

## KAPITTEL 2

# Fysikken i TIMSS Advanced og utviklingen av norske læreplaner

Arne Hole

*Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO*

Liv Sissel Grønmo

*Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO*

Internasjonale storskalaundersøkelser som TIMSS Advanced gir muligheter for å vurdere ulike sider av fysikkfaget i norsk skole i relasjon til det rammeverket som studiene har utviklet. Rammeverket i TIMSS Advanced reflekterer hva som er vanlig å ha med i læreplanene i fysikk i videregående skole i deltakerlandene. For mer om dette se kapittel 13. For å få et bredt perspektiv på vår diskusjon har vi sett på norske læreplaner i fysikk tilbake til midten av 1970-tallet. På denne måten kan si noe om hva som har påvirket planene i Norge, og vurdere i hvilken grad den norske læreplanen er i samsvar med det som internasjonalt utgjør kunnskapsbasen i fysikkfaget i videregående skole. Både for å forstå og kunne forklare rene prestasjonsdata og for å kunne se på sammenhenger mellom prestasjonsdata og andre variabler er det relevant å ha en grundig forståelse av de norske læreplanene. Vi tar for oss læreplanutviklingen i Norge og bruker denne som bakgrunn for våre sammenlikninger av i hvilken grad det faglige rammeverket for TIMSS Advanced 2015 fysikk samsvarer med gjeldende norske læreplaner for faget.

## 2.1 Rammeverket for fysikk i TIMSS Advanced 2015

En formell beskrivelse av strukturen i det faglige rammeverket for TIMSS Advanced 2015 fysikk er gitt i kapittel 13. En komplett framstilling er gitt i Mullis & Martin (2014). Vi tar her for oss aspekter ved rammeverket som er særlig relevante for sammenlikning med norske læreplaner i fysikk.

Som beskrevet i kapittel 13 er det faglige rammeverket i TIMSS Advanced fysikk bygd opp på en todimensjonal måte. I den første dimensjonen fordeles fagstoffet i *kognitive kategorier*, og i den andre dimensjonen fordeles det i *fagområder*. De kognitive kategoriene er *kunne*, *anvende* og *resonnere*. Vi skal her primært konsentrere oss om fagområdene:

- mekanikk og termodynamikk (omtrent 40 % av oppgavene)
- elektrisitet og magnetisme (omtrent 25 % av oppgavene)
- bølger og atom-/kjernefysikk (omtrent 35 % av oppgavene)

(Jf. Grønmo, Hole & Onstad, 2016, kap. 3). Vi skal se nærmere på innholdet i hvert fagområde.

### 2.1.1 Mekanikk og termodynamikk i TIMSS Advanced 2015

Under fagområdet *Mekanikk og termodynamikk* lister rammeverket opp følgende tre delområder:

- krefter og bevegelse
- bevaringslover
- varme og temperatur

I innledningen til fagområdet poengteres det at kinematikk, inkludert Newtons tre lover og Newtons gravitasjonslov, er viktige elementer. Videre nevnes også bevaringslover for *energi* og *bevegelsesmengde* (impuls) og *termodynamikkens første lov* eksplisitt i innledningen. Rammeverket går så videre til å liste opp konkrete *kompetansemål* til hvert av de tre delområdene, altså konkrete beskrivelser av ting man ønsker å teste om eleven *kan*. For delområdet *krefter og bevegelse* kan disse kompetansemålene stikkordsmessig beskrives som følger:

1. bestemme posisjon, strekning, tid, fart og akselerasjon ved å bruke Newtons lover
2. identifisere krefter, inkludert friksjon, og løse problemer som involverer krefter
3. bestemme krefter som virker på et legeme i sirkelbevegelse med konstant fart, bestemme sentripetalakselerasjon og omløpstid
4. bruke gravitasjonsloven til å bestemme bevegelsene til himmellegemer og kreftene som virker på dem

Vi ser her at 3) trekker fram sirkelbevegelse som et område innen klassisk mekanikk det legges spesiell vekt på. Som vi skal se senere i kapitlet, samsvarer dette godt med den norske læreplanen for fysikk. Det samme kan sies om innretningen mot astronomi som uttrykkes ved 4). Merk også at 3) er direkte relevant for 4).

For delområdet *bevaringslover* lister rammeverket opp følgende kompetansemål, stikkordsmessig beskrevet:

1. bruke loven om bevaring av mekanisk energi, inkludert i situasjoner hvor potensiell energi går over til kinetisk energi eller omvendt
2. bruke bevaring av bevegelsesmengde i elastiske og uelastiske støt
3. bruke termodynamikkens første lov i problemløsning

Her kan vi notere oss at 3) tenkes å involvere kvantitativ bruk. Dette kommer vi tilbake til når vi sammenlikner med norske læreplaner senere i kapitlet.

For delområdet *varme og temperatur* lister rammeverket opp følgende kompetansemål, igjen stikkordsmessig beskrevet:

1. vise forståelse for mekanismene i varmeoverføring og den mekaniske ekvivalenten til varme (arbeid), og bruke spesifikk varmekapasitet og varmekapasitet til å finne likevektstemperatur når legemer med ulike temperaturer plasseres sammen
2. bestemme utvidelsen av faste stoffer relatert til temperaturendringer og bruke loven for ideelle gasser (i formen  $pV/T = \text{konstant}$ ) i problemløsning

Merk at disse to kompetansemålene sammen med kompetansemål 3) under delområdet *bevaringslover* til sammen innebærer at rammeverket i TIMSS Advanced 2015 legger stor vekt på kvantitativ termodynamikk. I motsetning til i læreplanen som gjaldt for det norske kullet som deltok i TIMSS Advanced fysikk 1995, behandles dette kun kvalitativt i læreplanen som gjaldt i 2015.

## 2.1.2 Elektrisitet og magnetisme i TIMSS Advanced 2015

Under fagområdet *Elektrisitet og magnetisme* lister rammeverket opp følgende to delområder:

- elektrisitet og elektriske kretser
- magnetisme og elektromagnetisk induksjon

I innledningen til fagområdet nevnes elektrostatikk, bevegelsen til ladninger i elektriske kretser og magnetfelt, energitap og elektromagnetisk induksjon. For delområdet *elektrisitet og elektriske kretser* lister rammeverket opp følgende kompetansemål, stikkordsmessig beskrevet:

1. bruke Coulombs lov til å finne størrelse og retning på tiltrekning eller frastøtning mellom ladde partikler
2. finne kraften på en ladd partikkel i et homogent elektrisk felt og banen den følger
3. løse problemer med strøm, spenning, resistans og energi i elektriske kretser, inkludert anvendelse av Ohms lov og Joules lov

For delområdet *magnetisme og elektromagnetisk induksjon* lister rammeverket opp følgende kompetansemål, stikkordsmessig beskrevet:

1. finne kraften på en ladd partikkel i et homogent magnetisk felt og banen den følger
2. demonstrere forståelse for sammenhengen mellom magnetisme og elektrisitet, blant annet for magnetiske felt rundt ledere (Amperes lov), elektromagneter og elektromagnetisk induksjon

### 2.1.3 Bølger og atom-/kjernefysikk i TIMSS Advanced 2015

Under fagområdet *Bølger og atom-/kjernefysikk* lister rammeverket opp følgende to delområder:

- bølgefenomener
- atom- og kjernefysikk

I innledningen til fagområdet poengteres det at dette området utgjør en bro mellom klassisk og moderne fysikk. Videre nevnes elektromagnetisk stråling, refraksjon, interferens og diffraksjon. For atom- og kjernefysikk trekkes kjernestruktur, elektroners oppførsel, kjernereaksjoner og radioaktiv nedbryting fram spesielt. For delområdet *bølgefenomener* lister rammeverket opp følgende kompetansemål, stikkordsmessig beskrevet:

1. anvende kunnskap om mekaniske bølgefenomener og sammenhengen mellom fart, frekvens og bølgelengde i problemløsning
2. vise forståelse av elektromagnetisk stråling som bølger med opphav i vekselvirkninger mellom variasjoner i elektriske og magnetiske felt, og identifisere ulike typer bølger (radio, infrarød, synlig lys, røntgen, gamma) ved bølgelengde og frekvens
3. forklare termisk stråling ved å knytte det til temperatur og bølgelengde til utsendt elektromagnetisk stråling
4. vise forståelse for refleksjon, refraksjon, interferens og diffraksjon

For delområdet *atom- og kjernefysikk* lister rammeverket opp følgende kompetansemål (stikkordsmessig):

1. bruke kunnskap om strukturen i atomer og isotoper, atomnummer og atomær masse i problemløsning, og relatere emisjons- og absorpsjonsspektre til elektroners oppførsel
2. bruke forståelse for bølge/partikkel-dualitet, inkludert kunnskap om fotoelektrisk effekt, til å beskrive konsekvenser av å endre intensitet eller bølgelengde av innfallende lys, og løse problemer knyttet til materiens bølgeegenskaper

3. vise forståelse for kjernereaksjoner og løse problemer knyttet til radioaktiv nedbryting, inkludert halveringstid for radioaktive isotoper, og beskrive kjernereaksjoners rolle i naturen (f.eks. i stjerner) og i kjernereaktorer
4. vise forståelse for masse/energi-ekvivalens i kjernereaksjoner og partikkeltransformasjoner

Som det framgår av det ovenstående, er hvert av kompetansemålene listet opp under de ulike delområdene godt egnet til å definere oppgavesjangre innen det formatet TIMSS Advanced bruker. Vi kan også konkludere med at rammeverket for fysikk i TIMSS Advanced 2015 er kompetansebasert. Som vi skal se senere i kapitlet, gjør dette at det faglige fysikkrammeverket for TIMSS Advanced 2015 rent formmessig ligger nærmere den norske fysikkplanen som gjaldt for 2015-kullet, enn planen som gjaldt for 1995-kullet.

## 2.2 Læreplaner for fysikk i norsk videregående skole

For å få et historisk perspektiv på utviklingen innen skolefaget fysikk i Norge, går vi noe lenger tilbake enn tidspunktet for den første gjennomføringen av TIMSS Advanced i 1995. Vi ser på planene fra 1976, 1985 og 1992. Den siste av disse planene gjaldt for det norske kullet som deltok i TIMSS Advanced fysikk 1995. Vi sammenlikner så disse planene med dagens gjeldende læreplan, som gjaldt for det norske kullet som deltok i TIMSS Advanced 2015. Målet er å belyse utviklingen fra TIMSS Advanced 1995 til TIMSS Advanced 2015.

### 2.2.1 Fysikkplanen av 1976

Fysikkklæreplanen fra 1976 (KUD, 1976) gjaldt fram til skoleåret 1983/84 (Olsen, 2004), da den ble erstattet av en forløper for planen av 1985, som vi skal se på nedenfor. Fysikkplanen fra 1976 var en del av *Læreplan for den videregående skole*, del 3a, med undertittelen *Studieretning for allmenne fag*. Denne læreplanen beskrev en videregående skole delt i tre *linjer*, omtalt i planen som *naturfaglinjen*, *samfunnsfaglinjen* og *språklinjen*. Fagene elevene tok i løpet av de tre årene, var i tre kategorier: Felles allmenne fag, studieretningsfag (linjefag) og valgfag. Blant disse kategoriene var det studieretningsfagene (linjefagene) som definerte hvilken linje eleven fulgte. For valg blant linjefagene

gav planen føringer. Tenkningen bak dette er eksplisitt formulert på side 9 i læreplanen (KUD, 1976): «*For at fordypningen skal få den nødvendige tyngde, stilles det bestemte krav til fagkombinasjonene innenfor linjen*». Planen angav så en uttømmende liste over fagkombinasjoner som kunne inngå. For naturfaglinjen så det slik ut (sitert med visse typografiske forenklinger):

*På naturfaglinjen må én av følgende fagkombinasjoner inngå i fordypningen:*

*Eksempler på liten fordypning:*

a) *Matematikk 5+0=5*

*Fysikk 5+5=10*

b) *Matematikk 5+0=5*

*Kjemi 3+5=8*

*Biologi 3+0=3 (faget kan eventuelt leses i 3. år)*

c) *Matematikk 5+0=5*

*Kjemi 3+0=3 (faget kan eventuelt leses i 3. år)*

*Biologi 3+5=8*

d) *Matematikk 5+0=5*

*Fysikk 5+0=5 (faget kan eventuelt leses i 3. år)*

*Kjemi 3+5=8*

e) *Matematikk 5+5=10*

*Kjemi 3+5=8*

*Eksempler på middels fordypning:*

*Matematikk 5+5=10*

*Fysikk 5+5=10*

*Matematikk 5+0=5*

*Kjemi 3+5=8*

*Biologi 3+5=8*

*Eksempler på stor fordypning:**Matematikk 5+5=10**Fysikk 5+5=10**Kjemi 3+5=8**Matematikk 5+0=5**Fysikk 5+5=10**Biologi 3+5=8**Kjemi 0+3=3*

Her betyr tallene hvert fags timetall per uke på henholdsvis 2. og 3. årstrinn. I fysikk het de aktuelle kursene 2FY og 3FY. Merk at mens kursene i kjemi og biologi for 2. årstrinn var tretimerskurs, var fysikkurset 2FY et femtimerskurs. Denne skjevfordelingen hadde sitt motstykke i timefordelingen for naturfag på 1. årstrinn. Dette var et femtimerskurs, og vanlig timefordeling var 2 timer kjemi, 2 timer biologi og kun 1 time fysikk per uke. Siden naturfagkurset var i kategorien *felles allmenne fag*, ble det tatt av alle elever på tvers av naturfaglinje, samfunnsfaglinje og språklinje. At fysikk var satt opp med en så liten del av dette faget, og med et desto større kurs som *studieretningsfag* på 2. årstrinn, kan signalisere en underliggende tenkning om at fysikk i større grad enn kjemi og biologi er relevant for elever som spesialiserer seg innen realfag, og i mindre grad enn disse fagene bør prioriteres som allmenndannelse. Det kan også henge sammen med mulighetene for å studere kjemi og biologi på universitetsnivå uten bakgrunn i fysikk utover 1. årstrinn i videregående skole. Motsetningen mellom fysikk som allmenndannelse og fysikk som studieretningsfag var et sentralt tema i læreplanendringene på 1980-tallet (se under).

I fagplanene for fysikkursene 2FY og 3FY av 1976 kommer linjetenkningen til uttrykk blant annet i avsnittet med tittel «Koordinering av fag». Dette avsnittet inneholder en detaljert beskrivelse av matematikkstoff som er relevant for fysikk som studieretningsfag i videregående skole. Avsnittet starter med:



*Faget fysikk anvender matematikk i større grad enn de fleste andre naturvitenskaper. Framstilling av fysikk på den videregående skoles nivå må bygge på at elevene har kjennskap til enkel trigonometri, vektorregning og differensialregning.*

*Det er ønskelig at en elev som velger 2FY, har tilegnet seg en del matematiske kunnskaper og ferdigheter, enten før kurset tas eller så tidlig som mulig i skoleåret.*

*Eleven bør da kunne:*

*skrive og regne med tall uttrykt ved potenser av 10 (f.eks.  $6,4 \cdot 10^7$ ),  
utføre beregninger ved hjelp av logaritmetabell eller regnestav,  
løse førstegradsligninger med flere ukjente,  
løse annengradsligninger,  
forstå og bruke symbolene  $\ll$ ,  $\gg$ ,  $\approx$ ,  $\propto$  eller  $\sim$  (proporsjonal med),  
anvende  $\sin x$ ,  $\cos x$  og  $\tan x$  for spisse vinkler,  
anvende enkel vektorregning: addisjon, subtraksjon,  
utføre dekomponering i ortogonale komponenter, skalarprodukt,  
overføre informasjon mellom grafisk, numerisk, algebraisk eller verbal form,  
ha et visst kjennskap til derivasjon med dens geometriske tolkning.*

*På et senere tidspunkt, særlig for 3FY, er det ønskelig at elevene kan bruke de utvidete trigonometriske funksjoner og vanlige trigonometriske formler, forstå og bruke symbolene  $\Sigma$  (summasjon),  $\equiv$  (identitet),  $\int$ ,  $\int_a^b$ ,  $\frac{d}{dx}$ ,  $\frac{d^2}{dx^2}$ ,  $\infty$ ,  $\bar{x}$  (middelverdi),*

*kjenne den geometriske betydning av det bestemte integral og kunne integrere enkle funksjoner,*

*kjenne funksjonene  $e^x$  og  $\ln x$*

*bruke enkle funksjoner framstilt på parameterform. (KUD, 1976, s. 27–28)*

En slik eksplisitt angivelse av et anbefalt grensesnitt mot matematikkfaget har, som vi skal se, ikke blitt videreført i de senere planene. I avsnittet «Generell informasjon» først i planen stod det: «*Det forutsettes at alle som velger fysikk, også leser 5-timerskurset i matematikk (2MN) i 2. år.*»

Fysikkplanen fra 1976 var, i likhet med de andre planene for linjefag, lagt opp med en «Fagplan A»-variant og en «Fagplan B»-variant. Forskjellen mellom disse var at mens B-varianten spesifiserte lærestoffet for hele kurset fullstendig,

angav A-varianten bare en del av stoffet og åpnet dermed for *tilvalgsstoff*. Tilvalgsstoffet skulle ifølge planen utgjøre omtrent 4 ukers arbeid i 2FY og 7–8 ukers arbeid i 3FY. Tilvalgsstoffet kunne i prinsippet velges fritt lokalt: «*Tilvalgsstoffet i emnelista er bare rådgivende, annet stoff kan også velges. I 3FY bør en dog ta for seg emnet geometrisk optikk*» (KUD, 1976). Når det gjelder relasjonen mellom 2FY og 3FY, inneholdt planen følgende formulering: «*Da grunnlaget for faget legges i 2FY, må dette kurset være bygd opp fastere enn 3FY.*» (KUD, 1976)

Emnelistene for 2FY og 3FY i planen fra 1976 framstår som svært omfattende og faglig ambisiøse sammenliknet med de etterfølgende planene. Den overordnede emnemessige fordelingen i A-variantens kjernestoff var at 2FY inneholdt klassisk mekanikk ved bruk av vektorregning, termofysikk inkludert kinetisk gassteori, elektrostatikk inkludert Coulombs lov, elektriske felt og elektrisk strøm, Ohms lov, ems og energiomsetning. I 3FY lå elektromagnetisme, inkludert magnetiske felt, elektromagnetisk induksjon, induktans, vekselstrøm og elektromagnetiske bølger, generell bølgefysikk inkludert refleksjon, interferens, resonans og fysikalsk optikk, moderne fysikk inkludert Bohrs atommodell, enkel kvantemekanikk med energinivåer og overganger, radioaktivitet og fisjon, og enkel relativitetsteori. Planen var ikke kompetansebasert, den bestod av opplisting av emner i stilen eksemplifisert her.

## 2.2.2 Fysikkplanen av 1985

Fysikkplanen av 1985 (KUD, 1986) skiller seg på vesentlige måter fra den tidligere planen omtalt ovenfor. Endringene er så fundamentale at det her er berettiget å snakke om en grunnleggende *retningsendring* for fysikk som studieretningsfag i norsk videregående skole.

De fagovergripende prinsippene for planen av 1985 har imidlertid de samme grunntrekkene som den foregående planen. Fortsatt beskriver planen en linjedelt videregående skole, og betegnelsen studieretningsfag med synonymet *linjefag* er beholdt. Listen over mulige fagkombinasjoner angitt for 1976-planen i forrige delkapittel er også beholdt. Fysikkplanen beskriver fortsatt kurs med betegnelsene 2FY og 3FY, begge med 5 timers undervisning per uke. Formuleringen om at fysikkfaget krever matematikkurset 2MN, er også beholdt.

I fysikkplanens avsnitt 2 om «Mål» kommer imidlertid retningsendringen tydelig til uttrykk. Listen over målformuleringer er essensielt den samme som

i tilsvarende liste i planen av 1976, men nå er følgende mål flyttet opp som det aller første:

[Gjennom arbeidet med faget skal elevene:] *Få kjennskap til at fysikk utgjør en viktig del av kulturen vår, både fordi fysikk og teknikk representerer mye av grunnlaget for vår levestandard, og på grunn av den betydning naturvitenskapen på godt og vondt har hatt for den historiske utvikling og for filosofisk tenkning.* (KUD, 1986, s. 18)

Dette er et mål om fysikken betydning, det handler altså om fysikk. Dreiningen i retning av metaperspektiver er det som i størst grad skiller planen av 1985 fra den foregående fysikkplanen (jf. Lie, Angell & Rohatgi, 2010, kap. 2.2). I det nye avsnittet «Kommentarer til målene» står det i fysikkplanen av 1985 blant annet:

*Det er vesentlig at elever som velger faget, skal få forståelse for at fysikk angår dem i deres hverdag, som for eksempel i hjemmet, i trafikken osv. De skal se fagets utvikling i et historisk perspektiv, og de skal få se hvordan kunnskaper i fysikk og bruken av disse kunnskapene preger hele vår livssituasjon.* (KUD, 1986, s. 19)

Her ser vi igjen metaperspektivet; dette sitatet framstår som en ren utdyping av målet sitert ovenfor. Det formuleres som en sentral målsetting at elevene skal forstå at faget angår dem.

Vektleggingen av metaperspektiver i planen av 1985 kan sees som et uttrykk for et ønske om at fysikkfaget i videregående skole skal endre seg i retning av å være *allmenndannende* snarere enn profesjonsrettet eller studieforberedende (Angell et al., 2016). Det er interessant å merke seg at denne diskusjonen altså dreier seg om fysikk i videregående skole som *studieretningsfag* (2FY og 3FY), ikke om fysikk i det *felles allmenne naturfaget* på 1. årstrinn i videregående skole eller om fysikken i grunnskolen, som tas av hele årskullet. Fysikk som studieretningsfag på 3. trinn i videregående skole ble ved første gjennomføring av TIMSS Advanced i 1995 valgt av 8,4 % av det totale årskullet. Ved gjennomføringen i 2015 var denne andelen sunket til 6,5 %. Blant jentene tok bare 3,8 % av årskullet fysikk som studieretningsfag på 3. årstrinn i 2015 (Grønmo et al., 2016). Arbeid med fysikk som allmenndannelse gjennom

videregående skoles *studieretningsfag* har altså hatt utfordringer i tiårene som fulgte etter den nye planen av 1985.

Når det gjelder relasjonen mellom studieretningsfagene 2FY og 3FY, er situasjonen en helt annen i planen av 1985 enn i planen av 1976. I fysikkplanen fra 1976 ble det poengtert at innholdet i 2FY måtte defineres fastere enn innholdet i 3FY, fordi 2FY utgjorde grunnlaget for 3FY (KUD, 1976, s. 20). Man la her altså til grunn en idé om vertikal fysikkfaglig oppbygning og progresjon gjennom de to årstrinnene. I planen av 1985 sies det tvert imot: «Lærere og lærebokforfattere står derfor relativt fritt når de skal disponere stoffet. Dette gjelder særlig i 2FY.» (KUD, 1986, s. 20). Videre står det i planen fra 1985:

*I 3FY skal det, sammenliknet med 2FY, legges mer vekt på en matematisk fremstilling av stoffet. [...] Denne presiseringen må ikke oppfattes slik at kurset 3FY skal få et ensidig matematisk preg. Den kvalitative forståelsen av fysikk vil stå sentralt også i dette kurset, og det vil bli gitt eksamensoppgaver hvor kandidatene må svare på teorispmå og gi kvalitative forklaringer på fysiske fenomener. (KUD, 1986, s. 20)*

Vi ser her en tydelig dreining i retning av å gjøre fysikk som studieretningsfag i videregående skole *kvalitativ*. Kurset 2FY beskrives i planen av 1985 med en særlig sterk kvalitativ profil.

Vi ser også denne retningsendringen tydelig i fysikkplanens kapittel 4 om arbeidsmåter. I planen fra 1976 starter dette avsnittet slik:

*Skal kursene virkelig gi en innføring i fysikkens metode og tenkemåte, må faget ikke bare bli en formidling av logisk konsistent tankekonstruksjon, men elevene må få anledning til å stille spørsmål, formulere problemer og selv arbeide med å finne svarene. Vitenskapelig arbeidsmåte kan aldri tilegnes ved at en lærer om den. Den kan bare oppnås ved at den søkes praktisert. (KUD, 1976, s. 25)*

I planen av 1985 starter det samme kapittel 4 i stedet slik:

*Skal kursene gi kunnskaper i og forståelse for at fysikk utgjør en viktig del av kulturen vår, må faget gi elevene anledning til å stille spørsmål og formulere*

*problemer som knytter faget til deres hverdag for både jenter og gutter. De må kunne knytte faget til ting de leser om i aviser, tidsskrifter eller ser på fjernsyn.* (KUD, 1986, s. 25)

Her gjentas altså igjen formuleringen «fysikk utgjør en viktig del av kulturen vår», jf. sitat ovenfor. Vi ser et tilspisset uttrykk for retningsendringen mellom de to planene: Et utsagn fra 1976 som eksplisitt advarer mot undervisning om vitenskapelig arbeidsmåte, er erstattet med et utsagn som uttrykker nettopp at stoff i metakategorien «om fysikk» skal gis plass.

Beskrivelsen av relasjonen til matematikk er i fysikkplanen av 1985 redusert kun til formuleringen «*Faget fysikk anvender matematikk i større grad enn de fleste andre naturvitenskaper. Framstilling av fysikk på den videregående skoles nivå må bygge på at elevene har kjennskap til enkel trigonometri, vektorregning og differensialregning*». Denne formuleringen var også å finne i planen fra 1976. Den etterfølgende eksplisitte listen over matematikkstoff fra planen av 1976 er fjernet. Derimot er en rekke formler tilknyttet de ulike faglige emnene eksplisitt angitt i planen av 1985, for eksempel (KUD, 1986, s. 21):

Strøm, spenning, resistans:  $U = RI$

Joules lov:  $W = RI^2t$

Bakgrunnen for disse presiseringene angis i planen å være at det skal kunne utformes sentralgitte eksamensoppgaver i 3FY. Presiseringene fungerer altså som omtrentlige indikasjoner på hva som kan gis på eksamen. Sammenliknet med planen fra 1976 framstår denne listen som et virkemiddel for *faglig avgrensning*.

Generelt er kjernestoffet i planen av 1986 mer kortfattet beskrevet enn i planen fra 1976. Planen er i likhet med forgjengeren ikke basert på kompetansebeskrivelser, i stedet brukes listing av innholdskomponenter. Kjernestoffet i 2FY er nå *mekanikk og varme, lys og bølger, kjernefysikk, elektrisitet, energi – samfunn og ferdigheter*. Av disse framstår de to siste som metapregete og fagtemaovergripende. Kjernestoffet i 3FY er *mekanikk, felt* og et siste område med den sammensatte tittelen *masse – energi, bølger og partikler*. Dette siste temaet inkluderer også astrofysikk, herunder kosmologi. Dette er temaer som ikke nevnes i planen av 1976. Sammenliknet med planen fra 1976 er blant annet termofysikk, optikk og vekselstrøm kraftig redusert eller fjernet. Formuleringen «Vitenskapelig arbeidsmåte kan aldri tilegnes ved at en lærer om den» fra 1976-planen er også fjernet.

### 2.2.3 Fysikkplanen av 1992

Læreplanen som gjaldt for det norske kullet som deltok i TIMSS Advanced fysikk 1995, er planen fra 1992 (KUD, 1992). Som bemerket i Lie et al. (2010) skilte fysikkplanen i denne seg rent innholdsmessig lite fra 1985-planen (se også Angell et al., 2016). Imidlertid er framstillingen av stoffet noe annerledes; i 1992-planen er det enda mer utstrakt bruk av eksplisitte lister over aktuelle formler og annet matematikkpreget innhold. Slik sett er planen av 1992 en mer matematisk spesifisert framstilling av fysikkpensumet enn planen av 1985. Det angis for eksempel her eksplisitt at visse formler for kalorimetri skal være med, og at tilstandslikningen for en ideell gass er med (KUD, 1992, s. 17).

Når det gjelder overordnet struktur, brukes ikke lenger betegnelsen *linjer* i planen fra 1992. I stedet omtaler planen kun *fordypning* i realfag, samfunnsfag eller språkfag. Nå brukes heller ikke betegnelsen *linjefag*, kun betegnelsen *studieretningsfag*. Imidlertid er «studieretningen» her å forstå som «studieretning for allmenne fag», så nomenklaturen fungerer noe annerledes enn i tidligere planer. Formuleringen i de tidligere fysikkplanene om at valg av fysikk som fag krever 2MN, er nå erstattet med

*Det forutsettes at alle som velger fysikk, enten leser 5-timerskurset i matematikk (2MN) i 2. år, eller har tilegnet/tilegner seg de nødvendige kunnskaper i matematikk på 2MN-nivå.* (KUD, 1992, s. 14)

Listene med eksempler på fordypning framstår ikke så styrende i 1992-planen som i planene fra 1985 og 1976. Vi ser her at utviklingen i retning av oppløsning av linjestrukturen i norsk videregående skole, og herunder den formelle frakoblingen mellom fysikkfaget og matematikkfaget, er i gang. De eksplisitte listene over matematiske formler, og det faktum at man fortsatt har en implisitt linjestruktur, gjør likevel at fysikkplanen av 1992 framstår som et kortere skritt i denne retningen enn hva som er tilfellet med de etterfølgende planene.

## 2.2.4 Fysikkplanen av 2006

Læreplanen som gjaldt for det norske kullet som deltok i TIMSS Advanced 2015, er planen for Kunnskapsløftet fra 2006 (KD, 2006). I motsetning til planene omtalt ovenfor, er denne kompetansebasert. Linjestrukturen er nå helt løst opp, og planen angir intet eksplisitt om grensesnittet mot matematikkfaget. Fysikkfaget kan velges uavhengig av om eleven velger matematikk som fag på 2. eller 3. årstrinn. Kurset 2FY (for 2. årstrinn) har nå skiftet navn til Fysikk 1, og 3FY (for 3. årstrinn) har skiftet navn til Fysikk 2.

For begge programfagene Fysikk 1 og Fysikk 2 er kompetansemålene i planen fra 2006 delt inn i følgende fem temaområder:

- klassisk fysikk
- moderne fysikk
- å beskrive naturen med matematikk
- den unge forskeren
- fysikk og teknologi

Vi ser her at bevegelsen i retning av metaperspektiver har gått mye lenger enn det som kommer til uttrykk i planen fra 1992. Tre av de fem temaområdene er nå på metanivå i begge de to studieretningskursene Fysikk 1 og Fysikk 2.

Temaområdet *klassisk fysikk* inneholder i Fysikk 1 formuleringer som nevner kontaktkrefter, gravitasjonskrefter, Newtons tre lover, energibegrepet, arbeid, effekt og friksjon. Når det gjelder termofysikk, er formuleringen i Fysikk 1: «Gjengi og drøfte kvalitativt termofysikkens første og andre lov.» Videre nevnes strøm, spenning, resistans og ladning og anvendelse på «enkle og forgreinede likestrømskretser». Videre skal elevene kunne «definere og regne med begrepene frekvens, periode, bølgelengde og bølgefart, og forklare kvalitativt bøyings- og interferensfenomener». For Fysikk 2 nevner kompetansemålene under temaområdet *klassisk fysikk* begrepene homogene og inhomogene elektriske felt og gravitasjonsfelt, Coulombs lov og Newtons gravitasjonslov, magnetiske felt rundt permanente magneter og elektriske strømmer, magnetisk flukstetthet og fluks og Faradays induksjonslov. Videre nevnes Newtons lover på vektorform for bevegelse i homogene magnetiske felt og gravitasjonsfelt. For sirkelbevegelse inneholder planen følgende svært spesifiserte mål: «regne ut akselerasjon og krefter på objekter som beveger seg med konstant fart i en sirkelbane, og på objekter i en vertikal sirkelbane i øvre og nedre punkt». Det siste målet er

å «gjøre beregninger med loven om bevaring av bevegelsesmengde for sentrale støt».

Kompetansemålene under temaområdet *moderne fysikk* for Fysikk 1 nevner Bohrs atommodell og beregning av frekvenser og bølgelengder i emisjons- og absorpsjonsspektre ut fra den, anvendelse av bevaringslover på fusjons- og fisjonsprosesser, beregninger med Stefan-Boltzmanns lov og Wiens forskyvningslov, HR-diagram, stjerners livssyklus, oppbygning av grunnstoffer i stjerner og standardmodellen for universets utvikling. For Fysikk 2 nevner kompetansemålene under *moderne fysikk* kvalitativ drøfting av postulatene i den spesielle relativitetsteorien, kvalitativ beskrivelse av den generelle relativitetsteorien, Einsteins forklaring av fotoelektrisk effekt, og å «kvalitativt gjøre rede for hvordan resultater fra forsøk med fotoelektrisk effekt, Comptonspredning og partiklers bølgenatur representerer et brudd med klassisk fysikk». Videre nevnes bevaringslover for prosesser med elementærpartikler og beskrivelse av vekselvirkningene mellom elementærpartikler. Det siste kompetansemålet i listen under *moderne fysikk* er å «gjøre rede for Heisenbergs uskarphetsrelasjoner, beskrive fenomenet sammenfiltrede fotoner og gjøre rede for erkjennelsesmessige konsekvenser av dem». Vi ser at mye av dette er avanserte emner fra moderne fysikk som på dette nivået kun kan beskrives kvalitativt.

Kompetansemålene under temaområdet *å beskrive naturen med matematikk* for Fysikk 1 er følgende:

- bruke parameterframstilling til å beskrive rettlinjet bevegelse for en partikkel, og bruke derivasjon til å regne ut fart og akselerasjon når posisjonen er kjent, både med og uten digitale verktøy
- lage en eller flere matematiske modeller for sammenhenger mellom fysiske størrelser som er funnet eksperimentelt
- bruke matematiske modeller som kilde for kvalitativ og kvantitativ informasjon, presentere resultater og vurdere gyldighetsområdet for modellene

For Fysikk 2 er kompetansemålene under temaområdet *å beskrive naturen med matematikk* følgende:

- beskrive banen til en partikkel ved hjelp av parameterframstilling, og bruke derivasjon og integralregning til å regne ut posisjon, fart og akselerasjon når en av de tre størrelsene er kjent



- bruke integralregning til å bestemme arbeid og endring i potensiell energi i sentralfelt og for en fjær som strekkes
- analysere ulike matematiske modeller for en fysisk situasjon, med og uten digitale verktøy, og vurdere hvilken modell som beskriver situasjonen best

Det framgår tydelig at dette temaområdet ikke kan betraktes som en generell kategori for å representere bruk av matematikk i fysikk. Det ligger imidlertid her konkrete anvendelser av differensial- og integralregning, som er temaer i studieretningsfagene Matematikk R2 og Matematikk R3. Slik sett har vi her en eksplisitt formulert kobling til matematikkstoff. Vurderer man oppgavetradisjonen i sentralgitte skriftlige eksamener for Fysikk 2 i perioden rundt 2015, er det uklart i hvilken grad de gjentatte formuleringene om parametriserte kurver i læreplanene for Fysikk 1 og Fysikk 2 er et sentralt tema i disse kursene.

Under temaområdet *den unge forskeren* nevner kompetansemålene for Fysikk 1 vitenskapelig metode i fysikk, alternative (ikke-vitenskapelige) forklaringsmodeller, påvirkning fra forskeres holdninger, forventninger og erfaringer, planlegging og gjennomføring av forsøk, innsamling og vurdering av data med og uten digitale verktøy og simuleringsprogrammer. For Fysikk 2 nevner kompetansemålene under dette området mye av den samme tematikken, men blant annet nevnes også «vitenskapelig strid» og anslag for usikkerhet.

Under temaområdet *fysikk og teknologi* nevner kompetansemålene for Fysikk 1 forskjellen mellom ledere, halvledere og isolatorer ut fra dagens atommodell, doping av halvledere, oppbygning, virkemåte og eksempler på bruk av dioder og transistorer, virkemåten for lysdetektorer i digital fotografering og video, samt egenskaper, karakteriseringer og begrensninger for moderne sensorer. For Fysikk 2 nevner kompetansemålene under dette temaområdet teknologiske anvendelser av induksjon, prinsipper bak røntgen, ultralydabbildning og magnetisk resonansabbildning. Det siste kompetansemålet er å «gjøre rede for sampling og digital behandling av lyd».

## 2.3 Rammeverket for fysikk i TIMSS Advanced versus norske læreplaner

Vårt hovedanliggende i dette kapitlet er å muliggjøre en sammenlikning av norske læreplaner for fysikk som studieretningsfag i videregående skole med det faglige rammeverket i TIMSS Advanced. Dette er interessant blant annet i forbindelse med diskusjonen om den sterke tilbakegangen de norske elevene har hatt i TIMSS Advanced fysikk fra 1995 til 2015. I denne sammenheng er det primært de norske planene fra 1992 og 2006 det er relevant å sammenlikne, fordi det var disse som gjaldt for de respektive kullene som ble testet i gjennomføringene av TIMSS Advanced i 1995 og 2015. Imidlertid er det viktig at vi her tar høyde for den potensielle forskjellen mellom *intendert* og *implementert* læreplan (jf. kapittel 13). Mens den intenderte læreplanen er nedfelt i selve læreplanens formuleringer, kan den implementerte læreplanen, altså læringsarbeidet som faktisk gjøres ute i skolen, avvike fra den intenderte planen. Slik de norske læreplanene i fysikk av 1976, 1985 og 1992 framstår, må vi ta høyde for at undervisningskulturen knyttet til planene fra 1976 og 1985 til en viss grad kan ha levd videre i den reelle *implementeringen* av planen fra 1992 ute i skolen. Dette har blant annet å gjøre med at inndelingen i *linjer* ikke var helt borte i planen fra 1992 (jf. delkapittel 2.2). Dermed er de tre planene fra 1976, 1985 og 1992 alle relevante i en diskusjon om den implementerte fysikkplanen som gjaldt for de norske deltakerne i TIMSS Advanced 1995 fysikk.

Vurderer man kompetansemålene i den norske planen for studieretningsfagene Fysikk 1 og Fysikk 2 som gjaldt for 2015-kullet, opp mot rammeverket i TIMSS Advanced 2015 fysikk, kan man trekke følgende konklusjoner:

1. *Kompetansemålene i den norske fysikkplanen som gjaldt i 2015, adresserer mye kvalitativt stoff om avanserte, moderne fysiske teorier og anvendelser av fysikk på teknologi og liknende som ikke er med i kompetansemålene for TIMSS Advanced.*

Som eksempler kan her nevnes kvalitativ forståelse av generell relativitetsteori, sammenfiltrede fotoner, halvledere, dioder, transistorer, MR-spektroskopi, sensorer brukt til fotografering, stjerners livssyklus, standardmodellen for universets utvikling og Heisenbergs usikkerhetsrelasjoner. Dette representerer altså kompetanse som de norske elevene ikke fikk uttelling for i TIMSS Advanced 2015 fysikk.

2. *Kompetansemålene i den norske fysikkplanen som gjaldt for 2015-kullet, omhandler også mye stoff om vitenskapen fysikk, altså stoff på metanivå, som ikke er med i kompetansemålene for TIMSS Advanced.*

Eksempler på temaer som de norske kompetansemålene nevner, men som norske elever får liten uttelling for i TIMSS Advanced fysikk (jf. delkapittel 2.1): vitenskapelig metode i fysikk, alternative (ikke-vitenskapelige) forklaringsmodeller, planlegging og gjennomføring av forsøk, innsamling og vurdering av data med og uten digitale verktøy, og vitenskapelig strid.

3. *Mens den norske fysikkplanen som gjaldt for 1995-kullet, kan sies å dekke alle kompetansemålene i rammeverket for TIMSS Advanced fysikk, er dette ikke tilfellet med den norske planen som gjaldt for 2015-kullet.*

Vi så i delkapittel 2.1 at for delområdet *bevaringslover* under fagområdet *mekanikk og termodynamikk* lister rammeverket for TIMSS Advanced opp målene «bruke bevaring av bevegelsesmengde i elastiske og uelastiske støt» og «bruke termodynamikkens første lov i problemløsning». Her er uelastisk støt ikke nevnt i den norske planen, og termodynamikkens første lov er i den norske planen kun knyttet til kvalitativ bruk. For delområdet *varme og temperatur* så vi i delkapittel 2.1 at rammeverket for TIMSS Advanced lister opp kompetansemålet «vise forståelse for mekanismene i varmeoverføring og den mekaniske ekvivalenten til varme (arbeid), og bruke spesifikk varmekapasitet og varmekapasitet til å finne likevektstemperatur når legemer med ulike temperaturer plasseres sammen» og kompetansemålet «bestemme utvidelsen av faste stoffer relatert til temperaturendringer og bruke loven for ideelle gasser (i formen  $pV/T = \text{konstant}$ ) i problemløsning». Ingen av disse er dekket i den norske fysikkplanen som gjaldt i 2015. Her var det kun snakk om kvalitativ forståelse av termofysikk.

Sammenlikningen ovenfor gjelder kun *kompetansemålene* i den norske fysikk-læreplanen vurdert opp mot *kompetansemålene* i rammeverket for TIMSS Advanced 2015 fysikk. Siden oppgavene i TIMSS Advanced lages direkte på grunnlag av kompetansemålene beskrevet i rammeverket, er dette den mest direkte relevante sammenlikningen å gjøre i forbindelse med analyser av elevers prestasjonsdata i TIMSS Advanced.

I sammenheng med det vi diskuterer her, er det også relevant å vite hvordan utvikling av rammeverket foregår i TIMSS og TIMSS Advanced.

Rammeverket beskriver ikke bare det som er felles i landenes læreplaner. For å unngå en «tak»-effekt tar man også med en del ting som ikke er dekket i alle deltakerlandenes planer (se kapittel 13). I forbindelse med dette gjør IEA ved hver gjennomføring av studiene også en analyse av hvordan resultatene for de ulike land ville ha sett ut dersom de oppgavene som er vurdert som utenfor pensum av de enkelte land, hadde blitt tatt ut av studien (Martin, Mullis & Hooper, 2016a). Gjennomgående er konklusjonen at disse justeringene har liten betydning for landenes skår, se delkapittel 13.2.2, spesielt tabell 13.8.

Skal vi sammenlikne med fysikkplanen som gjaldt for det norske kullet som deltok i TIMSS Advanced 1995, er det imidlertid klart at også endringen i selve den norske planens *form* fra 1995 til 2015 kan spille en rolle. Fysikkplanen for 1995-kullet inneholdt eksplisitte lister over matematiske formler, og i sin stil og tilnæringsmåte hadde denne planen klare likhetstrekk med fysikkplanene fra 1986 og 1976. Fysikkplanen for det norske 2015-kullet framstår, med sine tre av fem overordnede temaområder på metanivå og en gjennomgående mye sterkere vekt på kvalitativ forståelse, som en helt annen type dokument.

På det tidspunktet da TIMSS Advanced 2015 ble gjennomført, hadde denne planen for fysikk som programfag i videregående skole og dens relativt like forløper (KUF, 1994) vært i bruk i mer enn 15 år. Det er derfor grunn til å anta at de endringene som fysikkplanen for 2015-kullet representerer i forhold til planen som gjaldt for 1995-kullet, i året 2015 hadde fått god tid til å synke inn i fysikkfagets kultur i norsk videregående skole. Dermed er det grunn til å tro at endringene også var tatt opp i den *implementerte* læreplanen. For øvrig skjedde det også en betydelig utskifting av fysikklærere i den sammen perioden, jf. tabellen over aldersfordeling blant fysikklærere i Lie et al. (2010, s. 161).

Har så endringene i den norske fysikkplanen fra 1995 til 2015 hatt betydning for den sterke tilbakegangen norske fysikkelever hadde i TIMSS Advanced fra i 1995 til i 2015? Et slikt spørsmål er vanskelig å svare på, fordi ordet «betydning» ikke lar seg presisere på noen hensiktsmessig måte. Man kan si at tatt i betraktning punktene i delkapittel 2.3, er det rimelig å anta dette. Som nevnt i Grønmo et al. (2016) er det lett å finne enkeltoppgaver i TIMSS Advanced 2015 der den norske tilbakegangen fra 2008 til 2015 kan relateres til at det faginnholdet oppgaven omhandler, ikke lenger er med i den norske læreplanen i 2015. Det klareste eksemplet på dette finner vi innen termofysikk,

der den norske læreplanen for 2015 har dreid i kvalitativ retning, og dermed ikke lenger dekker rammeverket i TIMSS Advanced fysikk. Men likevel kan vi selvsagt ikke konkludere med at de norske endringene i læreplanene *som helhet* har bidratt til tilbakegangen. Man kan argumentere for at det er sannsynlig, men å fastslå det som sikkert har vi ikke grunnlag for å gjøre.