at antallet oppgaver (eller mer riktig; antallet poeng) til eksamen er for lite. Angell og Lie (1993) foreslår at man erstatter en av fem åpne oppgaver med 30 flervalgsoppgaver som spenner vidt fra hele pensum. Variasjonen i vanskegrad fra år til år har også et ikke ubetydelig utslag i denne perioden. Fra tabell 2 ovenfor er det mye som tyder på at sensorene i fysikk i perioden 1999 – 2003 har blitt instruert til å ende på et snitt rundt 3,5. Dersom så er tilfelle, tyder det på at det har blitt gjennomført tiltak som har minsket usikkerheten knyttet til vanskegrad som Angell og Lie (1993) dokumenterte i perioden 1989 – 1992.

Likevel er det sørgelig å registrere at til tross for denne solide dokumentasjonen av at karakterer til eksamen i fysikk er en størrelse med stor usikkerhet knyttet til seg, så har det ikke blitt iverksatt tiltak for å bedre situasjonen når det gjelder usikkerhet knyttet til oppgaveutvalg. Det at vanskegraden har stabilisert seg de siste årene kan ikke brukes til å konkludere at elevenes faglige nivå har vært stabilt i perioden. Det trengs altså en helt annen systematisk tilnærming for at det skal være mulig å studere hvordan det faglige nivået til norske fysikkelever endrer seg over tid.

### ***3.4 Situasjonsbeskrivelse – oppsummering***

#### **3.4.1 Det lukkede system**

Ut fra resultatene fra FUN-undersøkelsen kan vi (lett karikert) beskrive situasjonen for fysikkfaget i videregående skole som følger: Rekrutteringen til faget er for liten til å dekke landets antatte framtidige behov for kompetanse; samtidig er de få elevene som faktisk velger faget, fornøyde og har lite ønske om forandring. Også lærerne er ganske fornøyde med faget som det er. Også i TIMSS-undersøkelsen var norske fysikkelever blant de mest fornøyde og hadde den beste faglige forståelsen (Mullis m.fl., 1998). Fysikkelever og –lærere utgjør et slags "lukket system" der begge parter får det faget de vil ha. For å øke rekrutteringen er man imidlertid nødt til å rekruttere elever fra utenfor dette "lukkede systemet". Hvilke endringer må gjøres for å få til dette, og hvordan vil slike endringer i så fall bli mottatt av dem som i dag er fornøyd med faget, både elever og lærere? Som påpekt ovenfor har disse gruppene et sett med forventninger som kan tenkes å medføre en motstand mot endring.

I oppsummering kan vi si at elevene ser på fysikk som interessant, men krevende; formalistisk og matematisk, men med sterk tilknytningen til virkeligheten og hverdagslivet. Jenter har litt andre forventninger til sin

forståelse enn gutter har og vektlegger kontekst og sammenheng mer. Elevene, særlig jenter, uttrykker at "eksotiske" temaer som relativitet og astrofysikk er nærmere knyttet til deres virkelighet enn mekanikk og elektrisitet. Mens lærerne klager over elevenes svake matematikkferdigheter, ser elevene ikke dette som noe stort problem. I fysikkundervisningen vektlegges "tradisjonelt fysikk-innhold" framfor eksperimentelle og historiske tilnærminger og samfunnsmessige kontekster, og faget ser ut til å rekruttere og belønne elever som har denne tradisjonelle orienteringen. Elever uttrykker en relativt svak bevissthet om eksperimentets sentrale rolle i fysikk og naturvitenskap.

Elevene er stort sett på linje med sine lærere hva angår metoder i fysikkundervisningen. Imidlertid ønsker elevene noe større vekt på kvalitativ drøfting av begreper. Variasjon ble sett på som nødvendig i god fysikkundervisning. Generelt framstår elevene som konservative i sitt syn på faget, undervisningen og sin egen læring. Selv om vi har beskrevet noen forskjeller mellom gutter og jenter, var kanskje det mest slående ved FUN-undersøkelsen hvor *liten* forskjell det generelt var mellom jenters og gutters synspunkter.

Fysikk framstår som ulikt andre fag ved at det har høyere arbeidsbyrde og raskere progresjon og er mer begrepsmessig krevende (vanskelig).

### 3.4.2 Hva med eksamen videre?

De drøftinger som har vært ført i regi av utvalget med fysikklærerne i landet tyder på at det er enighet om at gjennomføringen av eksamen i 2FY og den lokalgitte eksamen i 3FY føres videre. Det kan være noe uenighet om vi skal ha lang eller kort forberedelsestid – likeså om hvilke hjelpemidler elevene skal kunne ha med seg i kort forberedelsestid.

Dagens skriftlige sentralgitte eksamen i 3FY er det noe større uenighet om. Mange fysikklærere vil nok beholde dagens ordning, men det finnes også en del lærere som argumenterer for andre ordninger, inkludert et ekstremt syn som tilsier at eksamen ikke er nødvendig.

Hovedargumenter som fremføres for å beholde dagens ordning kan oppsummeres slik:

- ❖ *Harmonisering*: Eksamen bidrar til å sikre at det faglige nivået som beskrives i læreplanen er det samme på alle skoler, og den gir kriterier for å sikre at standpunkt karakterer ikke varierer for mye fra skole til skole.
- ❖ *Seleksjon*: Karakterer er kriteriene for opptak til høyere studier. Eksamen medfører en økt sikkerhet for at utvelgelsen av elevene er rettferdig (med det unntaket som kan tilskrives tilfeldigheter som behandlet i kap. 3.4.2).
- ❖ *Innovasjon*: Det kan hevdes at eksamensoppgavene står for en utvikling og fornying av oppgaver, og dermed faget i seg selv, og hva som vektlegges i undervisningen.

Argumenter som har blitt registrert mot dagens eksamensordning og for andre systemer er oppsummert nedenfor:

- ❖ *Autonomi*: Eksamen styrer undervisningen så mye at det hindrer utvikling av faget. Det gis ikke rom for lokale tilpasninger, noe som hindrer lokalt utviklingsarbeid. Dette hemmer læreres kreativitet og selvstendighet. Målstyringen har medført at lærerne har blitt et mellomledd i en administrering av forskrifter.

- ❖ *Validitet:* Undervisning som rettes mot suksess til eksamen kan hindre fordypning og innsikt, samt at de delene av læreplanen som ikke prøves til eksamen i mindre grad vil bli aktivt undervist. Dette har skapt en ikke nedskrevet pensumliste ved siden av læreplanen, en diagnose som treffende har blitt kalt for pensumitis (Dolin, 2002).
- ❖ *Reliabilitet:* Dagens eksamen har ikke en tilfredsstillende reliabilitet, et argument som er beskrevet i mer detalj i avsnitt 3.3.3 ovenfor.

Vi har flere ganger i beskrivelsen av det norske eksamenssystemet foran konstatert at det er mye vi ikke vet. Det er også grunn til å påpeke at eksamensbesvarelsene i seg selv ikke benyttes til annet enn sitt primære forhold, nemlig en vurdering av enkelteleven. Det er store kostnader forbundet med utviklet av eksamensoppgaver, gjennomføringen, sensur (inkludert klagesensur) og den overordnede administrasjonen. Det er derfor fornuftig å bruke noe mer penger på å utnytte denne store investeringen bedre. Kost-nytte effekten av å tilføre noe mer ressurser for å systematisere informasjonen som allerede finnes, på en måte som gjør den egnet for analyse, samt å samle noen ekstra informasjon (blant annet om muntlig eksamen) er etter vår vurdering svært stor.

## 4 Kommentarer til strategiplanen “Realfag, naturligvis”.

Utdannings- og forskningsdepartementet skal årlig utgi strategiplanen “*Realfag, naturligvis*”- strategi for styrking av realfagene 2002 – 2007 (UFD, 2002, 2004b). De overordnede målene er her å styrke kompetansen, øke motivasjonen og dermed rekruttering, få frem nytteverdien og skape mer positive holdninger til realfagene. Videre er det gitt mer konkrete delmål som vil ha direkte innvirkning på hva den nye læreplanen i fysikk skal inneholde.

Spesielt kan man trekke fram:

1. 25 % av elevene med generell studiekompetanse skal ha fordypning i fysikk (dvs 3FY) innen 2007.
2. Kvaliteten på realfagskompetansen hos begynnerstudenter ved universiteter og høyskoler skal bedres.
3. Bedre kvaliteten på opplæringen med tanke på omfang, innhold, arbeidsmåter og relevans.
4. 40 % av elevene med generell studiekompetanse som tar fordypning i fysikk skal være jenter.
5. Styrke holdninger til realfag med tanke på relevans og aktualitet.

Punkt 1) og delvis punkt 4) bærer preg av å være visjoner snarere enn mål. Det første punktet vil faktisk innebære en fordobling av andel elever som velger 3FY<sup>6</sup>. Det er fra et internt faglig perspektiv prisverdig at slike mål formuleres, men når de er så urealistiske vil det ikke være mulig for den som er ansvarlig for å nå målet, å foreslå edruelege tiltak. Dette ser vi også av strategiplanen som faktisk ikke har lansert noen tiltak som vil monne. Det eneste tiltaket vi ser som kan gjøre at vi nærmer oss disse to målene innen tidsfristen som er satt, er å oppgradere status til fysikkfaget ved å kreve at elevene har 3FY for opptak til populære studier som medisin, farmasi og enkelte ingeniørstudier. På den annen side; dette vil være politiske beslutninger som kan tenkes å ha motsatt effekt på rekrutteringen til andre realfag.

En realistisk variant av dette målet er derfor at vi i hvert eneste år fram mot 2007 skal ha en økning i andel elever og andel jenter som velger fordypning i fysikk. Dette er et mål som utvalget synes er konstruktivt, og det er et mål hvor framtidig læreplan i faget sannsynligvis vil være et av flere mulige tiltak. Punkt 3) er kjernen i forhold til dette. Dette er et frampek mot fornyelse i faget - det man ønsker å oppnå ved å lage en ny læreplan.

Til sammen gir punkt 1, 3, 4 og 5 et signal om et mer allmenndannende 3FY fag. Punkt 2 skiller seg noe fra dette ved å formulere at det studieforbredende aspektet skal vektlegges. Dette har universiteter og høyskoler tradisjonelt vært opptatt av. I arbeidet med læreplanen må man ta disse noe sprikende signalene inn over seg. Man må stille seg spørsmålet: Hvordan kan man få et fysikkfag (3FY) som oppleves som relevant for en større andel elever, samtidig som at man får et fysikkfag som styrker det studieforbredende elementet?

---

<sup>6</sup> Dette er basert på at ca. 6% av årskullet totalt velger 3FY (se tabell 1, kap. 3.2.1). Antar at vi at om lag halvparten av alle elever i dag er i studieretninger som gir generell studiekompetanse medfører dette i så fall at ca 12% av disse velger 3FY. Målet er altså 25 %.

Det letteste og mest nærliggende svaret på dette spørsmålet er at disse to hensiktene ikke lar seg forene, men det blir en litt for lettvinnt konklusjon.

Sadler og Tai (2001) studerte hvilke faktorer som kan forklare suksess i fysikkstudier i høyere utdanning. I denne relativt store undersøkelsen dokumenterte de at suksess var knyttet til mange demografiske faktorer, men få faktorer knyttet til den type undervisning de hadde opplevd i videregående skole<sup>7</sup>. De viste imidlertid at jo mer fysikk de hadde fra videregående skole, jo bedre gjorde de det på fysikkurs i høyere utdanning. Det som er spesielt interessant for oss i denne sammenhengen, er at blant de elevene som hadde god bakgrunn i fysikk hadde elever med fysikkurs i videregående skole med færre emner og større dybde, bedre karakterer i fysikkurs på høyere studier. På tilsvarende vis har USA sine relativt beskjedne prestasjoner på internasjonale undersøkelser i naturfag generelt hos noe yngre barn, gjerne hatt som en hovedforklaring at pensum i USA er svært omfattende og lite dyptløyende.

Det er altså grunn til å drøfte hvorvidt det å være studieforbereid først og fremst består i å besitte noen svært faglige kunnskaper og ferdigheter, eller om det å være studieforbereid *for realfaglige studier generelt* vil si å ha noen grunnleggende brede kompetanser. Kanskje er disse kompetansene så brede at de også er relevante for alle realfaglige studier, ikke bare videre studier i fysikk? Dette siste spørsmålet er viktig å avklare. Selv om man har et mål om at et studieretningsfag skal være spisset mot høyere utdanning, er det ikke selvsagt at den høyere utdanningen som det skal spisses mot, er videre studier i fysikk. Det er gode grunner for å tro at en del av de kompetansene som det er enklest å bruke fysikken som en øvelsesarena for<sup>8</sup>, også er svært relevante for videre studier i biologi, økonomi eller journalistikk, bare for å nevne noen eksempler. Det man altså bør vurdere er om det er et generelt tankesett eller en måte å se verden på, som er fysikkens viktigste bidrag. Dette er ikke bare et viktig bidrag til allmenndannelsen. I en mer spisset form er den også svært relevant for høyere studier i realfagene generelt og kanskje også for fag som normalt faller utenfor det vi kaller for realfaglige studier.

---

<sup>7</sup> Siden dette var en studie i USA er det snakk om high school.

<sup>8</sup> For å nevne to eksempler: Store eksperimenter som involverer mye datainnhenting og videre analyse av disse, eller matematisk modellering og grunnleggende ferdigheter i mekanikk.

## 5 Litt om fysikkundervisningen i noen naboland

I de fleste land gis en mer eller mindre detaljert beskrivelse av den intenderte læreplanen, men det viser seg å være ganske store forskjeller i måten faget beskrives på. I den ene enden av en skala finner vi de læreplanene som setter opp emnelister og som ikke beskriver elevenes forventede utbytte. I den andre enden av skalaen finner vi læreplaner som legger vekt på elevenes måloppnåelse, og i noen tilfeller er også undervisningsmetoder foreskrevet. Norge, England, Nederland og Skottland er eksempler på land med målformulerte læreplaner.

Det er foretatt en sammenliknende undersøkelse av de generelle målene for fysikkundervisningen i videregående skole i noen EU-land (Coughlan, 1999). Angell, Henriksen og Isnes (2003) har vurdert målene i den intenderte læreplanen i Norge og plassert Norge inn i denne undersøkelsen i Tabell 3 nedenfor. I tabellen har man tatt utgangspunkt i det som utgjør summen av overordnede formuleringer i de intenderte læreplanene.

Læreplanen legger vekt på	DK	EN	FI	FR	NL	SC	NO
Lære fysikk	+	+	+	+	+	+	+
Utvikle egne evner		+		(+)	+	(+)	(+)
Fremme interesse for faget		+			+	+	(+)
Samfunnsaspekter	+	+	+	+	+		+
Dagliglivet	+		+	+	+		+
Kultur	+		+	+			+
Fremtidig jobb				+	+		
STS <sup>1</sup>	+	+	+	(+)	+		+
Historisk/filosofisk fysikk	+		(+)	+	(+)		+
Fysikk og miljø	+	+	+				+
Tverrfaglighet			(+)	+			
IKT (Informasjons- og kommunikasjonsteknologi)	+	(+)	(+)	(+)	+		+

<sup>1</sup> STS står for Science, Technology and Society

**Tabell 3:** Sammenligning av mål i intenderte læreplaner. + = klart formulert, (+) = vagt formulert, ingen kryss = ikke formulert. DK=Danmark, EN=England, FI=Finland, FR=Frankrike, NL=Nederland, SC=Skottland, NO=Norge.

Norge fremstår i denne sammenligningen som et land med et ganske vidt perspektiv på fysikkfaget. Skottland representerer den andre ytterligheten med liten vekt på andre aspekter enn de rent fysikkfaglige sidene. Læreplanen i Norge framstår også med et "moderne" preg der emner som kvantefysikk, relativitetsteori og astrofysikk har funnet sin plass. Det er imidlertid ikke sikkert tabellen ovenfor gir en beskrivelse av det som undervises i klasserommet (den implementerte læreplanen). Det er ikke mulig å dekke et så vidt perspektiv på faget i oppgaver som gis til en skriftlig eksamen. Eksamenstradisjonen vil i mange tilfeller være mer styrende for undervisningen enn den intenderte læreplanen (Angell og Lie, 1993). Dessuten forteller ikke denne tabellen noe om hvor omfattende "pensum" læreplanen definerer. Norge har altså en læreplan som ønsker å få fram mange ulike perspektiver på faget (og det kan det være gode grunner for å gjøre). Dersom vi skal yte disse perspektivene rettferdighet må de få sin plass i undervisningen. Konsekvensen bør være at emnelisten bør være kortere dersom mange ulike aspekter ved hvert fysikkfaglige emne skal tas inn.

Alle læreplanene for de nordiske landene er for øvrig å finne i denne rapporten som vedlegg 3

## ***5.1 Finland***

### **5.1.1 Generelt**

Kursene i fysikk gis i et treårig gymnas, der 1 uketimer i fysikk er obligatorisk.

Læreplanen i fysikk – av 2003 – er organisert i moduler der hver modul svarer til om lag 1 uketimer. I tillegg til den obligatoriske uketimen kan elevene velge å sette sammen sitt fysikkfag fra 7 andre moduler. For å komme inn på for eksempel en teknisk høyskole/universitet legges det i poengberegningene opp til at elevene bør ha fysikk fra 5-7 av de 7 valgfrie modulene.

### **5.1.2 Læreplanens innhold**

Innholdsmessig er læreplanen nokså lik den nåværende norske (se også tabell 3). Den innledes av en generell beskrivelse av fysikk, som understreker at også undervisningen må legge betydelig vekt på fagets eksperimentelle karakter. Læreplanen for hver modul består av en rekke *Mål* som blir konkretisert gjennom *Centralt innhåll*. Detaljingsnivået er om lag som i den norske læreplanen, altså ganske detaljert. Utvalget av emner til sammen i de 7 valgfrie modulene ligger ganske tett opp til det norske utvalget, men finnene går hele tiden *litt* lenger. Til gjengjeld har de ikke med Relativitetsteori og Astronomi/astrofysikk.

### **5.1.3 Eksamen**

Den finske eleven må etter tre år på ”gymnasiet” opp til fire obligatoriske (kan velge flere) eksamener, der matematikk eller et annet ”studieretningsfag” er en av eksamenene. Eksamen er skriftlig sentralgitt. I tillegg er det gitt en del sentralgitte føringer for hvordan standpunkt karakteren skal settes, for eksempel at labarbeidet og framføringsevne skal telle.

Det bør nevnes at for å komme inn på en teknisk høyskole/universitet må eleven gjennom en opptaksprøve som gir poeng sammen med poengene fra gymnasiet. For opptaksprøven i 2004 er det fra ”Samordnet opptak” angitt en emneliste i fysikk som korresponderer nokså tett til summen av alle de 7 valgfrie *Centralt innhåll*. I tillegg er det også satt opp emner som ikke er nevnt i læreplanen, slike som for eksempel Usikkerhetsrelasjonen og Comptonspredning.

## ***5.2 England***

### **5.2.1 Generelt**

”Gymnas”-utdanningen i England er under omforming. Tradisjonelt har elevene gått i en obligatorisk skole opp til det vi hos oss kan sammenlikne med grunnkurs, allmennfag (GCSE), selv om elevene der da er ett år yngre enn våre. I fysikk har dette ført elevene – for de som det siste året har valgt Single Science og særlig Double Science<sup>9</sup> – innom alt i naturfag grunnkurs, og ganske langt inn i 2FY.

---

<sup>9</sup> Double Science er mer omfattende enn Single Science

De siste få årene har det vært betydelig aktivitet i England i retning av en ganske stor revisjon av utdanningen for aldersgruppen 14-19. Med utgangspunkt i et strategidokument fra regjeringen i 2002, er det i løpet av 2003 utarbeidet gjennomgripende reformplaner med hovedtittelen *14-19: opportunity and excellence*<sup>10</sup>. I følge denne skal en kjerne av emner gjøres obligatorisk i *Science, Key Stage 4*<sup>11</sup>. Reformen skal gjøres fullt gjeldende fra 2006 med overgangsordninger fra 2004. Dette gjelder altså den siste delen av den obligatoriske skolen, om lag midt i 14-19-løpet. Denne reformen skal så følges opp i den ikke-obligatoriske delen, de 2-3 siste årene av det nye løpet. Den pågående reformen i England – motivene og begrunnelsene – likner ikke lite på det vi kan lese i kvalitetsutvalgets innstilling *I første rekke* (NOU, 2003). Men, som her, har det ennå ikke kommet fram hvordan de detaljerte læreplanene vil se ut.

Parallelt med myndighetenes sentrale reformarbeid har det de siste årene vært satt i gang en rekke forsøk rundt i skolene, dels i regi av myndighetene selv, og dels i regi av faglige organisasjoner som IoP (Institute of Physics), og grupperinger knyttet rundt tidligere reformopplegg som Nuffield, Salters o.l.. Disse forsøkene er tilpasset den nåværende skolestrukturen. For fysikkfagets vedkommende betyr det at de kursene som er mest sammenlignbare med våre 2FY og 3FY gis i det toårige engelske ”gymnaset”. Disse kursene bygger på det elevene har lært i *Key Stage 4* (ganske langt inn i 2FY), og har betegnelsene AS og A2. AS er satt sammen slik at det skal være velegnet for elever som ønsker å la ett år med fysikk inngå i en ganske bred allmennfaglig utdanning<sup>12</sup> (altså litt som vårt 2FY). De som ønsker å kvalifisere seg for studier i fysikk eller ingeniørfag ved et universitet, må også ta A2

Vi vil her gi en kortfattet omtale av konkrete sider ved det forsøket som antagelig er av størst interesse i vårt reformarbeid, prosjektet *Advancing Physics* (Ogborn *et al.*, 2000) fra IoP. (I kapittel 7 vil vi også omtale dette forsøket, men da mer de underliggende prinsippene som ligger bak). Kurset er utarbeidet og sponset av IoP, og det er brukt betydelige midler i å etterutdanne lærere og utforme læremidlene. Ressursmessig framstår kurset med en papirbok og en ressurs-CD for hvert av de to årene. CD’ene finnes i en lærerversjon og en elevversjon. De er svært innholdsrike. For øyeblikket er det om lag 3000 elever som følger kursene på 500 skoler. Elevtallet utgjør om lag 20 % av fysikkelevne i England. Det første årskurset (AS) blir gitt over 4-5 uketimer (klokketimer). For det 2. året er uketimetallet 3-4. Disse tallene varierer litt fra skole til skole, om det er private skoler, offentlige skoler, sixth form colleges etc.

### 5.2.2 Læreplanens innhold

Kursinnholdet i *Advancing Physics* er for hvert av årene delt opp i to tematiske hoveddeler:

AS: *Physics in Action* og *Understanding Processes*. A2: *Rise and Fall of the Clockwork Universe* og *Field and Particle Pictures*. Disse 2(4) hoveddelene har så egne deler i den sentralgitte skriftlige eksamen. ”Pensum” for eksamen, og retningslinjer for vurdering av større skriftlige innleveringer<sup>13</sup>, er i stor detalj bestemt av et 110 siders pensumhefte fra eksamenskommisjonen OCR (Oxford

---

<sup>10</sup> Se <http://www.dfes.gov.uk/14-19/>

<sup>11</sup> Key Stage 4 er det avsluttende nivået i den engelske ”ungdomsskolen”

<sup>12</sup> Allmennfaglig utdanning referer her til *A-level*

<sup>13</sup> ’større skriftlige innleveringer’ refererer til *coursework*

Cambridge and RSA Examinations). Dette pensumet er utarbeidet i fellesskap av OCR og IOP for å sikre at forsøket er innenfor de sentrale retningslinjene<sup>14</sup>.

Sammenliknet med våre 2FY og 3FY er det lite som ”mangler” i *Advancing Physics*. På en del områder går de en del lenger enn oss, noe som også må sees i lys av at disse kursene begynner der Key Stage 4 slutter (se ovenfor). Det engelske kurset gir like mye astrofysikk som oss, mer i kvantefysikk men noe mindre relativitetsteori. Derimot – i engelsk tradisjon – gir de mye mer materiellære, inklusive ganske mye mer om halvledere og bruken av dem. Det siste henger delvis sammen med et svært karakteristisk trekk: inntaket av ganske mye om kommunikasjon (Imaging, Sensing, Signalling).

*Advancing Physics* legger opp til ganske mye bruk av matematikk, ikke minst i retning av matematisk modellering som vi vil drøfte grundigere i kap. 7. Kurset gir elevene ganske mye valgfrihet til å gå inn i temaer som interesserer dem. Det skjer gjennom elevvalgte temaer til større selvstendige skriftlige arbeider. I samme retning peker en eksamensdel der eleven skal skrive om *Advances in Physics*. Denne eksamensdelen teller 15 % av hele toårs-eksamen (se nedenfor).

Vårt inntrykk er at *Advancing Physics* er et ganske krevende kurs. Det forutsettes at elevene har en betydelig mengde hjemme/eget-arbeid. Samtaler med lærere antyder at det fort kan bli tidspress, særlig for litt uerfarne lærere. Til gjengjeld har OCR/IoP lagt mye ressurser i støttmateriell og kurs for lærerne. Etter vårt skjønn bør både kurset, oppbygningen av det og etter hvert erfaringene være av stor interesse for arbeidet med ny læreplan i Norge. Dette begrunnes ytterligere i kapittel 7.

### 5.2.3 Eksamen

Som i andre fag, og med tidligere engelske læreplaner, må fysikkeleven i *Advancing Physics* opp til en ”sentralgitt” skriftlig eksamen gitt av en av de tre nasjonale eksamenskommissjonene, i dette tilfelle OCR. For både AS og A2 består denne skriftlige eksamen i to relativt korte deler (70-90 minutter) i hver av de to hoveddelene i kurset (se ovenfor). Den samlede karakteren gis ut fra en vektning av disse to delene i tillegg til en lærerbedømt vurdering av en større oppgave. For å få full endelig eksamen for A2 teller alle eksamensdelene fra begge årene. Hovedregelen er at pensum for A2-eksamenen er både fra AS og A2, men en kan dele opp eksamenen; en for hvert år.

## 5.3 Sverige

### 5.3.1 Generelt

Den gjeldende generelle læreplanen er fra 1994. Fra 2000 er gymnasutdanningen ordnet i 17 nasjonale programmer, der ”våre” aktuelle fysikkelever går i det treårige naturvitenskapelige programmet ”*Matematik och datavetenskap, Miljøvetenskap, Naturvetenskap*” (NVP). Sammenliknet med Norge kan vi si at de svenske allmennfagelevne går i et treårig linjedelt gymnas. Før de går inn i fysikkursene i 2. klasse (Fysik A) og tredje klasse (Fysik B) har de hatt et naturfagskurs i 1. klasse tilsvarende et 2-timerskurs hos oss. Fysik A, som svarer til et 4-timers kurs hos oss, er obligatorisk for alle som går på NVP og på

---

<sup>14</sup> OCR/IoP-læreplanen kan finnes via <http://www.ocr.org.uk>.

*Teknikprogrammet.* Et like stort kjemi-kurs og et 2,5 gang så stort matematikkurs (over tre år) er også blant de obligatoriske kursene på NVP. For de elevene som går på studieretningen *Naturvetenskap* innenfor NVP er også Fysik B obligatorisk. Dette kurset svarer til et 6-timers kurs hos oss. Videre kan disse fysikkelevne velge Fysik-breddning, et ytterligere 2-timers kurs. Vi legger til at grunnkursene i fysikk på universitetsnivå forutsetter at elevene allerede har Fysik B.

### 5.3.2 Læreplanens innhold

Den svenske sentralgitte fysikk-læreplanen er ikke så detaljert som den norske. Bare halvdetaljerte hovedemner blir listet opp. Dette svarer til litt mer detaljert enn om bare målformuleringene hadde vært brukt i vår læreplan. Dette kommer nok av at vurderingen av elevene kun er lokal. Tematisk er Fysik A ikke veldig ulik vårt 2FY, og Fysik B likner på vårt 3FY. Plasseringen av enkelte temaer i A eller B avviker noe fra det som er gjort i 2FY/3FY. I Fysik B inngår ett eller flere lokalt valgte temaer til fordypning. I det valgbare kurset Fysik-breddning kan elevene/læreren velge et eller flere temaer til videre bredde eller fordypning. Læreplanen nevner astrofysikk, faststoffysikk, partikkelfysikk og fysikkens idéhistorie som eksempler.

Innebygd i læreplaner er de såkalte *betygskriteriene*, der læreplanen nokså detaljert forteller lærerne og elevene hva som skal til for å oppnå Godkänd, Väl godkänd eller Mycket väl godkänd i det aktuelle kurset.

I Sverige konkurrerer fem ganske nye læreverk om elevenes/lærernes gunst.

### 5.3.3 Eksamen

Som nevnt ovenfor har Sverige ikke sentralgitt skriftlig eksamen. Til hjelp for lærerne utarbeides det imidlertid de såkalte *nationella prov* i noen fag, blant annet i matematikk. Tidligere ble det gitt slike prov også i fysikk. Nå bygges det i fysikk bare opp en *provbank*. Gjennom den kan lærerne hente både teoretiske og eksperimentelle *prov* til hjelp for å finne riktig nivå i deres karaktersetting<sup>15</sup>.

I Sverige har det nylig vært gjennomført en omfattende høring og debatt om innretningen av og framtida for de *nationella prov*.

## 5.4 Danmark

### 5.4.1 Generelt

Det treårige danske *gymnasiet* har to linjer: *sproglig linie* og *matematisk linie*. I denne sammenheng vil vi bare skrive om den matematiske linjen. Bortsett fra de mange forsøkene er innhold og organisering styrt av den såkalte *Gymnasiebekendtgørelsen* av 1999. På den matematiske linjen har fysikk en obligatorisk del, Fysik B, fordelt over 1. og 2. klasse, med henholdsvis 79 og 81 klokke timer på årsbasis. Det svarer om lag til to 3 timers kurs i den norske sammenheng, til sammen noe mer tidsressurser enn vårt 2FY. Fysikkeleven kan så fortsette med et valgfritt kurs, Fysik A, i tredje klasse med 127 klokke timer på årsbasis. Dette svarer om lag til et 5-timers kurs hos oss.

I Danmark pågår det som nevnt mange forsøk, de fleste lokale. Nedenfor vil vi i tillegg til å omtale de nasjonale hovedkursene (av 1999) også gi en kort omtale av

---

<sup>15</sup> Se: [http://pb-fy.edmeas.umu.se/experimentella\\_uppgifter/uppgifter.asp](http://pb-fy.edmeas.umu.se/experimentella_uppgifter/uppgifter.asp) for eksempler.

det nasjonale såkalte ”Standardforsøg i fysik på matematisk linie for obligatorisk nivå, højt nivå og fysik-matematisk fagpakke” (SF).

### 5.4.2 Læreplanens innhold

#### *De nasjonale hovedkursene*

De danske læreplanene er en god del mer detaljerte enn de norske, og delt opp i *Kjernestof, Perspektiver, Eksperimentelt arbejde* og *Formidling av fagstoff*. Kjernestoffet i den obligatoriske delen, Fysik B, har de fleste av emnene fra vårt 2FY bortsett fra partikkelfysikken. Det ser ut til danskene legger enda mer vekt på det eksperimentelle arbeidet enn vi gjør, med høyere krav til antall labtimer og innleverte rapporter. Det danske tredjeklasse kurset, Fysik A, har et kjernestoffinnhold som er en del mindre enn det norske 3FY. Til gjengjeld kreves det at *Perspektiver* skal ha med et betydelig innslag av moderne fysikk, fysikkens bidrag til vårt verdensbilde og fysikken som erkjennelsesform.

Det er grunn til spesielt å nevne den betydelige vekt de danske læreplanene legger på opplæring av elevenes evne til å formidle fagstoff.

*SF (se ovenfor).*

Dette nasjonale standardforsøket i fysikk, 2002-2007 er lagt inn i de samme hoveddrammene som angitt ovenfor for de nasjonale hovedkursene. Og ganske mye er likt, særlig for det obligatoriske kurset. ”Pensum” er imidlertid dempet noe ned innen flere av hovedtemaene. Den muntlige eksamensformen i Fysik B har også gitt anledning til å gjøre læreplanen mindre detaljert. I det videregående kurset Fysik A er kjernestoffet *Mekanikk, Elektrisitet og magnetisme, Kjernefysikk* endret til *Modellering, Mekanikk og Kosmologi*.

Et hovedinntrykk er at både B- og A-kursene er dempet noe ned i omfang, og at mer av læringen skal skje gjennom prosjekt- og case-arbeider. Det kan se ut som det er ganske mange likhetstrekk mellom SF og Advancing Physics i England.

### 5.4.3 Eksamen:

Både for de nasjonale hovedkursene og SF har det obligatoriske kurset Fysik B muntlig/eksperimentell eksamensform. I begge tilfeller er organiseringen av eksamen detaljert beskrevet. Innenfor SF kan en velge mellom to litt forskjellige eksamensformer, der det i det ene tilfellet inngår en større eksperimentell prøve (2 timers labarbeid pluss eksaminasjon).

I samarbeid med eleven velges om lag halvparten av det leste ”pensum” ut som eksamensgrunnlag. Dette gjelder både de nasjonale hovedkursene og SF.

For det høyere kurset har begge læreplanene både en muntlig og en skriftlig eksamen. For den muntlige delen gjelder i hovedsaken omtalen ovenfor. Den skriftlige sentralgitte prøven omfatter kjernestoffet fra både B- og A-kursene.

For SF-eksamen, A-kurset, er alle hjelpemidler tillatt, inklusive lommeregner og pc'er med programvare og en illustrert og kommentert formelsamling.

## 6 Læreplaner i fysikk i Norge

### 6.1 Perioden 1899 – 1975: Fysikk som ”verkstedfag”

Det er generelt ikke enkelt å finne en oversikt over de læreplaner som har eksistert i fysikkfaget. ”Undervisningsplan for gymnasen etter lov om høiere almennskoler 1899” er den tidligste planen vi kjenner til, avløst av ”Undervisningsplan for den høgre almennskolen etter lov av 10. Mai 1935” som kun var en liten revisjon av den foregående planen, blant annet en nødvendig språkvask. Begge disse planene var formulert som emnelister. For å spissformulere det kan fysikkfaget som disse planene beskrev, karakteriseres som et ”verkstedfag”, et fag med stor relevans for et samfunn i rivende industriell utvikling. Helt sentralt i planene var detaljerte lister over de anvendelsesområder som de fysikkfaglige begrepene var verktøy for å forstå. Fra 1935-planen kan vi sakse de følgende anvendelsene: *Gasstermometeret, arbeid og effekt for dampmaskin med og uten ekspansjon, dampturbin, firetakts- og totaktsmotorer, dieselmotor, kuldemaskiner, dynamometer, talje, skålvekt, manometer, en moderne luftpumpe, fly, eksempel på vannturbin, litt om lydisolasjon og romakustikk, mikroskop, kikkert, dreiespoleinstrument, bløtjerninstrument, normalmotstander, proppreostater og reguleringsmotstander, voltmeter, galvaniske elementer, akkumulatorer, enfase- og trefasedynamoer og motorer, likestrømsdynamoer og motorer, transformatorer, kondensatorer: bygning, kapasitet, energinnhold og kapasitet i serie, elektroskop og elektrometer, radiorørets bygning og egenskaper, radiorøret som forsterker og likeretter.* Perspektivet på faget som disse planene presenterer er at sanseerfaringer, og annen empiri er gullstandarden som fysikkfaget har etablert.

Dette var en svært levedyktig plan. Den ble avløst av en ny plan først på 60-tallet. Denne planen videreførte en stil med relativt detaljerte emnelister. Den innførte et noe større fokus på faglige begreper framfor fenomener eller teknologi som skulle forklares. Den innførte også en mer vitenskapsteoretisk tilnærming til eksperimentelt arbeid.

### 6.2 Perioden 1976 – 1996: Vitenskapsfaget befestes

Dette viser en linje i utviklingen som ble formelt befestet med læreplanen i 1976 (først utprøvd som forsøksplan fra 1974). Med denne planen hadde vitenskapsfaget fysikk blitt transformert til et skolefag for 17-18 åringer. Der det tidligere ble formulert at elevene skulle undervises om dynamoer og transformatorer viste denne planen til strømspole og magnetisk felt rundt ledere. Dette underbygges også i en hovedfagsoppgave i idéhistorie hvor Harkjerr (2002; 2004) analyserte 18 utgaver av Isaachsens lærebøker i fysikk i perioden 1903-1969. I sin analyse har han blant annet påpekt at figurer har endret seg fra naturtro gjengivelser av teknologi til abstrakte og skjematiske framstillinger som fokuserer på prinsippene. Det ble også i årene før 1976 sendt ut jevnliges skrivi som ga reviderte retningslinjer for eksamen i fysikkfaget. Så selv om alle planene fram til 1976 hadde lang levetid, er det grunn til å tro at den store endringen av faget med planen av 1974/76 i noen grad var en oppjustering slik at læreplanen passet bedre med den allerede gjeldende praksis.

Det var også relativt store endringer i innholdet med (74)/76-planen, blant annet kom det inn noen moderne emner knyttet til kjerne- og kvantefysikk. I tillegg var flere moderne fysikkemner, og historisk-filosofiske emner foreslått som mulig

tilvalgsstoff. Men den største endringen som denne planen medførte, er nok knyttet til det strukturelle som skjedde i videregående utdanning i 1976. Det linjedelte gymnaset ble erstattet av et system som gjorde det mulig i større grad å velge fag (og velge bort fag!).

I den neste planen av 1982 (skoleåret 83/84) ble dette videreført, og mye av det som var tilvalgsstoff i den forrige planen ble nå gjort om til kjernestoff. Dette førte til at planen av 1982 fikk et atskillig skarpere fokus på ytre perspektiver i faget. Fysikk ble med denne planen beskrevet som fag i en samfunnsmessig kontekst og den historisk-filosofisk dimensjon ble ytterligere nyansert. Fysikkfaget ble også "modernisert" i denne planen ved at kvantefysikk, elementærpartikkelfysikk og astrofysikk kom inn som emner, mens termofysikk, optikk og statikk ble redusert eller fjernet. Videre ble det lagt vekt på at 2FY skulle gi en mer kvalitativ behandling av fysikkemnene, mens 3FY skulle legge større vekt på matematisk behandling og på den måten være mer studieforberedende.

Det kom en ny plan i 1990, men denne var bare justeringer av den forrige planen.

Reform 94, med ny plan i fysikk fra 1996/97, innførte en ny retorikk i læreplanen. Vi fikk målformuleringer som i prinsippet skulle angi ikke bare hva elevene skulle kunne (noe som i stor grad var uendret fra sist plan), men også på hvilket taksonomisk nivå elevene skulle beherske ulike emner. Hvorvidt de taksonomiske nivåene var bevisste, og i hvilken grad de faktisk har hatt noe å si for den implementerte planen krever en grundigere analyse. Planen med reformen medførte også andre mindre endringer, som å fjerne den fleksibiliteten og lokale variasjonen som var mulig med tilvalgsstoff. Dette vil vi anta var delvis basert i erfaringer sensorer fra muntlig eksamen hadde som tilsa at tilvalgsstoffet på noen skoler ble saldert for å få mer fokus på det som elevene ble prøvd i til skriftlig eksamen. I tillegg forsvant tidsangivelsen av hvor mye praktisk arbeid elevene skulle dokumentere. Men vi fikk i stedet en noe skarpere definisjon av hva som er målet med det eksperimentelle arbeidet, mål som hvis de tas på alvor tilsier minst like mye eksperimentelt fokus i undervisningen.

Oppsporingen av disse læreplanene var en tidkrevende prosess. Vi antar at det kan være av interesse for flere å ha en samling av disse læreplanene, og vi har derfor inkludert alle de omtalte læreplanene i fysikk som vedlegg 4 til denne rapporten.

## 7 Visjoner og inspirasjon fra andre

Å fornye fysikkfaget i skolen kan ha mange utgangspunkt og betydninger. Ett utgangspunkt er fagets interne situasjon: hva fysikklærere og andre ser som de største utfordringene for at elevene skal bli bedre i fysikk. Dette ble drøftet i noe detalj i kapittel 3. I en svært forkortet versjon kan vi si at dette kapitlet forteller oss at norske elever synes å være på et godt faglig nivå, og at lærere og elever er fornøyde med faget. Selv om kapitlet også peker på mulige forbedringer, kan vi ikke påberope en ”krise” og behov for store omveltninger på grunnlag av disse interne drøftingene. Realfagkrisas opprinnelse er nok heller de stadige påminnelsene et synkende nivå i matematikk gitt hovedsakelig gjennom Norsk Matematikkråd sine undersøkelser av begynnerstudenter på høyskole og universitetsstudier (for eksempel Rasch-Halvorsen & Johnsbråten, 2004), samt nedgang i søkermassen på en del realfaglige studier.

Et noe annet utgangspunkt for fornying er ytre utfordringer: faktorer som ligger utenfor klasserommet, men som fysikklærere og faget forøvrig må ta hensyn til. Det er her vi finner de store utfordringene for fysikkfaget. Én av disse er *rekruttering*, både generelt til faget og spesielt av jenter. Departementet har i sin strategiplan satt opp en målsetning om at 25 % av allmennfagelevne skal ha 3 Fy og 40 % skal være jenter. Spørsmålet er da hva vi kan gjøre med faget for at det skal bli mer attraktivt til en bredere andel av ungdommen. Men rekruttering er ikke alene som utfordring. En annen er *økt vektlegging av allmenndannelse i videregående opplæring*. Dette går på tvers av fag og berører en samlet sluttkompetanse elevene skal oppnå. Dannelsesdiskusjonen har ikke vært entydig og det kan være noe forvirrende hvilke konkrete elementer denne kompetansen egentlig innebærer for det enkelte skolefag. For fysikk (som i naturfagene forøvrig) har vi imidlertid sett særlig vektlegging av at elevene skal opparbeide en forståelse av fagområdet egenart og plass i vår kultur. Det legges også vekt på elevene skal kunne forholde seg til samfunnsspørsmål med naturvitenskapelig innhold, og at naturfagene på denne måten bidrar til å styrke demokratiet. En tredje utfordring er *nye kompetansebehov på arbeidsmarkedet*. Selv om ikke allmennfagene i videregående skole er profesjonsrettet på samme måte som yrkesfagene, rettes det i økende grad oppmerksomhet mot yrkesrettet kompetanse. Årsaken er endringer i arbeidsmarkedet som stiller økte krav til generell akademisk kompetanse. Arbeidstakere forventes å ha gode basisferdigheter i IKT, gode språkkunnskaper og skriveferdigheter generelt, grunnleggende matematisk kompetanse, gode ferdigheter i prosjektorganisert arbeid etc. Mange fremhever også god ”læringsevne” i sammenheng med behovet for livslang læring. Også her kan vi stille spørsmålet om betydningen av disse utfordringene for fysikkfaget. Selv om vi ser områder der også fysikkfaget kan bidra til utvikling av slike kompetanser, kan dette oppleves delvis som en trussel mot fagets kvalitet: Elevene får mindre tid til fysikk dersom vi skal trene skriveferdigheter og utvikle IKT-kompetanse. Vektleggingen av slik ”generell kompetanse” er imidlertid blitt en del av hele utdanningsløpet, og trenes ikke spesifikt på ett nivå eller i en sammenheng. Vi ser tendenser til at dette vil få øket betydning videre fremover. Fysikkfaget kan derfor ikke stilles ”utenfor” og overlate utfordringen til andre. Vi bør isteden arbeide for å finne fysikkfagets plass i det nye utdanningsbildet og analysere oss frem til hva som er fagets naturlige bidrag til en helhetlig utdanning. Utfallet av en slik analyse vil på sikt kunne styrke fysikkfagets posisjon i skolen. De ytre utfordringene er på ingen måte unike for situasjonen i norsk skole og utdanning. Fra flere land og miljøer finner vi analyser og forsøk på utviklingsarbeider. Vi velger her å se nærmere

situasjonen i Danmark og England. Andre eksempler kunne vært valgt, men disse to peker seg fordi de klart forankrer sitt utviklingsarbeid i større visjoner for faget og for skolen generelt.

### **7.1 Danmark: Kompetansebegrepet i sentrum**

Det *Danske undervisningsministeriet* har presentert en utredningsrapport med tittelen "*Fremtidens naturfaglige uddannelse*" (Andersen, Busch, Horst, & Troelsen, 2003). I denne rapporten understrekes det at allmenndannelse og demokratiperspektivet, samt nye kompetanser i forhold til arbeidsmarkedet, må integreres i oppfatningen av "faglighet" i naturfagene. Man kan ikke lenger tenke faglighet i en snever forstand, og se øvrige oppgaver som "tilleggsmål". Naturvitenskap skal forstås "*som en aktør i samfunnsutviklingen, som et spektrum af kollektivt organiserte erkendelsesprocesser, som det erkendelsesmessige grunnlag for de nutidige, vestlige kulturer samt en imponerende mængde veletablert viden*" (ibid s. 33). Med dette utgangspunktet definerer de "naturfaglig kompetanse" som...

*at have viden om, at forstå, udøve, anvende og kunne tage kritisk stilling til natur, naturfaglighed, naturvitenskap og teknologi i en mangfoldighed av sammenhænge hvori disse indgår eller kan komme til å indgå*

(ibid. s. 39).

Deres løsning i forhold til de nye utfordringene er å tone ned den tradisjonelle emnebaserte tilnærmingen til å beskrive innhold i naturfagene og fremheve den kompetansebaserte tilnærmingen. De deler kompetansen i fire delområder (sitat s. 42 i rapporten oversatt til norsk):

❖ *Empirikompetanse*

Observasjon og beskrivelse, klassifikasjon, manuelle ferdigheter, datainnsamling og behandling, sikkerhet, vurdering av usikkerhet og hensiktsmessighet, kritiske metoder, generalisering mellom praksis og teori...

❖ *Representasjonskompetanse*

Symboler og representasjoner, observasjon, presentere, skjelne og skifte mellom forskjellige representasjonsnivåer, analysere, forstå forklaringskraft, abstrahere, redusere...

❖ *Modelleringskompetanse*

Problemformulere, stille opp, skjelne mellom model og virkelighet, redusere, analysere, presisere, anvende på en hensiktsmessig måte, verifisere, falsifisere, bestemme kausalitet, kritisere, videreutvikle...

❖ *Perspektivkompetanse*

Indre sammenheng med ikke-naturfag, historisk/kulturel sammenheng, relasjon til den nære og fjerne omverden, reflektere over vitenskapens og teknologiens rolle i samfunnsutviklingen, kritisk vurdere naturfaglig kunnskap i forhold til annen kunnskap...

Tabell 4 viser hvordan disse kompetanseområdene kan ha ulik vektning og betoning på ulike trinn i fra førskole til videregående skole. Det unike for videregående skole er kompetanse til å anvende fag i komplekse kontekster på en selvstendig måte. Dolin (2002) har arbeidet med å konkretisere dette perspektivet i forhold til fysikkfaget i videregående skole. Han beskriver et fysikkfag der elevene utvikler ferdigheter i å analysere fysiske fenomener og

problemer. Elevene må redusere et fenomen til identifiserbare variable, velge ut de mest relevante av disse og sette opp hypoteser om sammenhenger i form av matematiske modeller. Videre må de lære å teste modellene på en systematisk måte og fremstille resultater og konklusjoner i rapporter. Han mener elevene på denne måten både utvikler nyttig kompetanse og opparbeider en forståelse av fysikkfagets egenart. Fenomenene som studeres må selvsagt ligge innenfor fysikkfagets fagtemaer.

					Kompetanse for å anvende fag på komplekse fenomener på en selvstendig måte
				Kompetanse for å gi kulturelle og faglige perspektiver på naturfagene	
			Kompetanse for å forstå og delta i diskusjoner med naturfaglige aspekter		
		Kompetanse for å handtere naturfaglige og teknologiske aspekter i hverdagen på en funksjonell måte			
Kompetanse for å oppleve, beskrive og undersøke					
Førskole	Gr. skolens Småbarnstrinnet	Gr. Skolen Overgang til mellomtrinnet	Gr. skolen. Mellomtrinnet	Gr. skolen Ungdomstrinnet	Videregående skole

**Tabell 4.** En progresjon i naturfaglig kompetanse (etter Andersen m. fl. 2003, s. 41).

De danske utredningene er "radikale" i måten de fremhever naturfaglige delkompetanser noe uavhengig av mer tradisjonell fagkunnskap. Men utredningsrapporten understreker en sterk misnøye med måten naturfagene undervises på i dag, og mener det er behov for omfattende endringer for å få naturfagene til å støtte opp om det som i dag anses som sentrale målsetninger i grunnutdanningen.

## 7.2 England: Fornyning og bevisstgjøring

En noe annen tilnærming til utfordringene finner vi i det britiske prosjektet *The post-16 Initiative* og det tilhørende kurset/læreverket *Advancing Physics*, som beskrevet tidligere. Prosjektet er som tidligere nevnt, drevet frem av *Institute of Physics* (IoP) og har på det meste hatt hele 300 lærere involvert i utviklingsarbeidet. Som et arbeidsgrunnlag ble det først holdt en rekke høringsrunder om problemer og utfordringer. Av temaene som ble utkrystallisert i høringsrunden<sup>16</sup> og som har blitt lagt til grunn som prinsipper i læreverket, kan vi nevne:

### 1) Oppdatering av fagpensumet.

Man ønsket et "up-to-date" pensum som inkluderte nyere utvikling innen fysikk. *Partikkelfysikk* og *kosmologi* ble raskt identifisert som slike temaer, men analysene fremhevet at dette bare er en del av "moderne" fysikk. Fysikk handler i dag svært mye om teknologirelaterte emner som kommunikasjon, bildebehandling, informasjonsbehandling, sensorer, utvikling av materialer etc. Det ble derfor i tillegg valg to temaer med titlene *Imaging and Visualisation* og *Instrumentation and Sensors*. Disse temaene danner alle utgangspunkt for flere kapitler i læreverket som behandler både den grunnleggende fysikken og anvendelser innen moderne teknologi.

<sup>16</sup> (se <http://post16.iop.org/initiative/>),

## *2) Oppdatering av undervisningsmåtene.*

Her ble det fokusert på at kommunikasjon i samfunnet har gjort en dreining fra å være verbal til å bli visuell. Der man før møtte ord møter man i dag bilder. Dette er noe som preger barne- og ungdomsverdenen i enda sterkere grad enn voksengenerasjonen. IKT har vært en viktig årsak til dette, og er derfor lagt inn som et bærende element i læreverket. Det legges vekt på opplæring i bruk av IKT (for eksempel med modelleringsverktøy og datalogging), formidling og undervisning av fysikk gjennom IKT (animasjoner, illustrasjoner, web-ressurser etc) og en omfattende illustrering av rollen IKT spiller innen fysikk.

## *3) Fokus på matematikk.*

Matematikk har vært sett på som et problem i fysikkundervisningen. Samtidig er matematikk kanskje det mest sentrale verktøyet fysikere har. Forståelse av matematikk er dessuten knyttet til forståelse av selve fysikken og en sentral del av kompetansen som forutsettes for videre studier. En slik erkjennelse ledet *Advancing Physics* til en bestemmelse om å utfordre problemet heller enn å unngå det.

Løsningen har vært et sterkere fokus på å øve opp nødvendig matematikkkompetanse i fysikkfaget, noe som har vært nær knyttet til *modellering*. Det arbeides for at elevene skal få en grunnleggende forståelse av modelleringens rolle i fysikk og at de skal utvikle ferdigheter i matematisk modellering.

## *4) Klargjøring av laboratoriearbeidets plass i fysikkfaget.*

Alle synes å være enige om at laboratoriearbeid er viktig i fysikk, men samtidig påpekes dette ofte som et ”problembarn” der praksis og målsetninger ikke alltid henger sammen. I *Advancing Physics* ønsket man en mye klarere definisjon av de ulike rollene praktisk arbeid skal fylle og tilsvarende ulike typer øvelser som passer med dette. Én av kategoriene øvelser som er valgt er *Investigations*, eller åpne øvelser der elevene selv velger en problemstilling de skal undersøke. Det legges stor vekt på at elevene her arbeider selvstendig og bruker hele repertoaret av elementer i vitenskapelig arbeidsmåte. En konsekvens av dette er at det settes av tilstrekkelig tid til at dette er mulig. *Investigations* er også trukket inn som en egen del av evalueringen.

## *5) Tydeliggjøring av fysikkens hovedlinjer.*

Et allmenndannende perspektiv understreker at elevene skal ha kunnskap *om* fysikk og ikke bare *i* fysikk. I *Advancing Physics* finner vi dette uttrykt ved en ide at elevene skal få innblikk i fysikkens hovedlinjer når det gjelder kunnskapens utvikling og mennesker som har bidratt til denne. For eksempel skal elevene kunne se slike linjer i fysikkens forsøk på å beskrive og forstå materie, i kartleggingen av universets utstrekning og utvikling, og hvordan fysikk stadig har spilt en viktigere rolle i behandling og forståelse av informasjon.

Det kunne vært nevnt flere prinsipper som har vært viktige i *Advancing Physics*, eksempelvis vektleggingen av variasjon i undervisningsmåter, men det viktige i vår sammenheng er å peke ut hovedtrekk.

## **7.3 Inspirasjon til norsk skole**

Sammenligner vi disse to eksemplene finner vi flere felles elementer, selv om de kommer til uttrykk på noe forskjellige måter. Et hovedelement hos begge er ønsket om å fornye og ”oppdatere” skolefaget, og vi ser at kompetansebehov i samfunnet og i yrkeslivet er viktige kriterier for dette. I *Advancing Physics* pekes

det på at en fysikkelev på bakgrunn av sin spesialkompetanse kan komme til å arbeide på svært ulike felter og med mange ulike oppgaver. Et av fysikerens fremste kjennetegn er en empirisk tilnærming som krever spesielle analytiske ferdigheter, blant annet matematisk modellering (se også Einevoll og Sudbø innlegg i vårt temanummer *Fra Fysikkens Verden*, vedlegg 1). Dette er en kompetanse som har gjort fysikere attraktive også for arbeidsgivere som ikke driver med fysikkrelaterte oppgaver. Vi ser at både det engelske læreverket og den danske utredningen ender opp med modellering som et sentralt tema og en vektlegging av vitenskapelig arbeids – og tenkemåte i prosjektform. Disse to områdene synes å være løsninger som tilfredsstillende interne og eksterne utfordringer. Modellering betraktes både som en innfallsvinkel for trening av matematikk i fysikk og som en nyttig kompetanse for kommende jobb. Vitenskapelige undersøkelser er tilsvarende trening i nyttig kompetanse og en pedagogisk innfallsvinkel for å lære om fysikk. Tilsvarende ser vi at både det danske og det engelske initiativet er tydelige på at evnen til å se hovedlinjer i fagfeltet fysikk og den samfunnsmessige og kulturelle betydningen av disse, er en viktig overordnet kompetanse.

En avsluttende kommentar angående fornying av fysikkfaget kan knyttes til vektleggingen av fagets "image". I *Advancing Physics* legges det stor vekt på å fremstille faget som moderne. Når elevene møter faget skal de umiddelbart se at dette er en "vei inn i fremtiden" og ikke historisk studie av noe som har vært. Elevene skal møte "moderne" teori, utstyr, undervisningsmetoder etc. Til sammen former dette fagets fremtoning og kan i så måte bidra til å rekruttere elever ut over de med medfødt interesse for klassisk fysikk.

Det er altså viktige fellestrekk i de danske og engelske initiativene som sammenfaller med flere av innleggene som ble trykket i vårt spesialnummer av *Fra Fysikkens Verden* (vedlegg 1). Dette er inspirerende og visjonære kilder som en framtidig læreplangruppe bør inkludere som grunnlag i sitt arbeid.

## 8 Utvalgets forslag

I dette kapitlet vil vi gi de konkretiseringer som vårt arbeid har resultert i. Vi har som sagt ovenfor, valgt å ikke formulere en læreplan. I stedet er våre forslag ment som momenter som vi mener læreplankomiteen bør ta hensyn til. Listen nedenfor går fra mer generelle momenter først til gradvis mer spesifikke momenter sist.

### **Moment I.** *Det bør vurderes å innføre en moderat form for linjedeling*

- a. Etter utvalgets mening er det uheldig at dagens åpne struktur tillater elever å velge seg en svært lite fokusert allmennfaglig utdanning. Det er grunn til å tro at fag som er nært beslektet, slik som matematikk, fysikk, kjemi og biologi, vil dra gjensidig nytte av å ha de samme elevene. Dette åpner opp for muligheten av å ha reelle prosjekter i studieretningsfagene. På mindre skoler er det etter hvert ikke uvanlig at studieretningsfagene blir lagt i blokker på en slik måte at valgmulighetene blir noe begrenset.
- b. I forbindelse med at alle fag sannsynligvis med den nye stortingsmeldinga blir definert som "læringsarena" for mer generelle kompetanser, er det grunn til å argumentere for å styrke timeandelen til studieretningsfagene på bekostning av de felles allmenne fagene. "Den andre skrive- og leseopplæringa" er eksempelvis i stor grad knyttet til å lære seg å lese og skrive i fag. I dag tilhører dette i stor grad norskfaget. På denne måten er dagens system slik at skjønnlitterære sjangere har svært høy prioritet sammenliknet med mer faglige sjangere. Utvalget har begrenset innsikt i andre lands utdanningssystemer, men vi har det bestemte inntrykk at norsk videregående allmennfaglig utdanning er svært lite spesialisert sammenliknet med andre land, noe som i all hovedsak skyldes at vi i vår skole har prioritert de humanistiske fagene for alle elevene.

### **Moment II.** *Hovedlinjene i dagens plan bør beholdes.*

- a. Generelt ønsker vi at den overordnede hensikten med dagens fysikkplan videreføres; 2FY som et bredt orienteringsfag for alle uavhengig av øvrig valgte studieretningsfag, samt et 3FY som innebærer en forberedelse til spesialiserte studier innen realfag og teknologi.
- b. Utvalget ønsker spesielt å styrke 2FY som et bredt orienteringsfag. Faget bør derfor gjennomgå relativt store endringer. Alternativt kan man tenke seg at dette faget blir bestående av to moduler, hvorav den ene modulen spesielt tilpasses elever som ikke skal ha mer realfag på videregående skole, og den andre spisses noe mer i retning av studieforberedelse.
- c. Til sammen ønsker vi at 2FY skal vokse i elevtall. Dette fordi vi mener at fysikkfaget er et viktig element i allmenndannelsen, men også fordi vi antar at økt rekruttering til 3FY best kan oppnås gjennom endringer i 2FY.

### **Moment III.** *Læreplanens styringsfunksjon bør ikke svekkes.*

- a. Læreplanen bør fortsatt være det reelle styringsdokumentet. Det vil si at den i tillegg til å si noe om læringsmål (det være seg i form av generelle kompetansebeskrivelser eller mer spesifiserte emnelister) også bør inneholde et overordnet perspektiv på faget, noe om viktige arbeidsmåter i faget (eksempelvis at det er viktig med praktisk arbeid av ulike typer) og ikke minst hvordan vurdering i faget skal foretas.
- b. Utvalget har på grunnlag av debatten blant lærere følt det viktig å presisere at en sentralgitt eksamen i faget, er viktig. Sentralgitt eksamen trenger ikke nødvendigvis å være skriftlig for alle elevene. Man bør også drøfte mer generelle sider ved eksamen i forhold til reliabilitet og hvordan man ser for seg at man skal kunne samle den gode informasjonen som finnes i eksamensresultater på en mer systematisk måte.

**Moment IV.** *Pensummengden i 2FY bør reduseres betydelig og pensummengden i 3FY bør reduseres noe.*

- a. Det er godt dokumentert at svært mange læreplanprosesser i realfagene har hatt som utgangspunkt et gyllent prinsipp om at "Less is more". I dette prinsippet ligger det en erkjennelse av at dersom man skal oppnå solid forståelse i et fag, så krever dette tid; det krever at elever gis mulighet til å være aktive i sine læringsprosesser. Gjennom dette vil elever kunne oppnå høyere mål i faget, som dermed har overføringsverdi i nye situasjoner. Et eksempel er matematisk modellering. Dette er et av de elementære kjennetegnene ved aktivitetene til fysikere. Gjennom aktiv deltagelse i konkrete modelleringsprosjekter er det grunn til å tro at elevene drar med seg overordnede prinsipper slik at hun oppnår en metaforståelse av hva det vil si å modellere systemer.
- b. Hovedhensikten med å redusere omfanget av "pensumet" bør ikke være å redusere vanskegraden i faget, eller det som av enkelte har blitt hevdet å være en "faglig nivellering". Snarere tvert om: Ved å fokusere mer på de overordnede målene mener utvalget at faget kan oppleves som mer relevant for flere elever, samtidig som at fokus nettopp er på mer sammensatte kompetanser.

**Moment V.** *Sammenhengen mellom matematikk og fysikk bør gjøres tydeligere.*

- a. FUN har dokumentert at elever har problemer med å matematisere i fysikkfaget. Problemet synes ikke å være matematikken som anvendes, men snarere koplingen mellom ulike matematiske representasjoner og fenomenet i seg selv. Dette bør gjøres til et eksplisitt element i fysikkfaget (se mer i moment X nedenfor)
- b. Det er viktig at matematikken som elevene tilegner seg i studieretningsfaget i matematikk, også blir anvendt i fysikkfaget. Spesielt gjelder dette 3FY. Har elevene lært seg differensialmatematikk bør hun få anvendt dette i fysikkfaget. Dette prinsippet gjelder også noen av de endringene som utvalget foreslår for naturfag grunnkurs i moment X nedenfor

**Moment VI.** *Fysikkfaget som praktisk fag bør styrkes ytterligere. Det bør vurderes å kategorisere fysikkfaget (og andre naturvitenskapelige studieretningsfag) som verkstedfag.*

- a. En av hovedpilarene i fysikkfaget har historisk sett vært at fysikkfaget er et praktisk fag. Det er viktig å ytterligere forsterke dette aspektet i den nye læreplanen. Går vi tilbake til læreplaner fra før 1976 ser vi at de inneholder lange oppramsinger av teknologi som elevene skal kunne gjøre rede for, og samtidig eksisterte det lister som foreskrev at skoler skulle ha mye av denne teknologien i sine samlinger for bruk til praktisk arbeid. Mye av dette er nå utdatert teknologi. Det kan argumenteres for at moderne utvikling i teknologi i stor grad har medført at de naturvitenskapelige prinsippene og dermed også mye av teknologien som er bygd inn i moderne gjenstander, eksempelvis mobiltelefoner og digitale kameraer, har blitt skjult. Det kreves ikke lenger grunnleggende innsikt i teknologien bak gjenstandene for å bruke dem. Når man bruker manuelle kameraer kan det imidlertid være en fordel, ja kanskje nødvendig, med innsikt i elementær optikk, og hvordan et bilde faktisk dannes på det fotosensitive mediet i kameraet. Imidlertid kan det fortsatt argumenteres for at grunnleggende innsikt i moderne teknologi, dens muligheter, begrensninger, dets tilblivelse og utvikling er elementer i det å være allmenndannet. Moderne teknologi fungerer eksempelvis ofte med å bruke sensorer som gir en *input* til teknologien som gir en *output*. Hvordan outputen skal være kan brukeren til en viss grad styre, men å forstå hvordan sammenhengen mellom inputen og outputen er, er også viktig for å ha en personlig følelse av å beherske teknologien. Det er derfor etter utvalgets mening grunn til å forsterke teknologiaspektet i fysikkfaget.
- b. En konkretisering av punkt a: Det bør derfor vurderes å innføre emner som videregående elektronikk (utover kretslæra i dagens kurs) og halvlederteknologi. Dette bør være praktisk opplæring med stor grad av aktiviteter der elevene selv bygger primitive versjoner av teknologiske produkter. Et eksempel her er å bygge fra bunnen av en temperatursensor. Videre bør det vurderes å innføre aktiviteter og pensum mot det å forstå egenskapene til ulike materialer, et vesentlig moment i det å ha en teknologisk forståelse.
- c. Læreplanen bør i større grad enn i dag fokusere på eksplisitte undervisningsmål/kompetanser som det er naturlig å øve opp i en praktisk kontekst. Praktisk arbeid (inkludert eksperiment, øvelser, demonstrasjoner etc.) har ulike hensikter; lære seg å beherske måleutstyr, få en generell metodisk innføring og forståelse av fysikkens egenart, oppleve spennende og sentrale fenomener, øve begrepsforståelse, kontrollere variable, øve på modellering for å nevne noen eksempler. Disse ulike betoningene av praktisk arbeid bør den nye læreplanen ha et bevisst og gjennomtenkt forhold til.

**Moment VII.** *20 % av ett årskurs (både 2FY og 3FY) bør være tilvalgsstoff/breddemodul.*

- a. Utvalget understreker at fysikklærere er en sammensatt gruppe med svært ulike spesialiseringer og hovedinteresser. En fysikklærer med bakgrunn i biologi vil for eksempel kunne nå langt innen biofysikk og en lærer med ingeniørbakgrunn vil kunne tilføre faget en ekstra dimensjon ved å benytte sin egen kompetanse.
- b. I samme tråd vil vi understreke at ulike elever har ulike interesser. Gjennom tilvalgsstoffet gis elever en mulighet til å forfølge egne interesser.
- c. Ulike lokale miljøer gir også ulik relevans for ulike emner i fysikkfaget. Bor man eksempelvis i nærheten av et godt teleskop bør man ha muligheten til å bygge inn mer praktisk astronomi i sitt fysikkurs, mens elever som bor i nærheten av et smelteverk, et sykehus med moderne diagnostiseringsverktøy, et kraftverk etc. bør kunne bygge inn lokalt relevant tilvalgsstoff i sitt pensum.
- d. Erfaringene med tilvalgsstoff fra tidligere læreplaner bør trekkes inn. Det var tendenser til å la dette bli en salderingspost med lite vektlegging til eksamen.

**Moment VIII.** *Konkrete endringer i 3FY*

- a. Utvalget har så langt funnet det vanskelig å foreslå store endringer i dette faget. Imidlertid ser vi at vårt forslag om å innføre 20 % tilvalgsstoff, samt at vi ønsker noe mindre stoffmengde også i 3FY tilsier at mengden obligatorisk emner/mål bør redusere med anslagsvis 30 % av dagens nivå.
- b. Vi ønsker likevel å antyde at en løsning er å beholde et fokus på mekanikk og elektromagnetisme i den obligatoriske delen, mens de resterende emnene (relativitetsteori, kvantefysikk og astrofysikk) reduseres noe. En videre fordyping i dette kan inngå i tilvalgsstoffet/breddemodulen.
- c. Et tillegg til astrofysikk: Vi har foreslått at det innføres et beskrivende emne innen astronomi/astrofysikk i naturfag grunnkurs (se moment X, punkt d nedenfor). Dette vil i seg selv gjøre det mulig å redusere deler av astrofysikken slik den er i dag.
- d. I tillegg til mekanikk og elektromagnetisme bør den nye læreplanen ha et fokus på det å bygge og analysere matematiske modeller av fysiske systemer, samt en bevisstgjøring av det eksperimentelle arbeidets funksjon, altså en ytterligere styrking det som i dag er mål 1 og 2. Disse målene må også være en del av tilvalgsstoffet/breddemodulen.

**Moment IX.** *Konkrete endringer i 2FY*

- a. Utvalget foreslår å fjerne mål 7; termofysikken
- b. Utvalget foreslår å fjerne mål 5; elektrisitetslæren (se også moment X, punkt b).
- c. Utvalget foreslår å fjerne mål 4a og b; geometrisk optikk (se også moment X, moment c).

- d. Utvalget foreslår å fjerne mål 6c; elementærpartikkelfysikken. Dette bør heller tas inn i en kvantefysikkmodul som tilvalgsstoff/breddemodul i 3FY. Det er først med litt kvantefysikk, noe elementær relativitetsteori og mer grunnleggende mekanikk at elementærpartikkelfysikken kan gjøres til noe mer enn en oppramsing av partikkelfamilier.
- e. Utvalget foreslår å styrke betydningen av de mer overordnede kompetansene slik at de emnene som gjenstår blir pløyd mer i dybden, med en styrking av fokus på matematisk modellering og større praktiske arbeider.
- f. Utvalget foreslår at en kvalitativ tilnærming til begrepene i 2FY, spesielt i mekanikk, forsterkes i den nye læreplanen. En kvalitativ tilnærming betyr her ikke at matematiseringen skal falle bort, snarere tvert om; vi foreslår i punktet ovenfor at den matematiske modelleringen styrkes. Imidlertid mener utvalget at en slik matematisk modellering til dels kan oppleves som lite meningsfull når man ikke har oppnådd en metaforståelse av at matematiske modellering er et av de viktigste kjennetegnene ved fysikkfaget. Det er derfor viktig å styrke dette elementet ikke bare fordi noen av elevene en dag skal bli spesialister i slik modellering, men også fordi dette er et av de viktigste bidragene som fysikkfaget har til allmenndannelsen.
- g. Utvalget foreslår at det inkluderes en ny modul knyttet til moderne teknologi, gjerne etter modell av Advancing Physics i England. Stikkord her er imaging, halvlederteknologi og logiske kretser.

**Moment X.** *Konkrete endringer i naturfag grunnkurs og natur- og miljøfag i grunnskole*

- a. I vårt arbeid har vi sett at de endringer vi ønsker oss delvis er avhengig av endringer i naturfagene på lavere årstrinn, og da spesielt naturfaget i grunnkurset. Det er viktig at naturfaget i grunnkurs gir et spennende og troverdig inntrykk av fysikkfaget.
- b. Utvalget foreslår derfor at den elementære kretsteknikken som finnes i dagens naturfag grunnkurs styrkes med blant annet Kirchoffs lover som ble foreslått tatt ut av 2FY i moment IX ovenfor.
- c. Utvalget foreslår i samme ånd at geometrisk optikk som ble foreslått tatt ut av 2FY blir innlemmet i ny læreplan for naturfag grunnkurs. Begrunnelsen er at dette i stor grad kan relateres til hverdagslige fenomener og interessant praktisk arbeid. Dessuten vil innføringen av Schnells lov passe inn på dette trinnet fordi enkel trigonometri er en del av matematikk grunnkurs. Jamfør moment III ovenfor er det viktig at elevene opplever den matematikken de lærer som et viktig verktøy.
- d. Utvalget foreslår at det innføres elementær astronomi/astrofysikk som et viktig aspekt i et allmenndannende naturfag grunnkurs. Mange naturfaglærere savner dette emnet som de likte å undervise i, og som mange elever viste stor interesse for.

- e. Det er viktig at naturfag grunnkurs blir undervist av lærere med nødvendige kvalifikasjoner. Det er vårt inntrykk at det i stor grad er lærere med bakgrunn i kjemi og/eller biologi som settes til å undervise i dette faget. Samtidig er det viktig at faget ikke deles opp i de klassiske disiplinene biologi, kjemi og fysikk. I dag eksisterer det ulike modeller i ulike skoler. Utvalget mener at den beste modellen er et naturfagteam som kan utfylle hverandre i noen grad, men som samarbeider slik at elevene ikke gis det inntrykket at naturfaget består av tre deler med vanntette skott mellom. På små skoler kan dette tenkes gjennomført ved at en lærer med fysikkfaglig bakgrunn trekkes inn som ”konsulent” i perioder.
- f. I natur- og miljøfaget i grunnskolen innser utvalget at det er problemer knyttet til læreres formelle kompetanse i naturfagene. Utvalget foreslår at det gjøres et nasjonalt løft for å:
  - i. Sørge for at alle skoler har et godt naturfagrom med det nødvendige utstyret for at elevene skal kunne ha meningsfulle praktiske aktiviteter.
  - ii. Sørge for at lærere i natur- og miljøfag får tid og ressurser som gjør det mulig å etterutdanne seg. Utvalget ønsker at naturfaget i noen år får den samme pakken som matematikkfaget fikk med stipender i størrelsesorden 100.000 kr for å etterutdanne seg. Vi tror ganske bestemt at den nye ordningen som foreslås i regjeringens strategidokument for å styrke realfagene ikke vil virke etter hensikten. I dette dokumentet slås det fast at regjeringen ikke ønsker å øremerke penger til dette, men at disse ressursene tilflyter kommunene. Innenfor den stramme kommunesektoren er det ingen grunn til å være optimistisk med tanke på at disse midlene blir prioritert til etterutdanning.

## References

- ANDERSEN, V. O., BUSCH, H., HORST, S. & TROELSEN, R. (2003). *Fremtidens naturfaglige uddannelser. Naturfag for alle - vision og oplæg til strategi*. København: Undervisningsministeriet.  
<http://pub.uvm.dk/2003/naturfag/>
- ANGELL, C., GUTTERSUD, Ø., HENRIKSEN, E. K. & ISNES, A. (i trykk). Physics: Frightful, but Fun. Pupils' and teachers' views of physics and physics teaching. *Science Education*.
- ANGELL, C., HENRIKSEN, E. K. & ISNES, A. (2003). Hvorfor lære fysikk? Det kan andre ta seg av! I D. JORDE & B. BUNGUM (red), *Naturfagdidaktikk: Perspektiver, forskning, utvikling*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag.
- ANGELL, C., KJÆRNSLI, M. & LIE, S. (1999). *Hva i all verden skjer i realfagene i videregående skole?* Oslo: Universitetsforlaget.
- ANGELL, C. & LIE, S. (1993). *Er eksamen rettferdig? Søkelys på fysikkeksamen 1989 - 1992*. Oslo: Senter for lærerutdanning og skoletjeneste og Skolelaboratoriet, avd. fysikk, Universitetet i Oslo.
- ANGELL, C. & PAULSEN, A. C. (2003). "Elevernes stemmer": *Fysikfaget, undervisning og lærerroller, som eleverne oppfatter det i det almene gymnasium i Danmark* (No. Tekst nr 413). Roskilde: IMFUFA, Roskilde Universitetscenter.  
<http://www.fys.uio.no/skolelab/pdf/elevernesstemme.pdf>
- BJØRKHAUG, B. (2004). *Ikke fastsatt ennå*. Hovedfagsoppgave, Universitetet i Oslo.
- CARLONE, H. B. (2003). Innovative science within and against a culture of "achievement". *Science Education*, 87, 307-328.
- CARSON, S. (Ed) (1999). *Shaping the Future 2: Physics in Mathematical Mood*. Bristol: Institute of Physics Publishing.  
<http://post16.iop.org/shaping/>
- COUGHLAN, R. (Ed) (1999). *Attainment in Physics. Proceedings of the Colloquium on attainment in physics*. Dublin: Department of Education and Science.  
[http://cisad.adc.education.fr/revu/pdf/colloq\\_physics.pdf](http://cisad.adc.education.fr/revu/pdf/colloq_physics.pdf)
- DANMARKS EVALUERINGSINSTITUT. (2001). *Fysik i skolen - skolen i fysik*. København: Danmarks Evalueringsinstitut.  
<http://www.eva.dk>
- DE LOZANO, S. R. & CARDENAS, M. (2002). Some learning problems concerning the use of symbolic language in physics. *Science & Education*, 11, 589-599.
- DOLIN, J. (2002). *Fysikfaget i forandring*. Roskilde Universitet, Roskilde.
- GEELAN, D. R. (1997). Weaving narrative nets to capture school science classrooms. *Research in Science Education*, 27(4), 553-563.
- GUTTERSUD, Ø. (2001a). "Det er ikke lett å diskutere med venner som ikke vet at ting faller like fort". En fokusgruppestudie av fysikkelevers oppfatninger av fysikk og deres grunner for å velge fysikk i videregående skole. Hovedfagsoppgave i fysikkdiaktikk, Universitetet i Oslo.  
<http://www.digbib.uio.no/publ/fysikk/2001/2741/2481.pdf>
- GUTTERSUD, Ø. (2001b). Fysikkelever i videregående skole. *Fra Fysikkens Verden*, 63(3), 76-80.
- HARKJERR, T. (2002). *Skolefysikken i saksen til isaachsen. En studie av Isaachsens lærebøker i fysikk for realgymnaset 1903-1969*. Hovedoppgave i idéhistorie, Universitetet i Oslo.

- HARKJERR, T. (2004). Isaachsens lærebøker i fysikk for realgymnaset - et hundreårsjubileum. *Fra Fysikkens Verden*, 66(1), 9-19.
- HENRIKSEN, E. K., ANGELL, C. & ISNES, A. (2000). FUN - Fysikkutdanning i Norge. *Fra Fysikkens Verden*, 62(4), 118-122.
- KEMPA, R. F. & DIAZ, M. M. (1990). Students' motivational traits and preferences for different instructional modes in science education. *International Journal of Science Education*, 12(2), 205-216.
- KRISTENSEN, L. (1995). *Karakterer i norsk skole. En undersøkelse over karakterer i norsk skole og en analyse av sentrale styringssystemer for karaktersetting*. Bærum/Oslo: Valler videregående skole/Institutt for lærerutdanning og skoleutvikling.
- LEACH, J. (1999). Students' understanding of the co-ordination of theory and evidence in science. *International Journal of Science Education*, 21(8), 789-806.
- MULLIS, I. V. S., MARTIN, M. O., BEATON, A. E., GONZALEZ, E. J., KELLY, D. & SMITH, T. A. (1998). *Mathematics and Science Achievement in the Final Year of Secondary School. IEA's third international mathematics and science study (TIMSS)*. Chestnut Hill, MA: Center for the study of testing, evaluation, and educational policy, Boston College.
- NOU. (2003). *I første rekke*. Oslo: Statens forvaltningstjeneste.  
<http://odin.dep.no/ufd/norsk/publ/utredninger/NOU/045001-020003/index-dok000-b-n-a.html>
- NÆSS, T. (2002). Realfagslærere i skolen. Rekruttering, beholdning og avgang. *NIFUs skriftserie*(5).
- OGBORN, J. & DOBSON, K. (2000). *Advancing Physics AS. Course Guide*. Bristol: Institute of Physics Publishing.
- OSBORNE, J. & COLLINS, S. (2001). Pupils' views of the role and value of the science curriculum: a focus-group study. *International Journal of Science Education*, 23(5), 441-467.
- RASCH-HALVORSEN, A. & JOHNSBRÅTEN, H. (2004). *Norsk Matematikkråds undersøkelse blant nye studenter høsten 2003. Sammendrag*. Notodden: Høgskolen i Telemark.  
<http://www.mi.uib.no/nmr/rapport2003/NMRRapportH2003.pdf>
- RYDER, J., LEACH, J. & DRIVER, R. (1999). Undergraduate Science Students' Images of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(2), 201-219.
- SADLER, P. M. & TAI, R. H. (2001). Success in Introductory College Physics: The Role of High School Preparation. *Science Education*, 85(2), 111-136.
- SEIDEL, T. & PRENZEL, M. (2002). "Can everybody look to the front of the classroom, please?" *Patterns of instruction in physics classrooms and its implications for students' learning*. Paper presented at the NARST konferansen, New Orleans, 7.-10. april 2002.
- SÉRÉ, M.-G. (2002). Towards renewed research questions from the outcomes of the european project Labwork in Science Education. *Science Education*, 86, 624-644.
- STADLER, H., DUIT, R. & BENKE, G. (2000). Do boys and girls understand physics differently? *Physics Education*, 35(417-422).
- UFD. (2002). *Realfag, naturligvis*.
- UFD. (2004a). *Kultur for læring, Stortingsmelding nr. 30 (2003-2004)*.  
<http://odin.dep.no/archive/ufdvedlegg/01/09/STM03067.pdf>
- UFD. (2004b). *Realfag, naturligvis*.  
<http://odin.dep.no/archive/ufdvedlegg/01/06/Realf075.pdf>