

KAPITTEL 4

Et fysikkdidaktisk perspektiv

Liv Sissel Grønmo

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

Arne Hole

Institutt for lærerutdanning og skoleforskning, UiO

I dette kapitlet presenteres og drøftes tidligere forskning som omhandler fysikkfagets legitimering i skolen, altså spørsmål om *hvorfor* elevene skal lære fysikk. Med det som bakgrunn tar vi opp og diskuterer innholdet i fysikkfaget, *hva* elevene skal lære, for til slutt å ta opp det mer metodiske, spørsmålene om *hvordan* man organiserer og gjennomfører undervisningen. Dette danner en forskningsbasert bakgrunn for de andre kapitlene i boka, selvsagt uten å være en fullgod innføring i fysikkfagets didaktikk. Vi har laget en kortversjon basert på det vi opplevde som et behov under arbeidet med de andre kapitlene i boka. På den måten kan vi henvise til dette kapitlet, i stedet for å gjenta en del som er relevant for flere andre kapitler. For en grundigere innføring i fysikkdidaktikk henviser vi til Angell et al. (2019).

Utgangspunktet for denne boka er norske elevers resultater i fysikk i TIMSS Advanced 2015, det vil si de siste TIMSS Advanced-resultatene vi har om elever som har valgt full faglig fordypning i fysikk i videregående skole. Samtidig som vi retter oppmerksomheten mot videregående skole, er det nødvendig å se på og prøve å forstå situasjonen i grunnskolen. Det elevene lærer eller ikke lærer på barnetrinn og ungdomstrinn, er det rimelig å anta at vil ha betydning for hvor interessant de opplever fysikk, og det kan derfor bidra til å påvirke deres valg i videregående skole. Det de lærer i løpet av grunnskolen, danner også rent faglig et grunnlag for videre læring, og det kan derfor ha betydning for hvor godt de presterer i videregående skole. Vi har derfor en bred innfallsvinkel når vi tar opp de tre spørsmålene om fagets legitimering, fagets innhold og fagets metodiske sider. Kapitlet er utformet på en mer generell måte enn andre kapitler i boka, og presenterer ikke i samme grad resultater fra TIMSS Advanced eller TIMSS. Når det gjelder konkrete resultater fra disse studiene, henviser vi til andre kapitler.

Fagets *hvorfor*, legitimering av faget plass i skolen, tas spesielt opp i delkapittel 4.1. Fagets *hva*, innholdet i det elevene skal lære i fysikk, drøftes i delkapittel 4.2. I delkapittel 4.3 tas fagets *hvordan* opp, det som går på metodiske sider av undervisningen.

4.1 Legitimering av fysikkfaget i skolen

Spørsmålet om hvorfor elevene skal lære fysikk, er viktig, fordi det legger grunnlaget for utforminger og prioriteringer av hva som skal være innholdet, og hvordan det skal undervises i faget. Vi kan ikke ta for gitt at alle uten videre forstår og er enige i at alle i Norge trenger å lære fysikk, selv om mange fysikere kanskje synes svaret er opplagt. Man kan hevde at noen grunnleggende kunnskaper i fysikk er viktig for å forstå den verden vi lever i, det man kan kalle et allmenndannende perspektiv, og at alle elever derfor trenger å lære en del fysikk.

Mange vil svare at det er vesentlig å lære fysikk fordi faget representerer den mest fundamentale av alle naturvitenskapene. Fysikkens ideer og metoder gir grunnlag for studier av alt fra biologiske prosesser og molekylstrukturer til hvordan menneskelig aktivitet kan påvirke atmosfæren. Og mer, fysikk handler om å forstå den verden vi lever i, fra det aller minste, atomkjerner og kvarker, til de store strukturer i universet med galaksehoper og kvasarer. Likeledes er fysikk et viktig fundament for ingeniørfag og moderne teknologi.

(Angell et al., 2016, s. 19)

Man kan argumentere for fysikk i skolen ut fra mange ulike perspektiver. Man kan ta utgangspunkt i et fysikkfaglig perspektiv, i et fysikkmetodisk perspektiv, og man kan begrunne fagets betydning fra et allmenndannende perspektiv.

Fysikk i skolen har altså både et fysikkfaglig og et fysikkmetodisk perspektiv, og faget har et mer allmenndannende perspektiv. Det behøver imidlertid ikke å være så stor motsetning mellom disse perspektivene, fordi fysikkfaget selv er med å danne grunnlaget for allmenndannelse. Vi vil hevde at noen grunnleggende fysikkunnskaper er viktig for å forstå (i alle fall noe av) den verden vi lever i, og det hører utvilsomt med til det vi vil kalle allmenndannelse.

(Lie, Angell & Rohatgi, 2010, s. 139)

Et moderne, høyt utviklet samfunn som det norske er avhengig av at borgerne har en viss naturvitenskapelig kompetanse for å forstå den verden vi lever i, og for at de kan delta i og påvirke debatter som involverer naturfaglige avgjørelser, det vi kan kalle et allmenndannende perspektiv. Norge trenger også at en del av innbyggerne har relativt høy kompetanse på området, slik at vi kan utdanne de ekspertene som landet trenger. For den enkelte elev har det stor betydning at skolen legger det grunnlaget de trenger for at de skal kunne få de utdanninger og yrker de ønsker seg. De siste argumentene har begge et fysikkfaglig perspektiv. Man kan også ta utgangspunkt i det vi kan kalle et fysikkmetodisk perspektiv, hvor man peker på at mange av de *metodene som anvendes i naturvitenskaper som fysikk, er allmenngyldige* og har anvendelse langt utover naturvitenskapene. Metoder som å sette opp hypoteser, samle inn data, teste ut hypotesene ved å analysere dataene og deretter trekke konklusjoner, var ofte utviklet innen ulike naturvitenskaper, mens de i dag er aksepterte metoder med langt større rekkevidde, for eksempel innen ulike samfunnsvitenskaper og innen økonomi. Delkapittel 4.3 tar spesielt opp metodiske spørsmål knyttet til fysikk i skolen.

Vi vil drøfte det vi kan kalle et *allmenndannende perspektiv*, det alle elever trenger å lære, satt opp mot det vi kan kalle et mer *studieforberedende perspektiv* som i større grad har betydning for en del av elevene. Fysikkfaglige og fysikkmetodiske perspektiver, slik det nevnes i sitatet over, inngår som viktige sider i begge disse perspektivene. I hvilken grad det er en motsetning mellom det allmenndannende perspektivet og det studieforberedende perspektivet, står sentralt når det gjelder spørsmålet om *hva som skal prioriteres av faglig innhold* i skolens undervisning. Som sitatet gjengitt over sier, behøver det ikke å være noen stor motsetning mellom ulike perspektiver. I teorien er det lett å si seg enig i dette, men det ser ut til at det ikke alltid har vært like lett å få det til i praksis. Overslag i den ene eller andre retningen vil sannsynligvis føre til problemer, og da vil ikke alle få den undervisningen de har krav på etter læreplaner og lovverk (Lov om grunnskolen og den vidaregåande opplæringa (opplæringslova), 2016). Dette tas opp og drøftes mer i delkapittel 4.2, om hva som skal være innholdet i skolens fysikkundervisning.

Fysikk i grunnskolen inngår som en del av faget naturfag, det samme gjelder første året i videregående skole. Man ønsker et integrert naturfag som appellerer til mange elever, for på den måten å heve den generelle naturvitenskapelige kompetansen i befolkningen. Samtidig skal dette integrerte naturfaget

bidra til å motivere elever til å velge fordypning i fysikk de siste to årene på videregående skole. En forutsetning for det er at man på en god måte greier å forene det mer allmenndannende perspektivet med behovet for tilrettelegging for videre studier i faget. Dette er det en stor utfordring å få til i praksis.

Når det gjelder TIMSS-resultater for naturfag i grunnskolen, er det resultatene fra gjennomføringen i 2011 som er relevante for årskullet som ble testet i TIMSS Advanced 2015. I 2011 deltok Norge med 8. trinn i TIMSS, og disse elevene var i 2015 på 12. trinn. De representerer altså nesten det *samme årskullet elever* som ble testet i TIMSS Advanced 2015. Det er et gjennomgående trekk at norske elever i grunnskolen presterer best i geofag, og svakest i fysikk/kjemi. Disse resultatene indikerer en lav prioritering av fysikk sammenliknet med andre komponenter av naturfaget i Norge. Det eneste unntaket fra dette finner vi på 9. trinn i TIMSS 2015, hvor Norge gikk over til å bruke 5. og 9. trinn mot tidligere 4. og 8. trinn i studiene i grunnskolen (for mer om dette, se kapittel 3). Fortsatt presterer norske elever best i geofag, men det er noe bedring i elevenes fysikkresultater sammenliknet med de andre emneområdene biologi og kjemi. Om dette gir grunnlag for optimisme når det gjelder fysikkelevne i videregående skole, gjenstår å se ved neste gjennomføring av TIMSS Advanced. En grunn til å dempe optimismen noe ligger i den generelt lave prioriteringen av naturfag i Norge på ungdomstrinnet som også kommer til uttrykk i TIMSS 2015. Mens det internasjonale snittet for antall timer naturfagundervisning per år i denne studien ble målt til å være 159, er det norske tallet 81. De norske elevene har altså kun omtrent halvparten så mye undervisning i naturfag som det internasjonale gjennomsnittet.

Elever er forskjellige, og noen vil få økt motivasjon både for å lære faget og for å velge det senere hvis faget blir mer fokusert på sentrale naturvitenskapelige begreper og prosesser. Andre elever vil slite mer og kan miste noe av motivasjonen hvis faget oppleves som for krevende. I grunnskolen kan det synes som om naturfaget generelt og fysikkdelen i faget spesielt, i stor grad har tilpasset innholdet til *hva alle elever kan lære*. Den store vekten på hva alle kan lære, kan man si har gjennomsyret norsk skole over lang tid, ikke bare i fag som fysikk og naturfag. Enhetsskolen står sterkt i den norske tradisjonen. Dette har hatt positive sider, ikke minst i grunnskolen, blant annet ved at man tar godt vare på de elevene som sliter faglig. Men vi må samtidig våge å ta inn over oss de problemene som avdekkes i analyser av resultatene fra TIMSS Advanced og TIMSS. Det gjelder både resultater som viser hvilke fag og områder

norske elever presterer godt og dårlig i, og resultater som viser utviklingen over tid. For mer om dette, se kapittel 3. Det kan synes som om man i norsk grunnskole har lagt relativt liten vekt på hva en del elever vil trenge av faglige kunnskaper for videre studier og yrker, det man kan kalle et studieforberedende perspektiv. For mer om skolens ansvar for å ivareta elever med talent og interesse for fysikk, henviser vi til kapittel 7.

Ulikhet i intellektuelt utgangspunkt og ulike måter å tilegne seg kunnskap på kan man se på som en styrke for samfunnet. Det betyr ikke at vi ikke skal, eller kan, ivareta alle på en god måte i skolen. De fagene i skolen som det er rimelig å anta at har lidd mest ved en noe ensidig vekt på hva alle kan antas å være interessert i og ha forutsetninger for å lære, er nok de såkalte harde realfagene fysikk og matematikk (Sjøberg, 2009). Vi lever i et samfunn i rask utvikling hvor en stadig større del av befolkningen vil trenge mer kunnskaper innen naturvitenskap, ikke minst i faget fysikk (Sjøberg, 2009). Tidligere kunne man hevde at det bare var et lite mindretall av elevene som ville trenge en god faglig basis i fysikk; i dag er det flere fagutdanninger, ikke bare akademiske utdanninger, som har behov for at et slikt faglig grunnlag legges i grunnskolen.

Dette peker i en ny retning ved at fysikk ble plassert som et kulturfag som almenndannende og samfunnsrelevant. Introduksjonen til læreplanen beskriver da også helt konkret at fysikkfaget retter seg mot tre grupper elever: elever som vil ha fysikk som en del av sin allmennutdanning, elever som vil studere fysikk videre, og elever som trenger fysikk som grunnlag for studier innen andre fagområder. (Angell et al., 2019, s. 97)

Vi kan alle glede oss over at vi har hatt en framgang etter tusenårsskiftet for de elevene som sliter faglig, men når det gjelder elever i grunnskolen med talent for realfag, ser man ingen bedring. Det er bekymringsfullt, og det bryter med prinsippene om at alle elever har rett til tilpasset opplæring slik det er nedfelt i læreplaner og opplæringslov (Lov om grunnskolen og den vidaregåande opplæringa (opplæringslova), 2016, § 1-3). For mer om dette, se kapittel 3 som tar for seg hovedresultater over 20 år. Det er flere faktorer som indikerer at man i norsk grunnskole ikke har ivaretatt det studieforberedende perspektivet på en god nok måte i grunnskolen, med de konsekvenser det kan ha.

4.2 Innholdet i fysikkfaget i skolen

I naturfag har det i Norge de siste tiårene vært mer diskusjon om *hvilke typer aktiviteter* som på en best mulig måte kan bidra til å styrke elevenes kunnskaper og interesse for naturvitenskap, enn det har vært om *hvilket naturfaglig innhold* som skal vektlegges. Det sentrale har ofte vært at faget skal oppleves som like relevant for alle elever. Hensynet til å tilrettelegge faget for de som skal fortsette med faget utover det som er obligatorisk, synes å ha blitt nedtonet. Utfordringen i dag er hvordan grunnskolen i valg av lærestoff kan ta hensyn til det som er relevant for alle, og som alle trenger å lære, samtidig som man tilrettelegger for de som trenger et bedre faglig grunnlag for videre studier og yrker.

En annen utfordring i skolen er hvilken kompetanse lærerne har i fysikk. Helt tilbake til Naturfagutredningen fra 1994 har det blitt pekt på at mange av lærerne som underviser i naturfag i grunnskolen, mangler formelle kvalifikasjoner og faktiske kunnskaper i faget, og særlig i fysikk (Sjøberg, 2009), og det er liten grunn til å tro at situasjonen er bedre i dag enn den var på midten av 1990-tallet. Situasjonen ser heller ut til å forverre seg. Dette kan ha betydning for rekrutteringen av elever til fysikkfaget i videregående skole. Elevenes valg i videregående skole vil naturlig nok være avhengig av hvilke fag de har opplevd som interessante i grunnskolen, og lærernes muligheter til å gi god faglig undervisning avhenger igjen av deres faglige kompetanse i faget.

Fagdidaktikeren Svein Sjøberg har argument for at man i Norge trenger flere timer i naturfag hvis målet er at norske elever skal prestere bedre (Sjøberg, 2009). Flatås (2015) argumenterer på den annen side for at innholdet i naturfag er viktigere enn timetallet:

I årets ferske forslag til statsbudsjett vil regjeringen øke timetallet til naturfag der elevene på 5.-7. trinn skal få en time mer naturfag i uken. Dette kan sees i sammenheng med regjeringens realfagsstrategi der målet er at barn og unges kompetanse i realfag skal bli bedre, færre skal prestere på lavt nivå og flere skal prestere på høyt nivå. Man kan her spørre seg om det er slik at bare flere timer automatisk fører til bedre resultater? Er ikke det faglige innholdet alltid det viktigste ved siden av å gi elevene selvtillit og tro på egne evner gjennom det praktisk-nære? (s. 2, vår utheving)

Hvor mange timer elevene har i naturfag, sier noe om hvor viktig denne typen kunnskap vurderes av skolemyndighetene, og kan ha betydning for hvor mye

elevene lærer i faget. Likevel er vi enige i at noe av det viktigste å diskutere er innholdet i faget. At det har vært en økning i timetallet for naturfag i grunnskolen, er ikke nok. Mange fysikkdidaktikere hevder at det ikke er uten grunn at faget oppfattes som vanskelig for elevene. Det gjelder faget både i grunnskolen og i videregående skole.

Skolefysikken betraktes også som et vanskelig og krevende fag. Og med rette: Grunnleggende begreper som akselerasjon, kraft, spenning, felt o.l. er vanskelige. Det er også krevende å forstå den matematiske beskrivelsen av fysiske fenomener. Selv enkle matematiske ligninger, f.eks. Newtons 2. lov på formen $F = ma$, er vanskelig fordi begrepene den omhandler er så abstrakte. At kraften er proporsjonal med akselerasjonen, og ikke farten, er nærmest kontraintuitivt. Verden, eller «virkeligheten» oppfører seg tilsynelatende «ikke-Newtonsk». (Angell, Henriksen & Isnes, 2003, s. 4; se også Angell, 1996)

Samtidig kan det hevdes at man ved å tilegne seg kunnskaper i fysikk får muligheter til bedre å forstå den kompliserte verden vi lever i. Det er *virkeligheten som i seg selv er komplisert*, ikke først og fremst fysikken, som prøver å lage forenklete modeller for å hjelpe oss å forstå virkeligheten.

Fysikkfaget i den videregående skolen blir kritisert for at faget har for liten tilknytning til virkeligheten og dagliglivet. På den ene siden er det lett å slutte seg til en slik kritikk. Studier av klossers bevegelse på skråplan, kastebevegelser i lufttomt rom, idealgassers egenskaper, atomkjernens oppbygning osv. kan synes langt fra elevenes dagligdagse erfaringsområde. På den annen side er det et poeng at skolefysikken ikke bare skal handle om dagliglivet og det umiddelbart observerbare. Fysikk dreier seg også om å utvikle modeller av virkeligheten. For å forstå grunnleggende lovmessigheter i naturen er det nødvendig å utvikle forenklete modeller, og da er det ikke alltid at utgangspunktet kan være elevenes umiddelbare erfaringsverden. Med andre ord; for å forstå noe av fysikkens egenart, dens lover, begreper og teorier, må elevene også forholde seg til abstrakte begreper som kan synes fjerne fra deres «virkelighet». (Angell et al., 2003, s. 4, vår utheving)

Det er ganske vanlig å understreke at fag som fysikk (og matematikk) er vanskelige fag. Vi er ikke uenige i at det kreves både innsats og arbeid for å

beherske disse fagene, men samtidig er det viktig å peke på at hvis man er villig til å gjøre den innsatsen som trengs for å tilegne seg denne typen kunnskap, vil det kunne være til stor hjelp å *forenkle virkeligheten*. Det er den virkeligheten vi lever i, som er komplisert; fysikk (og matematikk) er hjelpemidler for å skape en viss orden og oversikt gjennom utvikling og bruk av forenklete modeller.

Fysikk inngår i dag som en del av naturfaget i det første året i videregående skole, og er eget valgfritt fag på 2. og 3. trinn. Faget er ment å være både allmenndannende og studieforberedende. Fysikkfaget i videregående skole har jevnlig gjennomgått revisjoner. Sputnik-sjokket på slutten av 1950-tallet påvirket læreplanene i hele den vestlige verden i retning av å vektlegge faglige og vitenskapelige perspektiver. I Norge ble det i 1976 gjennomført en omfattende reform av videregående skole som gjaldt både fagplaner og organisering. Det linjedelte gymnaset ble på en måte opprettholdt, men det ble i større grad mulig å velge fagkombinasjoner. Samtidig som man fikk det noen kaller en utdanningsekspløsjon, med en større andel av elevene som søker til videregående skole, ble faget mer vitenskapelig rettet (for mer om dette, se Angell, Lie & Rohatgi, 2011).

I perioden fra planen av 1976 fram til starten av 1980-tallet hadde fysikk en sterk posisjon (Angell et al., 2016). Denne posisjonen ble timetallsmessig videreført i den nye strukturen man fikk for videregående skole i 1983/85 (jf. kapittel 2), ved at det var avsatt to timer mer til fysikk enn til biologi og kjemi i 2. klasse. Samtidig var det, akkurat som i planen fra 1976, mulig å velge naturfaglig studieretning uten å velge fysikk (jf. kapittel 2). Læreplanrevisjonen i fysikk i 1983/85 innebar en dyptgripende retningsendring (for mer om dette, se kapittel 2). Kvantefysikk, elementærpartikkelfysikk og astrofysikk kom inn som emner eller fikk økt vektlegging, mens termofysikk, optikk og statikk ble redusert eller tatt ut (Olsen, 2004). Det ble lagt vekt på at 2FY (kurset for 2. klasse) skulle være mer kvalitativt orientert, mens 3FY (kurset for 3. klasse) skulle legge større vekt på matematisk behandling og på den måten fungere mer som et studieforberedende kurs (Olsen, 2004).

Vektleggingen av fysikk som et vitenskapelig fag ble også videreført i læreplanene av 1983/85, med noen justeringer på slutten av 1980-tallet. Samtidig fikk man et fag med et sterkere fokus på ytre perspektiver, som en samfunnsmessig kontekst og en historisk-filosofisk dimensjon (jf. kapittel 2). Det første målet i planen pekte på fysikk som en viktig del av vår kultur, en dreining hvor et allmenndannende og samfunnsrettet aspekt ble vektlagt mer

enn i tidligere planer. Denne vinklingen har blitt videreført og forsterket i senere revisjoner av fysikkplanen (se kapittel 2). Den norske fysikkplanen har altså beveget seg lenger i retning av å vektlegge metaperspektiver, noe som har gjort at dagens plan harmonerer dårligere med det faglige rammeverket i TIMSS Advanced enn den planen som gjaldt for kullet som ble testet i TIMSS Advanced 1995. Fra 2006 ble fysikkplanen, i likhet med planene for øvrige skolefag, formulert som en kompetansebasert plan (jf. kapittel 2).

Enighet om at fysikk er et fag som mange elever (av god grunn) vil oppleve som utfordrende, betyr ikke automatisk at man skal legge lite vekt på det i grunnskolen. Det finnes grunner for å hevde det motsatte standpunkt. Nettopp det at faget er utfordrende og krever forståelse for abstrakte begreper og sammenhenger, kan brukes som en begrunnelse for at elevene bør starte tidlig med dette, slik at den faglige innsikten kan modnes over tid. Man kan hevde at barn generelt er mer åpne for å lære visse ting når de er yngre. Å lære seg å lese og skrive er også en utfordring som krever evne til abstraksjon og innsats og vilje til hardt arbeid. Vi starter ofte tidlig med det, fordi det er så viktig at alle i samfunnet lærer det.

En sentral diskusjon når det gjelder hva som skal være innholdet i fysikk i skolen, er forholdet mellom kvalitative og kvantitative aspekter i faget.

Fysikkfaget i skolen krever således en balanse mellom kvalitative og kvantitative tilnærminger, mellom klassisk og moderne fysikk og mellom etablert kunnskap i fysikk og den delen av fysikken som er under utvikling og som vil kunne få betydning for faget og samfunnet i framtiden. (Angell et al., 2016, s. 23)

Det kvantitative aspektet involverer bruk av matematikk, det er et viktig redskapsfag som elevene trenger i fysikk. I norsk skole har dette vært lite framhevet eller aktuelt å vektlegge i grunnskolen. Men også i videregående skole har den økte vektleggingen av kvalitative sider av fysikk vist seg å være en utfordring som man trenger å diskutere. I dag er fysikk som programfag i det andre året i videregående skole (Fysikk 1) et muntlig fag, uten noen skriftlig eksamen. Dette har bidratt til at det kvantitative aspektet av fysikkfaget har blitt nedtonet.

Hvilken rolle matematikken skal ha i fysikk er en viktig diskusjon. Fysikken baserer seg i stor grad på matematikk, men fysikere i dag løser i liten grad likninger for hånd. Fysikkelever behøver matematiske ferdigheter, men hvis

disse begrenses til manipulering av likninger som kan løses for hånd, får de for det første lite innsikt i de verktøy som brukes i fysikk i dag, og for det andre vil oppgaver de kan arbeide med, være begrenset til forenklete og idealiserte situasjoner, typisk uten friksjon og luftmotstand. Man kan hevde at dette gir dem bedre innsikt i fysikken, men få elever vil få noen dypere forståelse for Newtons lover kun ved å regne ut en ukjent størrelse når de to andre er kjent. På den annen side vil det matematiske fort være fremmedgjørende dersom elevene ikke har noen som helst erfaring i å manipulere matematiske sammenhenger på egen hånd. (Angell et al., 2016, s. 23)

Som fysikdidaktikerne i sitatet påpeker, baserer fysikk seg i stor grad på matematikk. I denne sammenheng er det relevant å diskutere den «frakoblingen» mellom fysikk og matematikk i videregående skole som har foregått i Norge i løpet av de siste tiårene. I den reviderte utgaven av boka *Fysikdidaktikk* fra 2019 skriver Angell et al.:

Fysikkens modeller er stort sett uttrykt i matematisk «språk», der matematiske ligninger uttrykker sammenhenger mellom fysiske, observerbare størrelser. Vi kan altså si at fysikk i stor grad handler om å lage (matematiske) modeller av virkeligheten. Disse modellene relaterer seg til to ulike «rasjonaliteter» (Greca & Moreira, 2002); på den ene siden matematikkens strengt deduktive, aksiomatiske system, og på den andre siden den empiriske verden av fysiske fenomener. Gaute Einevoll (2005, s. 9) skriver:

Naturlovene er skrevet i matematikk. Ikke fordi fysikerne har valgt det, men fordi vi har observert at naturen følger slike regler. Naturens språk er matematisk, og fysikkens hovedprosjekt har vært å finne de matematiske reglene som naturen følger.

Et syn på naturvitenskap som modeller finner støtte hos flere filosofer som har beskjeftiget seg med kunnskapens natur. Følger vi Immanuel Kants syn at kunnskap om den fysiske verden aldri kan være identisk med verden (eller fenomenet) i seg selv, vil all naturvitenskapelig kunnskap (og mye annen kunnskap!) kunne anses som modeller. Et beslektet perspektiv framheves av vitenskapsfilosofen Popper, som poengterer at vitenskapelig kunnskap aldri kan bevises endelig, men alltid vil være tentativ. (Angell et al., 2019, s. 31–32)

Som nevnt i kapittel 2 har forholdet mellom kvalitative og kvantitative aspekter, mellom metaperspektiver og konkret fysikk, vært et sentralt perspektiv i utviklingen av læreplaner i fysikk og naturfag i Norge gjennom de siste årtiene. De store utfordringene samfunnet står overfor, ikke minst når det gjelder miljø og økonomi, bidrar til å aktualisere behovet for en debatt om hvorfor elevene skal lære fysikk, og ikke minst hva som skal være innholdet i naturfag generelt, og fysikk spesielt. Som poengtert i innledningen til Angell et al. (2019) er det av hensyn til videre studier og utdanningsløp som involverer fysikk, viktig at skolens fysikkfag må gi elevene solid oversikt over fysikkens fundamentale begreper og sammenhenger, og solide ferdigheter i å bruke matematikk i fysikk. På den annen side, som det også poengteres i samme innledning, kan man argumentere for at en del av de mer avanserte delene av moderne fysikk også bør inkluderes i skolefysikken, fordi dette kan virke inspirerende og motivere elever til å velge utdanningsløp med fysikk videre. Eksempler på denne typen stoff i dagens norske fysikkplaner for videregående skole er *sammenfiltrede fotoner* og *generell relativitetsteori* (se kapittel 2). Slikt avansert stoff må på videregående skoles nivå selvsagt beskrives kvalitativt, og man beveger seg i retning av en populærvitenskapelig framstilling av fysikk. Hvorvidt denne typen stoff gir et realistisk bilde av den typen fysikk som elever flest vil komme borti dersom de velger et videre utdanningsløp innen realfag, er diskutabelt. Et annet spørsmål er om denne typen stoff, som helt udiskutabelt har et stort motivasjonspotensial, hører hjemme i videregående skoles *spesialistkurs* i fysikk. Elever finner i dag informasjon om slikt fagstoff på mange ulike arenaer, også utenfor skolen og grunnskolens naturfag. Det er i denne sammenheng også relevant å påpeke at den norske dekningsgraden i Fysikk 2 (andelen av årskullet som tar faget) har gått ned siden 1995 (se kapittel 2). Utdanningsdirektoratets Realfagsbarometer for 2019 (Utdanningsdirektoratet, 2019a) bekrefter at trenden med lavere dekningsgrad fortsetter. Dreiningen i retning av mer «motiverende» avansert stoff i de norske fysikkplanene siden 1995 har altså ikke ført til at flere norske elever velger fysikk i videregående skole.

Det er også rimelig å anta at naturvitenskapelig kunnskap utover det den enkelte trenger i dagliglivet, vil få en økende betydning for en stadig større del av befolkningen. Det gjelder for eksempel i spørsmålet om å få en jobb, og ikke minst hvilken type jobb man får muligheter til. Langt flere yrker vil være basert på at elevene har grunnleggende kunnskaper i naturvitenskap som fysikk, utover det de trenger i sitt dagligliv. Samfunnet vil være avhengig av at en tilstrekkelig

stor andel av befolkningen har slik kompetanse. Tiden synes å være moden for en mer åpen debatt om hva som skal være *innholdet i naturfag*, fra barneskole til ungdomsskole og videregående skole. Dette for å møte både den enkeltes og samfunnets framtidige behov.

4.3 Undervisning i fysikk i skolen

Hvordan undervisningen legges opp og gjennomføres i skolen, hvilke metoder som brukes, er et spørsmål med stor betydning for elevenes læring. Det tar opp det metodiske aspektet for fysikk i skolen. I motsetning til spørsmålet om hva som skal læres, dreier det seg om den mer prosessuelle siden av faget. Noen lands læreplaner gir klare retningslinjer for hvilke metoder som bør brukes, mens dette i andre land er mer opp til den enkelte skole eller lærer. Dette varierer også over tid i de ulike landene.

Da man i 1960-årene satte i gang store prosjekter for fornyelse av naturfagundervisningen i vestlige land (etter «Sputnik-sjokket» rundt 1960), søkte man først å tenke igjennom den begrepsmessige siden ved naturfaget. Ledende naturvitere engasjerte seg i «curriculum development», og en rekke nye læreplaner og lærebøker ble laget. Millioner av dollar ble satset på denne utviklingen. Mye av kritikken gikk på at skolens naturfag slett ikke presenterte naturfagenes begrepsmessige struktur på noen god måte. Fagekspertisen fant at skolens naturfag ofte var en opphoping av begreper, lover og teorier uten noen klargjøring av hva som var viktig og hva som var uviktig. De nye prosjektene søkte å forenkle dette, de la vekten på de fundamentale teoriene som bærebjelker i den naturvitenskapelige virkelighetsforståelsen.

(Sjøberg, 2009, s. 185)

Sjøberg påpeker at disse prosjektene i stor grad var svært fagorienterte og myntet på de mer skoleflinke elevene, noe som kanskje ikke var så merkelig, da det i motsetning til i dag bare var en mindre andel av ungdomskullene som gikk på skolen etter 16-årsalderen. Så kom det en reaksjon mot den store vektleggingen av hva som skulle læres, og naturfaget som prosess ble en drivende kraft i utviklingen av nye læreplaner. «*Poenget ble at man ikke skulle huske svar, men lære å finne svar selv, gjerne på spørsmål som man selv*

formulerte. Denne tankegangen dominerte i en rekke store satsinger på ny og bedre naturfagundervisning» (Sjøberg, 2009, s. 185).

Denne endringen i hva som ble vektlagt, gikk noen ganger så langt at det hele ble en prosess mer eller mindre løsrevet fra det konkrete innholdet i hva som skulle læres. Man har flere ganger fått så store pendelsvingninger i hva som vektlegges, enten mot det faglige innholdet eller mot metodene, at det fører til problemer. I tråd med den måten vi har strukturert innholdet i dette kapitlet på, gjør vi oss til talsmenn for at man først diskuterer hvorfor noe skal læres, legitimeringen av faget, så drøfter nøye hvilket faglig innhold elevene skal lære og trenger videre i livet, for så å ende med å vurdere ulike metodiske innfallsvinkler til læringen. På det siste punktet har det flere ganger vært en tendens til at én måte å undervise på har blitt framhevet som den eneste rette måten å gjøre det på, men:

Det å være lærer er et kontinuerlig utviklingsprosjekt, fordi metoden med stor M og i bestemt form, finnes ikke. Lærere, elever og rammebetingelser er så forskjellige at det ikke lar seg gjøre å peke ut noen universell metode. Men lærere bør hele tiden være på jakt etter gode metoder som kan skape motivasjon og gode læringsmiljøer. (Isnes, 2019, s. 15)

De siste tiårene har flere av læreplanene i Norge ikke bare omhandlet hva elevene skal lære, men også inneholdt mye om metoder for hvordan undervisningen skal gjennomføres. Det gjelder særlig læreplanene fram til Kvalitetsreformen i 2006. På 1980–90-tallet var det mye vekt på prosjektorientert undervisning i Norge, som i de andre nordiske landene. Ikke minst var dette framme som en viktig måte å lære elevene naturfag på, noe som kan ha sammenheng med at man i Norge, både i grunnskolen og i det første året på videregående skole, har det som kalles integrert naturfag, hvor fysikk inngår som en del. Det betyr at biologi, kjemi og fysikk er et felles fag, vanligvis med samme lærer, i alle fall i grunnskolen. Mange lærere, både i grunnskole og i starten av videregående skole, hadde lite utdanning i fysikk, det var vanligere at de hadde fordypning i biologi eller eventuelt i kjemi. Et felles naturfag har nok ført til at fysikk er det faget som det har blitt undervist minst i. I det første året på videregående skole er dette fastsatt i læreplanene, der det spesifiseres at det felles naturfaget skal inneholde dobbelt så mye biologi og dobbelt så mye kjemi som fysikk (KD, 2006).

Samarbeid mellom fag og prosjektundervisning som metode kan være positivt på flere måter. Men det kan være problematisk hvis det blir én (eller noen få) metode(r) som det legges *overdreven vekt* på. Faglig innhold basert på legitimeringen av faget er et naturlig utgangspunkt for drøfting og valg av metoder, samtidig som *variasjon* i metoder er en ledestjerne, da vi vet at ulike elever har ulike måter de lærer best på.

Danske skoleforskere var noen av de mest toneangivende for at Norge gjennom læreplaner og undervisning la så stor vekt på prosjektundervisning fram til 2006. De gjorde seg til talsmenn for at mer eller mindre all undervisning skulle organiseres som prosjekter (Berthelsen, Illeris & Poulsen, 1987). Det interessante er at noen av de ansvarlige for dette i ettertid har bedt om unnskyldning og sagt at de tok feil:

For tredive år siden, i slutningen af 70'erne, kastede jeg og to andre pædagogiske forskere os ud i et næsten revolutionært projekt: at skrive den første store håndbog i tværfagligt, problemorienteret projektarbejde i folkeskolen. Den blev færdig, udsolgt, revideret og genudgivet, oversat og udgivet i Sverige og Norge, genimporteret, forkortet og udgivet igen på nyt forlag i Danmark. Mange andre lignende bøger fulgte efter. Succesen var total, og i dag tredive år senere er projektpædagogik nærmest blevet til en kongelig rekommanderet forpligtelse overalt i det danske uddannelsessystem, ikke mindst i folkeskolen.

[...]

Men i dag står jeg – nu ikke som forsker, men som pædagogisk konsulent – i de samme klasseværelser og kan se de katastrofale omkostninger, som den ensidige begejstring for «tværfaglighed og projektarbejde» har medført: Lærerne ved ikke, hvordan elever og kursister kan tilegne sig fundamentale, faglige basiskundskaber på en sådan måde, at de er præsentable og brugbare! Vi har nemlig fortrængt hukommelsens betydning for læring. Vi har smadret Den Sorte Skole og smidt barnet ud med badevandet og triumferet bagefter. Det er en katastrofe. Når det kunne komme så vidt, så skyldes det, at vi, der indførte projektpædagogikken, selv havde gået i en skole, hvor vi havde fået kundskaber. Dem tog vi for givet, fordi vi selv havde gået i den. Men vores hadefulde opgør med den vidensorienterede skole var så succesrig, at den i dag er fuldstændig udraderet. Det betyder, at den tværfaglighed, problem-

orientering og prosjektarbejde, som børn og unge i dag udsættes for, hviler på et ekstremt skrøbeligt grundlag af manglende fagkundskaber og tilfældige informationer fra internettet. (Poulsen, 2010)

Det er interessant at forskerne som sto i spissen for innføringen av prosjektarbeid i skolene i Norden, tok det for gitt at elevene hadde *de grunnleggende kunnskapene de trengte*. Som de sier: Vi hadde disse kunnskapene selv og tok for gitt at det hadde også elevene som kom etter oss, så vi konsentrerte oss bare om metoden prosjektarbeid. Men kunnskaper for den oppvoksende slekt kan aldri tas for gitt. Mange lærere hadde dessuten liten erfaring med eller kunnskap om prosjektarbeid.

Læreplanen av 2006 (KD, 2006), som omfattet grunnskolen, videregående skole og voksenopplæringen, førte til mange endringer av skolens innhold, organisering og struktur. Det ble for eksempel, i motsetning til i tidligere planer fra 1997 (KUF, 1996), framhevet at det skulle være metodefrihet. I læreplanen fra 1997 ble lærerne pålagt å ha en viss andel som prosjektundervisning. Man kan med en viss rett si at det var den store vektleggingen av metoder løst fra faglig innhold som gjennomsyret norske læreplaner i tiden fram mot 2006.

Med ny læreplan i 2006 ble læringsmålene tydeliggjort, og det ble understreket av utdanningsministeren da den nye læreplanen ble presentert, at «*Den nye planen gir skolene mer handlefrihet og lærerne mer metodefrihet*» (Clemet, 2005). Det er ikke unaturlig at trender skifter over tid, det gjelder metoder så vel som innhold. Det som framstår som bekymringsfullt, er at det gjentatte ganger er én (eller noen få) måte(r) å undervise på som framheves som svaret på utfordringene med å lære elevene fag. Det er også problematisk at lærerne i stor grad forventes å følge slike skiftende trender med ganske ensidig vekt på én eller få typer metoder i undervisningen. I undervisning, som så mange andre steder i samfunnet, er *variasjon i metoder* viktig.

NCTM-rapporten fra 2014 (National Council of Teachers of Mathematics, den amerikanske matematikklærerforeningen) framhevet nettopp behovet for å implementere et bredt spekter av grep og praksiser i undervisningen i matematikk (NCTM, 2014), da man må være klar over at ulike elever kan lære best med ulike metoder. Det samme kan man anta gjelder i andre fag, som for eksempel i fysikk. Det er viktigere med variasjon og balanse mellom ulike metoder, enn å lete etter den ene rette metoden. Det som er positivt, er å utvide lærernes repertoar når det gjelder metoder, ikke å ensrette hvilke metoder som brukes.

Tidligere rapporter fra internasjonale studier som TIMSS og TIMSS Advanced har indikert at én ting som kjennetegner undervisningen i norsk skole, er ensidighet i bruk av metoder (Grønmo, Onstad & Pedersen, 2010a; Grønmo & Onstad, 2009). Land som presterer bedre enn oss, har i større grad sett ut til å bruke mer varierte metoder. I TIMSS og TIMSS Advanced har både elever og lærere fått spørsmål om arbeidsmåter i undervisningen. I gjennomføringen av TIMSS Advanced i 2015 var imidlertid en del av disse spørsmålene dessverre tatt ut, så vi har ikke så god informasjon om utviklingen her som vi hadde fram til 2008/2011.

Analyser av resultater fra tidligere internasjonale studier har også sammenliknet land når det gjelder bruk av elektroniske hjelpemidler som kalkulatorer. Det interessante er at i flere studier er det land som i liten grad anvender slike elektroniske hjelpemidler som presterer best, ikke land som Norge (og Sverige) som ligger på topp i slik bruk (Grønmo, Hole & Onstad, 2016; Grønmo & Onstad, 2009; Grønmo, Onstad & Pedersen, 2010a). Dette betyr ikke at man ikke skal bruke slike hjelpemidler i skolen, men at man skal vurdere nøye på hvilken måte, når og i hvor stort omfang det er hensiktsmessig for elevenes læring å bruke dem. Det kan være fristende å tro at utstrakt bruk av elektroniske hjelpemidler gir en mye lettere vei til læring, særlig i et rikt land som Norge, som også av den grunn er utsatt for et stort press om å bruke dem fra kommersielle interesser. Men vanskelige utfordringer som hvordan man skal lære elevene fag, det være seg fysikk, matematikk eller andre fag, har sjelden enkle løsninger som å gi dem en kalkulator eller en datamaskin. Det er rimelig å tro at riktig og gjennomtenkt bruk kan være til hjelp, men vi kommer ikke utenom at den grunnleggende faglige forståelsen fortsatt vil komme gjennom systematisk hardt arbeid. Som det sto i den norske PISA-rapporten fra 2004:

Hemmeligheten bak god faglig framgang ligger i målbevisst arbeid mot definerte mål. At dette til en viss grad fortoner seg som litt av en hemmelighet i norsk skole, på tross av at det burde være velkjent nok, henger trolig sammen med at målbevisst arbeid mot definerte mål faktisk kan være ganske strevsomt. (Kjærnsli, Lie, Olsen, Roe & Turmo, 2004, s. 260)

Det har vært mange diskusjoner om og tilrettelegging for ulike metoder i naturfag, inklusiv fysikk. Sitatet under peker på behovet for å velge metoder

og vurderingsform basert på behovet til den enkelte elev, og gi elevene muligheter til å bli faglig engasjert. Det er et ideelt mål som vi alle kan si oss enige i.

Som lærere må vi jobbe på en slik måte at elevene får et størst mulig utbytte, både faglig og sosialt. Vi må velge de metodene for undervisning og vurdering som fungerer best for den enkelte elev, og her blir vårt profesjonelle handlingsrom viktig på veien mot å skape en best mulig skole. Eller som Pippi Langstrømpe uttrykker det: «Det har jeg aldri gjort før, så det klarer jeg helt sikkert.» Gir vi elevene muligheter til å bli glødende engasjerte i fysikk, kjemi og biologi så skal vi nok få realfagskuta i Norge på rett kjøl med mange utforskende Pippi Langstrømper ved roret! Men da må kanskje noe gjøres med det naturfaget som vi kjenner i dag. (Flatås, 2015)

Spørsmålet er hvordan disse gode intensjonene skal gjennomføres i praksis. Det er en viktig og nødvendig debatt, men metodene kan ikke løsrives fra det som er innholdet i faget. Noen typer lærestoff er vanskeligere tilgjengelig enn annet lærestoff. Noe innhold vil kreve mer innsats fra lærere og elever enn andre typer innhold. Det er rimelig å knytte spørsmålet om hva elevene skal lære til elevenes behov for kunnskap, ikke til hva som er lettest tilgjengelig. Å lære nytt stoff er ofte utfordrende og krever hardt arbeid. Alt stoff er ikke like morsomt å lære, likevel må vi ta jobben med å lære elevene det hvis vi vet at de vil trenge det videre i livet, det være seg i dagligliv eller i utdanninger og yrker. Skolen kan ikke (og skal ikke) ensidig vektlegge stoff fordi det er underholdende og lett å undervise i, eller lett å lære for elevene. Valg av metoder er et komplisert spørsmål som krever avveininger av ulike hensyn knyttet både til innhold i faget og til valg av metoder.

4.4 Oppsummerende kommentarer

Denne boka om fysikk i norsk skole tar utgangspunkt i resultater fra TIMSS Advanced. Det som skjer i videregående skole, kan bare forstås hvis vi også ser på situasjonen i grunnskolen. Det elevene lærer eller ikke lærer på lavere trinn i skolen, har betydning for hvor interessant de opplever et fag, og påvirker derfor deres valg av fag i videregående skole. Det de lærer på lavere trinn, danner også et grunnlag for videre læring, og influerer dermed også på prestasjonene i videregående skole. Vi har derfor en bred innfallsvinkel når vi drøfter spørsmålene om fagets legitimering, innhold og metodiske sider.

I Norge, som i mange andre land, begynte ikke samfunnet å tilby utdanning for brede lag av befolkningen før på 1800-tallet. Man fikk da en offentlig utdanning beregnet på folk flest, begrunnet med behovet for å styrke samfunnets teknologiske og sosioøkonomiske utvikling. Men fortsatt var utdanning utover grunnskolen bare tilgjengelig for et lite mindretall. Moderne demokratier bygger på at man kan «se hverandre i kortene», at man ikke bare skal overlate styringen til noen få eksperter. Et levende demokrati trenger folk på alle nivåer med fundamentale kunnskaper i fysikk som er aktivt deltagende samfunnsborgere. Grunnleggende kompetanse i fysikk er også viktig for mange jobber og utdanninger. Det er viktig for å opprettholde og utvikle landet i en positiv retning, for landet selv og i konkurranse med andre samfunn og land. Slike begrunnelser er det rimelig å anta at vil bli enda viktigere framover. Dette gjør diskusjoner og avveininger av både innhold og metoder i fysikk mer utfordrende enn tidligere, noe som gjenspeiler seg i kompleksiteten i det som presenteres i dette kapitlet.

Under drøftingene av fagets legitimering la vi vekt på å sette det allmenndannende aspektet opp mot et mer studieforberedende aspekt. Vi pekte da på at i en verden i rask utvikling er behovet for naturvitenskapelig kunnskap som fysikk økende, både fra perspektivet til den enkelte elev så vel som ut fra samfunnets behov for en velutdannet arbeidsstokk. Kunnskaper som for en generasjon eller to siden hovedsakelig var viktige for de elevene som siktet mot en akademisk karriere, er i dag viktige også for mange fagutdanninger. Også det allmenndannende perspektivet – hva alle elever trenger av naturvitenskapelige kunnskaper for å delta aktivt i samfunnet – peker i retning av mer naturvitenskapelig kunnskap. Verden står overfor mange utfordringer når det gjelder miljø og teknologi, problemer hvor naturfaglig innsikt er sentral og for viktig til å overlates til de få.

Det har de siste tiårene vært en trend i Norge at hovedvekten når det gjelder innhold i fysikk, skal være på hva *alle elevene kan greie å tilegne seg*, og mindre på hva de trenger å lære for å fungere godt i samfunnet generelt, og mer spesielt i relasjon til utdanninger og yrker. Særlig framtrødende har dette vært i grunnskolen. De fagene som har lidd mest under denne holdningen, er de såkalte harde realfagene som fysikk og matematikk. Begrunnelser som at dette er vanskelige fag, har bidratt til å legitimere en slik praksis. At disse fagene stiller en del krav til elevenes evne til å tenke abstrakt, bør ikke føre til at man automatisk skal unngå å trene elevene i denne måten å tenke på, også på

de lavere trinn i skolen. Også lesing stiller krav til elevenes evne til abstrakt tenkning, men på det området ser det ut til at når man avdekker svakheter, så intensiveres innsatsen, for eksempel gjennom økt satsing. Ikke minst gjelder det på lavere trinn i skolen. I et fag som fysikk ser det ut til at det at elever sliter i faget, bidrar til å tone ned det faglige innholdet, i stedet for at man lar elevene jobbe med innholdet over tid slik at det kan modnes. En grunn til dette er nok at man i Norge har en kultur for at norskopplæring er viktig, mens vi har liten kultur for viktigheten av å lære elevene fysikk og matematikk (Grønmo & Hole, 2017) (se også kapittel 3). En annen grunn er at norske lærere i grunnskolen har liten fordypning i fysikk. En god undervisning forutsetter høyt utdannede lærere, og her er nok situasjonen ganske ulik i fagene norsk og fysikk.

Som en reaksjon på den sterke vektleggingen av faglig kunnskap som skulle læres etter Sputnik-sjokket i 1957, ble det etter hvert et overslag med en overdreven vekt på prosessene i naturfag, nesten litt løsrevet fra det faglige innholdet (Sjøberg, 2009). På slutten av 1980-tallet fikk man et liknende overslag hvor det metodiske ble mer styrende enn innholdet i faget; et eksempel er den norske læreplanen av 1987 som stilte klare krav om hvor mye av undervisningen som skulle være prosjektarbeid. Metodiske innfallsvinkler som vekt på prosessaspektet i naturfag og bruk av prosjektundervisning har positive sider. Det negative var at noen metoder ensidig ble framhevet, ofte på bekostning av innholdet i det elevene trengte å lære. Det var også en trend at bare man tilrettela undervisningen slik at den passet for de elevene som slet faglig, så ville det bli god undervisning for alle elever. Undervisningen skulle være praktisk og dagliglivsnær, mens mer abstrakte og teoretiske innfallsvinkler ble nedtonet. Men elever er forskjellige, ikke minst når det gjelder hvilke metoder de lærer best med, og ifølge læreplaner og lovverk har alle elever rett på tilpasset opplæring. Man kan si at behovene for tilpasset opplæring for en del av elevene ble ofret ved at man ensrettet måten man skulle undervise på, basert på behovet til de som slet faglig. I en skole for alle er variasjon i metoder, med praktiske så vel som mer teoretiske innfallsvinkler, det man trenger. Samtidig bør valg av metoder relateres til og begrunnes med innholdet i det elevene skal lære.

Hvordan land legger opp sin undervisning, med hensyn til valg av både innhold og metoder, varierer mye over tid og mellom land. I Norge har det vært en tendens til at vi i stor grad sammenlikner oss med land i Norden, eventuelt med noen engelskspråklige land eller noen OECD-land, land som vi

har mye til felles med. En underliggende holdning synes å være at mange andre land er så ulike oss at sammenlikninger ikke er interessante. I en verden som i stadig større grad internasjonaliseres, er det kanskje på tide å se nærmere på undervisning i langt flere land, også de som ikke er så like oss, kulturelt eller på andre måter. Vi tenker på land som gjennom grunnskole og videregående skole ser ut til å gi sine elever en bedre basis i realfag som fysikk og matematikk.