



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2019 30 stp**  
Fakultet for realfag og teknologi

## **Fysikklæreres bruk av representasjoner**

Physics teachers' use of representations

**Vegard Medhus**  
Lektorutdanning i realfag

## Forord

Denne oppgaven markerer slutten på mitt 3-årige mastergradsprosjekt som er gjennomført samtidig med min jobb som matematikk- og fysikklærer.

Arbeidet med denne masteroppgaven har vært veldig lærerikt. Jeg har fått muligheten til å fordype meg i fysikkdidaktiske problemstillinger som jeg har reflektert mye over i mine år som lærer. Jeg er overbevist om at dette arbeidet har gjort meg til en bedre fysikklærer, men tror også at jeg kan dra nytte av mitt forskningsarbeid i matematikkfaget.

Jeg skylder alle de involverte lærerne en stor takk for deltakelse i mitt forskningsprosjekt, og for inspirasjon til å utvikle meg som fysikklærer.

Takk til mamma og pappa for korrekturlesning og støtte.

Takk til min kone Linh for innspill fra en litteraturviter og støtte gjennom alle tre år. Takk til mine tre barn som stadig minner meg på at de viktigste tingene i livet ikke er av akademisk karakter.

Sist, men ikke minst skylder jeg en stor takk til min veileder Gerd Johansen. Takk for støtte, presise tilbakemeldinger og hyggelige veiledningsmøter.

Oslo, mai 2019

Vegard Medhus

## Sammendrag

Fysikkfaget blir sett på som et av de vanskeligste fagene i den videregående skolen i Norge. Det kreves en rekke ferdigheter av våre fysikkelever og bruk av representasjoner utgjør en stor del av fysikkfaget. Elevene skal kunne bruke grafer, figurer, formler, tekst og muntlige forklaringer i sin innlæring av fagstoffet. De skal også bevege seg mellom disse representasjonene, noe som oppleves som utfordrende av de fleste elever.

Denne masteroppgaven handler om hvordan lærere tilrettelegger for fysikkforståelse gjennom bruk av representasjonsformer. Derfor har jeg også tatt for meg fysikkforståelse, et begrep som er grundig behandlet innen realfagsdidaktikk. Teoridelen er fokusert inn mot fysikkforståelse, representasjoner og representasjonsbruk.

Studien har en kvalitativ tilnærming, og jeg har brukt gruppeintervju som forskningsmetode for å besvare min problemstilling. Jeg har gjennomført gruppeintervju av lærere ved to videregående skoler, og dette utgjør kilden til mine data.

Studien viser at lærerne og litteraturen fremhever de samme tingene i sin beskrivelse av fysikkforståelse. Refleksjon og veksling mellom representasjoner er et tydelig kjennetegn på fysikkforståelse, men lærerne vektlegger problemløsningsevnen mer enn litteraturen. Lærernes bruk av representasjoner er målrettet og teoretisk forankret. Det legges opp til en praksis der elevene veksler mellom representasjoner, noe som brukes i forskjellige undervisningssammenhenger. Elevene gis muligheten til å se sammenhengen mellom de ulike representasjonene, og på denne måten skape forståelse for fagstoffet.

## Abstract

Physics is regarded as one of the most difficult subjects in the upper secondary school in Norway. A number of skills are required of our physics students and the use of representations forms a large part of the physics subject. The pupils should be able to use graphs, figures, formulas, text and oral explanations in their teaching of the subject matter. They also have to move between these representations, which is perceived as challenging by most students.

This master's thesis is about how teachers facilitate physics understanding through the use of representation. Therefore, I have also taken on physics understanding, a concept that has been thoroughly addressed in science didactics. The theory part is focused on understanding physics, representations and the use of multiple representations.

The study has a qualitative approach, and I have used a group interview as a research method to answer my research questions. I have conducted group interviews with teachers at upper secondary schools, and this is the data source for this research.

The study shows that teachers and literature emphasize the same things in their description of physics understanding. Reflection and alternation between representations is a clear characteristic of physics understanding, but the teachers emphasize the problem-solving ability more than the literature. The teachers' use of representations is targeted and theoretically rooted. A practice is set up where students alternate between representations, which are used in different educational contexts. The pupils are given the opportunity to see the connection between the different representations, and in this way create understanding of the subject matter.

## Innhold

Forord.....	1
Sammendrag .....	2
Abstract .....	3
1. Innledning.....	6
1.1 Motivasjon og bakgrunn.....	6
1.2 Hensikt og forskningsspørsmål .....	8
2. Teori .....	9
2.1 Fysikkfagets plass i skolen .....	10
2.2 Hva er forståelse? .....	10
2.2.1 Fysikkforståelse .....	13
2.3 Representasjonsformer .....	15
2.3.1 Representasjonenes doble hensikt.....	18
2.3.2 Representasjonsformer for å fremme fysikkforståelse .....	19
2.3.3 Multiple representasjoner .....	19
2.4 Lærerens rolle .....	24
3. Metode .....	25
3.1 Gruppeintervju som metode .....	26
3.2 Gruppesammensetning .....	27
3.3 Moderatorrollen .....	30
3.4 Gjennomføring av gruppeintervjuene.....	30
3.5 Reliabilitet og validitet.....	31
3.6 Etske refleksjoner.....	33
3.7 Analyse av data .....	34
4. Resultat.....	37
4.1 Fysikkforståelse.....	37
4.1.1 Refleksjon og metakognisjon/Refleksjon og kvalitativ drøfting .....	38
4.1.2 Å operere mellom representasjoner/Veksle mellom representasjoner .....	39
4.1.3 Beherske fagets metoder/Hensiktsmessig bruk av fagets verktøy.....	40
4.1.4 Problemløsningsevne/Analysere og løse problemer .....	43
4.1.5 Faglig oversikt/Se sammenhenger og vise faglig oversikt.....	44
4.2 Representasjonsbruk .....	45
4.2.1 Likheter i representasjonsbruk mellom Skole A og skole B .....	47
4.2.2 Forskjeller i representasjonsbruk mellom skole A og skole B .....	50
4.3 Læreres representasjonsbruk som utgangspunkt for fysikkforståelse.....	50
5. Konklusjon og veien videre.....	52

Bibliografi .....	54
Vedlegg.....	57
Vedlegg 1 – Informasjonsskriv og samtykkeskjema.....	57
Vedlegg 2 – Intervjuguide.....	59

## 1. Innledning

### 1.1 Motivasjon og bakgrunn

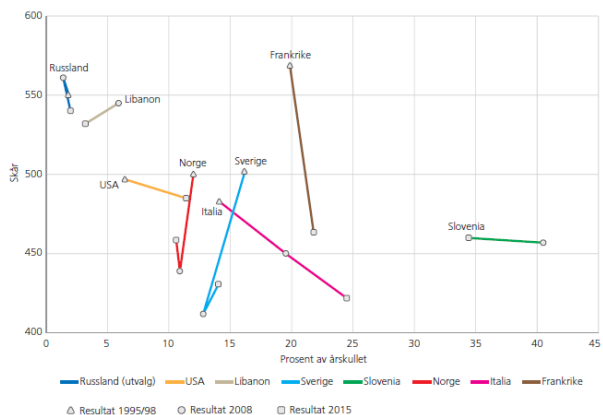
De siste sju årene har jeg undervist i fysikk 1 ved Lillestrøm videregående skole. I alle disse årene har jeg erfart at elevene liker faget, men at de finner det komplisert. Jeg husker selv fra egen tid på videregående skole at fysikkfaget var både fascinerende og utfordrende. Fysikkfaget ga meg muligheten til å forklare verden, samtidig som det pirret min nysgjerrighet i forhold til mer «uforståelige» tema som kvantefysikk og bølge-partikkel-dualiteten. I mine år som fysikklærer har jeg ofte hørt elevene uttrykke at faget er veldig matematisk, og at fysikk består av vanskelige temaer og mange formler. Mange elever klarer ikke å se forbi de matematiske formlene og forstår ikke den bakenforliggende fysikken. Andre elever uttrykker frustrasjon knyttet til figurer, grafer og andre representasjonsformer vi bruker i beskrivelsen av et fenomen eller begrep. Fysikkfaget er sannsynligvis det faget hvor det brukes flest representasjonsformer i innlæringen av fagstoffet, og det kreves en rekke ferdigheter av våre fysikkelever. De skal ha kjennskap til fenomener og begreper, og må kunne anvende begrepene i eksperimentelle sammenhenger. Det stilles også tydelige krav til presentasjon, analyse og vurdering av eksperimenter og undersøkelser. Samtidig skal fysikkelevne bruke kunnskapen til å løse problemer og oppgaver, noe som stiller store krav til matematikktekniske ferdigheter (Utdanningsdirektoratet, 2006). En stor del av disse ferdighetene innebærer arbeid med, og veksling mellom representasjoner. Faget har blitt kritisert for å være for krevende, og dermed ekskluderende for store elevgrupper (Angell et al, 2011, s 22). I disse dager jobbes det med Fagfornyelsen i fysikk for videregående opplæring. Dette skal implementeres i norsk skole fra høsten 2020, og det blir spennende å se om det gjøres endringer for å motvirke den fallende rekrutteringen. De siste årene er det gjennomført en rekke tiltak for å øke rekrutteringen til realfagene i norsk skole (Nasjonalt senter for realfagsrekruttering, u.d.), men som TIMMS Advanced 2015 viser, kan disse tiltakene ikke sies å ha virket. Samtidig som dekningsgraden i matematikk og fysikk har sunket, har også de norske prestasjonene gått ned i begge fag, mest markant er nedgangen i fysikk (Grønmo, Hole, & Onstad, 2016). For at landet vårt ikke skal være avhengig av å importere matematikk- og fysikkfaglig kvalifiserte arbeidere, er vi avhengige av å utdanne

kompetente matematikk og fysikkstudenter. Klarer ikke vårt utdanningsssystem dette, har vi mislyktes med noe av vårt samfunnsmandat.

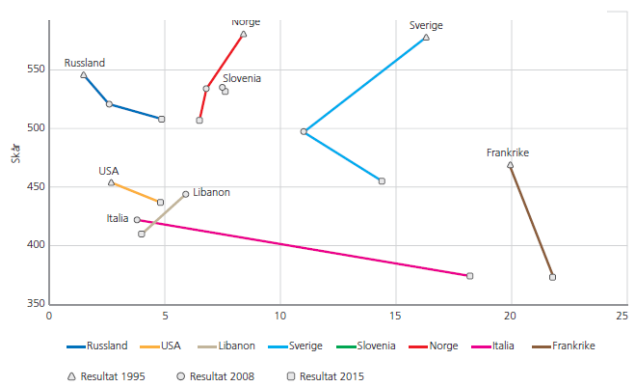
Denne masteroppgaven omhandler representasjonsformer og fysikk, men jeg vil trekke inn matematikk og refleksjoner rundt matematikdidaktikk i relevante sammenhenger. De to fagene har gått hånd i hånd opp gjennom historien, og det matematiske språket er en så viktig forutsetning for fysikkfaget, at en ikke kan tenke seg fysikkfaget uten matematikken som verktøy og språk. Å beskrive naturen med matematikk er et av hovedområdene i læreplanen for fysikk 1 og fysikk 2, i tillegg til at mange av kompetansemålene inneholder tydelige krav til beregningsferdigheter

(Utdanningsdirektoratet, 2006). Matematikk og fysikk må sees i sammenheng, og uten

det matematiske verktøyet kan fysikkfaget fort ende opp som et fag om fysikk, enn i fysikk. Matematikken som beregningsverktøy er avgjørende for fysikkfagets evne til å løse naturvitenskapelig problemer. Om vi ikke klarer å se denne dimensjonen av fysikkfaget, mister vi en stor del av fagets hensikt og egenart. I Grønmo, Hole & Torgeir (2016) kritiseres endringen av fysikkfaget de siste 20 årene, en endring som har medført en frakopling av de to fagene. Det pekes også på at svakere kunnskaper i matematikk, og spesielt algebra kan henge sammen med tilbakegangen i fysikk (Grønmo, Hole, & Onstad, 2016). Høsten 2015 la Ludvigsenutvalget fram Stortingsmelding nr 28 og la med dette føringer for hvilke prioriteringer skolen skal gjøre i den nærmeste fremtid. Det pekes på at dagens læreplan er sprengt, og at det bør ryddes opp i læreplanen. Samtidig legges det også vekt på at morgendagens skole skal legge til rett for at elevene utvikler helhetlig og varig forståelse innenfor et fagfelt og på tvers av fag (Kunnskapsdepartementet, 2016). Når de nye



Figur 1: Trender i skår og dekningsgrad - Matematikk



Figur 2: Trender og skår i dekningsgrad - Fysikk



læreplanene implementeres i 2020 vil det kanskje være tydeligere kobling mellom matematikkfaget og fysikkfaget, da det skal fokuseres på en helhetlig forståelse på tvers av fag. I løpet av mine 11 år som lærer har jeg sett at svake algebraferdigheter fra ungdomsskolen gir store konsekvenser i sin innlæring av matematikk på videregående skole. Om våre elever skal utvikle en god forståelse for fysikk, må vi også gjøre en innsats i matematikkfagene. Derfor er så mange av de didaktiske refleksjonene i denne oppgaven så vel matematikkfaglige som fysikkfaglige.

Hovedtema for denne oppgaven er representasjonsformer og fysikkforståelse.

Representasjoner er en måte å uttrykke et faglig tema på, som for eksempel tekst, bilde, graf, tabell eller matematiske formler. I fysikkfaget er disse representasjonene knyttet til både fagstoffet og fagets arbeidsmåter. Helt siden barndommen har jeg vært glad i tegninger og figurer, og i mine år som lærer har jeg sett at visuelle uttrykk kan være en effektiv kunnskapsformidler til elevene. Samtidig indikerer forskning at en representasjonsfokusert undervisning gir høyt læringsutbytte. I så måte er denne masteroppgavens tema motivert av egne interesser og preferanser, men kan samtidig bidra i en større fagdidaktisk debatt. Siden jeg selv har 8 års erfaring som fysikklærer fant jeg det interessant å undersøke hvordan lærere bruker representasjonsformer for å fremme fysikkforståelsen til sine elever. Mitt håp er at arbeidet med denne oppgaven gjør meg til en bedre fysikklærer, i tillegg til å sette fokus på et tema som andre fysikklærere kan dra nytte av.

## 1.2 Hensikt og forskningsspørsmål

Formålet med denne masteroppgaven er å undersøke hvordan lærere bruker representasjoner i fysikkundervisning, og jeg vil knytte dette opp mot elevenes faglige forståelse. Derfor har jeg følgende forskningsspørsmål:

*Hvordan legger fysikklærere til rette for fysikkforståelse gjennom bruk av representasjoner?*

En representasjon er en måte å fremstille kunnskap på, for eksempel matematiske symboler, grafiske fremstillinger eller figurer (Angell, et al., 2011). For å svare på mitt forskningsspørsmål vil jeg avklare hva fysikklærere legger i forståelsesbegrepet, og i særlig

grad knytte dette opp mot fysikkfaget. Videre vil jeg utforske hvordan lærere bruker representasjoner, og drøfte hvordan en hensiktsmessig bruk av representasjoner kan bidra til elevenes fysikkforståelse. Derfor kan forskningsspørsmålet mitt stykkes opp i to følgende to underspørsmål:

1. *Hva mener lærere med fysikkforståelse?*
2. *Hvordan bruker de representasjoner?*

Fysikkforståelse som begrep er drøftet av Dolin (2002), Knain (2007) og Angell et.al (2011), og læring for forståelse er drøftet i en rekke andre didaktiske verk. Hvordan lærerne forstår fysikkforståelse, vil sannsynligvis legge føringer på hvordan de underviser og bruker representasjoner i undervisningen. Samsvarer didaktikk litteraturens forståelsesbegrep med det lærerne legger i begrepet?

Universitet i Oslo satte, i 2015, i gang REDE-prosjektet, hvis mål er å utvikle representasjonsfokuserte undervisningsopplegg i naturfag på ungdomstrinnet og i videregående opplæring (REDE, 2016). I Tytler et.al (2013) beskrives et rammeverk for en representasjonsfokuseret undervisning. Dette rammeverket kaller de «IF-SO Framework», og skal være basis for undervisningsplanlegging og en tydelig veiledning for lærere (Tytler, Vaughan, Hubber, & Waldrip, 2013). Både REDE-prosjektet og IF-SO rammeverket er godt begrunnet i forskning på bruk av representasjoner og elevs læringsutbytte. Jeg er interessert i å drøfte om representasjonsbruken er slik det anbefales av forskere.

Denne oppgaven kan gi et innblikk i fysikklæreres bruk av representasjoner. Siden jeg selv har jobbet som fysikklærer i sju år, har denne oppgaven også et personlig motiv. Jeg har et ønske om å utvikle meg som fysikklærer, og funnene fra dette prosjektet vil komme til nytte for mine framtidige elever. Jeg tror også at denne oppgaven vil bidra med noen innspill i en større fagdidaktisk diskusjon. For fremtidige fysikklærerstudenter kan det være nyttig å se på sammenhengene mellom faglitteraturens anbefalinger og lærernes praksis.

## 2. Teori

Denne delen av teksten vil i hovedsak omhandle de teoretiske premissene jeg setter for min oppgave. Jeg vil ta for meg fysikkforståelse, representasjonsformer og drøfte hvordan representasjoner kan øke forståelsen for fysikkfenomener. Siden oppgaven omhandler

læreres bruk av representasjoner vil jeg også ta for meg lærerens rolle, og fokusere dette mot tilrettelegging og bruk av representasjonsformer i undervisning.

## 2.1 Fysikkfagets plass i skolen

Fysikkfaget i dag er et 5-timers valgfritt fag i 2. og 3. klasse i videregående skole. Fysikk 1 inngår som inntakskrav på en rekke studier i Norge, noe som gjenspeiler seg i elevenes valg på videregående skole. Andelen elever som velger Fysikk 1 ligger på 11-12 % av årskullet, mens den ligger på 7-8 % av årskullet for Fysikk 2 (Angell, et al., 2011). Fysikkfaget har to målsettinger: den allmenndannende og den studieforbereidende (Angell, et al., 2011). Fysikk er en viktig kilde til vår forståelse av verden, og har stor betydning for samfunnsaktuelle temaer og politiske beslutninger. Som studieforbereidende fag skal det gi elevene en innføring i de mest grunnleggende sidene ved fysikk og samtidig integrere elevene i en naturvitenskapelig praksis. Her utgjør matematiske metoder og fysikkens eksperimentelle verktøy en viktig komponent (Angell, et al., 2011). Med bakgrunn i disse to formålene med fysikkfaget kan det drøftes hva fysikkens mål skal være. Skal vi lære om fysikkens produkter (begreper og definisjoner) eller skal vi lære om fysikkens matematiske modeller av naturen? I denne sammenhengen er representasjoner så viktig, da de både er en del av fagstoffet i fysikk, men også en del av metodene i fysikk.

## 2.2 Hva er forståelse?

De fleste mennesker har et behov for å forstå våre omgivelser. Vi ønsker å strukturere informasjon, skape systemer og se sammenhenger. Det gir oss en slags kognitiv tilfredsstillende og er sannsynligvis en konsekvens av vår store, og aktive hjerne. I den populærvitenskapelige boken «En kort historie om alle som noen gang har levd» beskriver Adam Rutherford oss på følgende måte:

*Vi driver med alle slags ting fordi vi fant opp vitenskapen og ingeniørkunsten og kultur, og vi strevde for å forstå vår verden og oss selv. Vi er den arten som så oss i speilet, men det var ikke forfengelig som fikk oss til å undersøke vår egen kropp og vår egen evolusjon. Det var nysgjerrighet. Våre nysgjerrigperer får høre på engelsk at «curiosity*

*killed the cat»-for et meningsløst utsagn. Er man ikke nysgjerrig, er man ikke et menneske (Rutherford, 2016, s.386).*

Læring og forståelse henger sammen. Et konstruktivistisk læringssyn vil tillegge den kognitive evnen en stor rolle i all læring, og ser på kunnskap som konstruert mening (Angell, et al., 2011). For å lære seg noe, kreves det en kognitiv prosess hvor en kobler tidligere kunnskap og erfaring opp mot noe nytt. Læring kan altså forstås som en varig endring i adferd eller tankemønstre, og utgangspunktet for denne endringen er tankevirksomheten. Selv om læring og forståelse henger nøye sammen, er det derimot ikke slik at all læring frembringer forståelse. Ved å memorere byer i Belgia, behøves det ingen forståelse for Belgias geografi, historie eller samfunnsstruktur. En kan også pugge seg til den lille gangetabellen uten å forstå at multiplikasjon egentlig er en forenklet måte å addere mange like ledd på. En slik form for læring ved memorering kan være til nytte i noen fag, og er nok en velkjent strategi hos mange elever. Som i tilfellet med gangetabellen, medfører det derimot ikke at elevene ser den bakenforliggende matematiske strukturen. Kan hende er de naturvitenskapelige fagene mer utsatt for puggestrategier enn andre fag. Både matematikkfaget og fysikkfaget preges av en utstrakt bruk av matematiske formler, grafer og abstrakte begreper. Pugging og memorering er to læringsstrategier som fungerer i begrenset grad, men gir elevene problemer når oppgavene blir stilt på en annen måte enn de er vant til (Elstad & Turmo, 2008). Samtidig kan en forstå at elevene benytter seg av en slik strategi, men sannsynligvis finnes det ingen snarvei til forståelse. Den greske matematikeren Menaikhmos skal ha uttrykt følgende til Alexander den store: «I vårt land finnes det noe veier for konger og andre for vanlige borgere. Men det finnes det ingen kongevei til matematikken». (Elstad & Turmo, 2008). Siden denne oppgaven omhandler fysikkforståelse vil jeg fokusere på læring for forståelse. Det er denne typen læring som i størst grad er drøftet blant didaktikere og psykologer (Dolin, 2002).

Jeg vil ta utgangspunkt i et konstruktivistisk læringssyn for å forstå læring og forståelse. Det finnes mange ulike «konstruktivismen», men sentralt i alle de ulike retningene er: «Læring er en aktiv prosess: elevene vil aktivt konstruere sin egen kunnskap i løpet av den læringsprosessen han/hun gjennomgår» (Quale, 2003). Kjernen i konstruktivismens læringsteorier er, at hvert enkelt menneske selv bygger sin viten opp i en vekselvirkning med omgivelsene (Dolin, 2002). Det er elevene selv som lærer seg noe, og dette skjer gjennom

handling og kognitive aktiviteter. Angell et.al (2011) skriver at kunnskap blir sett på som *konstruert mening*, som aktivt bygges opp av det tenkende individ.

Innen den konstruktivistiske tradisjonen er teoriene til Jean Piaget (1896-1980) særdeles viktige. Hans teorier har hatt stor betydning for læring av de naturvitenskapelige fagene, og er kanskje mest kjent for sine teorier knyttet til kognitive strukturer og *skjemaer*. Med *skjemaer* mener Piaget da en indre struktur hvor kunnskapen ordnes og settes i sammenheng. Skjemaene endres gjennom individets vekselvirkning med omgivelsene, og læring krever at disse strukturene endres eller modifiseres (Angell, et al., 2011). Piaget omtaler derfor den intellektuelle funksjonen som en *adaptasjonsprosess* der de kognitive strukturene gradvis forandres (Sjøberg, 2004). Denne *adaptasjonsprosessen* har to sider, *assimilasjon* og *akkomodasjon*. Ved assimilasjon vil en forsterke de eksisterende skjemaene. Nye inntrykk passer inn, og forsterker det som eleven allerede kan. Elever som møter lineære funksjoner i matematikk 1T kan relatere dette til det de har lært om rette linjer på ungdomsskolen. Dermed kan en si at funksjonsbegrepet assimileres i elevenes eksisterende skjema. På tilsvarende måte kan elever i fysikk 1 assimilere bevegelseslikningene til sine etablerte skjema om lineære funksjoner. Om nye inntrykk ikke er i samsvar med eksisterende skjema, oppstår det en kognitiv konflikt som deretter kan resultere i endring av de kognitive skjemaene (Angell, et al., 2011). Dette kalles *akkomodasjon*, og er det Piaget omtaler som læring (Sjøberg, 2004). Etter hvert i matematikk 1T vil elevene møte parabler og andre type funksjoner, noe som kanskje ikke passer inn i elevenes eksisterende skjema for funksjoner. Det oppstår dermed en kognitiv konflikt, og deres forståelse av funksjonsbegrepet må endres. Slike kognitive konflikter er velkjent blant fysikklærere, da elevene ofte møter fysikkfaget med hverdagsforestillinger og alternative forståelser av fysikkfenomener. Disse hverdagsforestillingene er gjerne ufullstendige og bryter med hva de lærer i fysikkfaget. Når slike kognitive konflikter medfører en skjemaendring har individet har økt sin forståelse. Dette kan være en krevende prosess, og krever pågangsmot og utholdenhet. Misoppfatninger som bunner i hverdagsforestillinger bør ikke oppleves som personlige nederlag, men heller som utgangspunkt for utvikling av rikere begreper. I et klasserom med en trygg og åpen atmosfære kan elever bygge videre på den erfaringen de allerede har, og bruke dette som grunnlag for refleksjon over egen læring (Elstad & Turmo, 2008). I en konstruktivistisk tradisjon kan en altså si at forståelse tydelig henger sammen

med kognitive konflikter og Piagets akkomodasjonsprosess. Læring og forståelse innebærer altså en utvidelse av den kunnskapen man allerede sitter inne med. Begreper bygges ut, og settes i sammenheng med andre ting man kjenner til. Gjennom abstraksjon blir elevene klar over sammenhenger, og muliggjør gjenkjenning av nye inntrykk i forhold til eksisterende skjema. I denne prosessen er metakognisjon en viktig ferdighet. Metakognisjon betyr tenkning om tenkning, og innebærer å tilegne seg kunnskap om hvordan man selv tenker og lærer, samt reflekterer over sin egen forståelsesprosess (Elstad & Turmo, 2008). Elever som på egenhånd kan reflektere over hva som ikke er forstått i en tekst vil kunne adressere dette senere i sin læringsprosess. Ved å ta tak i de tekstdelene som ikke er forstått eller få hjelp til klargjøring vil eleven kanskje forstå teksten fullt ut. Slike metakognitive erfaringer kan så danne grunnlag for problemløsningsstrategier, eller i møte med nytt og vanskelig fagstoff.

For å kunne forstå naturvitenskapelige fenomener og fremstillinger av disse fenomenene kreves det også en del grunnleggende ferdigheter. En Gauss-kurve kan se ut som en relativt enkel figur ved første øyekast. Med litt kjennskap til gjennomsnitt kan en tolke og lese av noe informasjon fra kurven. En fullstendig forståelse av Gausskurven oppnås først med en forståelse av begrepene standardavvik, normalfordeling og integrasjon. Alle disse delforståelsene må ligge til grunn for å kunne dra fullt utbytte av en Gausskurve. En statistiker har i sin utdanning lært seg alle disse begrepene, og denne bakgrunnen utgjør grunnlaget for statistikerens tolkning av en Gausskurve. Våre elever og studenter må en opparbeide seg forståelse for enkeltdelene (normalfordeling, gjennomsnitt, standardavvik og integral) som så virker tilbake til forståelsen av helheten. For hver nye enkelt del som forstås, vil helheten gi større mening og bildet komplementeres. Kanskje er forståelse det å kunne se sammenhenger, ha oversikt og se helheten i fenomenet som skal læres. I eksempelet med Gausskurven er det tydelig at forståelsen henger tydelig sammen med oversikten og helhetsforståelsen av det matematiske innholdet i en slik kurve.

### 2.2.1 Fysikkforståelse

Hva betyr det å ha fysikkforståelse? Siden denne oppgaven retter seg mot hva lærere gjør for å øke fysikkelevers forståelse av fysikk, vil det være naturlig å ta tak i dette spørsmålet. Dolin (2002) har en klar oppfatning av hva fysikkforståelse innebærer:

*En læreprosess i fysikk kan derfor beskrives som den prosess, hvor den lærende tilegner seg et emnes representasjonsformer og beveger seg mellom forskjellige representasjonsformer av emnet. Jo mer de forskjellige representasjonsformene er integrert hos den lærende, dvs. jo flere transformasjoner og linker det er mellom dem, jo bedre er vedkommendes forståelse. Det er i høy grad i transformasjonene mellom de forskjellige representasjonsformene at forståelsen oppstår (Dolin, 2002, s 172).*

Fysikkforståelse kommer altså til uttrykk ved representasjonsbruk og en evne til å oversette mellom de ulike representasjonene. Å se sammenhengen mellom de ulike representasjonene, viser at eleven har oversikt over fagstoffet og kan relatere de ulike delene til hverandre. På denne måten vil fagstoffet i større grad fremstå som en helhet, og ikke som fragmenterte deler. Dette kan relateres til abstraksjonsevne og det å være i stand til å skaffe seg oversikt. Knain & Hugo (2007) vektlegger mye av det samme i sin beskrivelse av faglig forståelse;

*Kriteriet for at en elev har lært et faglig begrep, er da at eleven kan gjenskape forståelsen i ulike representasjoner tilpasset ulike formål, og samtidig oppleve dem som gjennomsiktige. Verden kan da framstå på ulike måter for eleven persepsjonelt. Etter å ha arbeidet med astronomi tekstlig og praktisk, ses stjernehimmelen som noe mer enn en samling lyspunkter; den kan ses som en galakse sett innenfra (Knain & Hugo, 2007, s. 328).*

Evnen til å veksle mellom representasjoner og bruke de ulike representasjonene på en hensiktsmessig måte blir igjen poengtert. Et tydelig tegn på forståelse er evne til å se sammenhenger, noe som er meget fremtredende i både Dolin (2002) og Knain & Hugo (2007) sine oppfatninger av forståelsesbegrepet.

Knain & Hugo (2007) fremhever også begrepet «multimodalitet» som en viktig kilde til faglig forståelse. En multimodal tekst er en tekst som består av flere «moder», hvor en mode er en spesifikk uttrykksform, som for eksempel graf, figur, tekst eller bilde. En multimodal tekst skaper mening ved å kombinere ulike modaliteter (Løvland, 2010). Slike tekster finnes i de fleste lærebøker og i særlig grad de naturvitenskapelige fagene hvor det gjerne brukes tekst, figur og matematiske symboler i forklaringen av et tema. Multimodalitet menes den praksis der man koordinerer forskjellige moder til å representere komplekse sammenhenger, hvor

tekstlige, matematiske og visuelle moder integreres for å forklare fysikkfenomener (Tytler, Vaughan, Hubber, & Waldrip, 2013).

Lemke (1990) uttrykker at læring av naturvitenskap er som å lære seg et nytt språk. Det kreves at du kan oversette frem og tilbake mellom de forskjellige uttrykksformene innen et tema. Når Lemke (1990) nevner uttrykksformer for et tema, tolker jeg dette som representasjoner. Meningsskaping og forståelse skjer altså i transformasjonen mellom de forskjellige representasjonene. I de tilfellene hvor en enkelt representasjon ikke uttrykker all informasjon om et fenomen, er det hensiktsmessig å bruke flere representasjoner sammen. Siden hver og en representasjon uttrykker forskjellige sider ved et tema, kan de sammen utfylle hverandre og tilgjengeliggjøre fagstoffet (Ainsworth, 1999).

Å kunne bruke mange ulike representasjoner kan i så måte tyde på en oversikt over fagstoffet, og samtidig et rikt ferdighetsregister. Som det påpekes av både Dolin, Knain og Ainsworth kommer fysikkforståelsen til uttrykk i elevenes representasjonsbruk.

### 2.3 Representasjonsformer

Representasjonsformer er et begrep som brukes hyppig i matematikk og fysikk-didaktikken, og er en måte å presentere kunnskap på. Å representere noe i fysikkfaglig kontekst kan for eksempel bety å visualisere et skrått kast, eller en pendelbevegelse. Det kan også være matematiske formler knyttet til et begrep, en representasjonsform som de fleste elever er kjent med fra matematikkfaget. I fysikkfaget bruker vi mange ulike representasjoner for å beskrive et fenomen eller, og denne utstrakte bruken av representasjoner er et av fysikkfagets særpreg.

*Representasjonsformer kan sees på som forskjellige uttrykte former for viten om det samme fenomen eller hendelse. Det er kategorier, som på hver sin måte fremhever noen trekk ved begrepet. (Dolin, 2002, s. 156)*

Slik definerer Jens Dolin representasjonsformer i sin Ph.d-avhandling i fysikkdidaktikk fra 2002. Han har tatt utgangspunkt i fysikkfagets arbeidsmåter i sin definisjon, og er orientert mot hvilke handlinger som ligger bak representasjonene. REDE-prosjektet definerer representasjonsformer på følgende måte:



*Representasjonsformer er semiotiske ressurser som gjenkjennes gjennom kulturelle konvensjoner som å tilhøre en bestemt gruppe, for eksempel verbalspråk, grafer, diagrammer, tabeller, bilder, video eller animasjoner. (REDE, 2016).*

De to definisjonene har klare likhetstrekk, men definisjonen fra REDE-prosjektet er mer fokusert på representasjoner som en ressurs, og ikke som en handling. Knain (2017) omtaler representasjoner som noe som består av flere moder, for eksempel en graf som består av de forskjellige modene matematisk-symbolsk skrift, linjer og figurer.

Det finnes flere måter å dele inn representasjonsformene på, og de fleste kategoriserer dem etter form, innhold og hensikt. Roth (1995) deler inn i fem forskjellige kategorier; fenomenologisk, eksperimentell, deskriptiv, matematisk symbolsk og begrepsmessig. Disse fem kategoriene er utgangspunktet for Dolin (2002) sin inndeling av de ulike representasjonsformene, men han har lagt til to for å dekke over flere av de arbeidsformer som knyttes til fysikkfaget. Dolin (2002) bruker fysikkfagets egenart når han presenterer sin inndeling av representasjonsformer, og han har et pragmatisk utgangspunkt for å definere sine sju representasjonsformer.

*Disse syv representasjonsformer dekker en meget stor del av fysikkundervisningens (mulige) arbeidsformer og uttrykker samtidig mange av de krav som stilles til elevene (Dolin, 2002, s. 136)*

Jeg har valgt å ta utgangspunkt i Dolin (2002) sin inndeling, og kjenner meg igjen i det pragmatiske utgangspunktet som han beskriver. Siden denne oppgaven omhandler læreres bruk av representasjonsformer mener jeg at Dolins pragmatiske innfallsvinkel er et godt utgangspunkt. Dolin (2002) skriver selv at hans syv representasjoner er utviklet ut fra en analyse av gjeldende fysikkfaglig praksis, og i mindre grad av læringsteoretiske begrunnelser. Representasjonsformene overlapper hverandre i stor grad. Det er heller ikke noe mål at inndelingen skal bestå av komplekse sammenhenger i separate delementer (Dolin, 2002). De sju forskjellige representasjonsformene er som følger:

*Fenomenologisk representasjon:* En beskrivelse av det fenomenet eller begivenheten man analyserer. Å beskrive betyr også å kategorisere, og elevene må ha evnen til å fokusere på de sentrale elementene ved et fysikkfenomen. Den fenomenologiske representasjon er således ikke en forutsetningsløs beskrivelse fenomener, men fysikerens oppfattelse av dem. Denne

representasjonen kan dessuten være den som avdekker elevenes hverdagsoppfatninger (Dolin, 2002).

*Eksperimentell representasjon:* Dette er den praktiske tilgangen til et fysikkfenomen. Hva slags opplysninger kan jeg få ut av et eksperiment og hvordan skal eksperimentet gjennomføres? Dette krever en kjennskap til måleinstrumenter, og en forståelse for variabelkontroll, usikkerhet og resultatgyldighet (Dolin, 2002).

*Deskriptiv representasjon:* Dette omfatter bearbeiding av de registrerte dataene, men også de ulike formene for tallmessig og grafisk beskrivelse av fenomenet (for eksempel tallkolonner med måledata og tilhørende kurver). Dette innebærer også en evne til å forestille seg egenskaper ved fenomenet, som å danne seg et bilde av en bevegelse tilknyttet en v-t graf. Her er det avgjørende å ha forståelse for koordinatsystemer og grafiske kalkulatorer/programvare for å kunne lage/tolke regresjon. Det er en glidende overgang mellom deskriptiv og matematisk-symbolsk representasjon (Dolin, 2002).

*Matematisk-symbolsk representasjon:* Med dette menes hvordan et fenomen kan uttrykkes ved matematiske ligninger og symboler, samt evnen til å kunne se den matematiske sammenhengen mellom en ligning og et fenomen. Overgangen til den deskriptive representasjonen er glidende, da mange funksjoner kan oppfattes som modeller for sammenhenger og lovmessigheter, og forståelsen av funksjonene forutsetter derfor forståelsen av begrepene (Dolin, 2002).

*Begrepsmessig representasjon:* Hvordan kan fenomenet uttrykkes gjennom klart definerte begreper og samtidig relateres til mer generelle sammenhenger? Ved å bruke generaliseringer kan man beskrive og forklare sammenhenger i fysikkfenomener. Denne representasjonen er vanskelig for elevene, da den utfordrer elevenes betraktningmåte. Samtidig oppfattes dette som noe av viktigste formålet ved fysikkundervisning, og utgjør et stort felt innen fysikk og matematikk-didaktikken (Dolin, 2002). Å kunne uttrykke seg skriftlig og muntlig i fysikk innebærer å formulere spørsmål og hypoteser og å bruke fysikkfaglige begreper og uttrykksformer (Utdanningsdirektoratet, Læreplan i fysikk - programfag i utdanningsprogram for studiespesialisering, 2006). Denne kategorien har mye til felles med *matematisk symbolsk representasjon*, og en rekke fenomener og begreper uttrykkes ved hjelp av matematikken. I en del tilfeller vil derimot denne kategorien ha en dimensjon som går videre forbi det rent matematisk-symbolske.

*Billedlig representasjon:* En evne til å danne seg indre og ytre bilder av et fenomen, og en viktig vei til meningsdannelse. Denne representasjonsformen er meget omfattende, og inneholder alle slags figurer, tegninger og visuelle fremstillinger, men også analogier og metaforer for fysikkfenomener. Figurer og tegninger kan være virkelignære etterligninger av fenomenet, mens andre derimot ikke er i billedmessig overensstemmelse. I stedet skal fokuset ligge på det begrepsmessige som formidles. Planetmodellen for atomet er en alminnelig brukt analogi, som bruker kjente bilder til forståelse av noe ukjent og noe som ikke kan iakttas direkte (Dolin, 2002).

*Kinestetisk representasjon:* Den kroppslige fornemmelsen for og forståelsen av et fenomen er utvilsomt meget lite brukt og meget undervurdert i fysikkundervisning til tross for at den har stort læringspotensial. Man lærer direkte og effektivt ved at kroppen agerer. Innen klassisk mekanikk finnes det en rekke forsøk hvor elevene selv kan simulere et fysikkfenomen (for eksempel å bevege seg etter en bestemt grafs mønster) (Dolin, 2002).

At Dolin (2002) har en egen kategori som omfatter den kroppslige fornemmelsen av et fenomen bekrefter hvordan han har tatt utgangspunkt i fysikkfagets arbeidsmåter. Fra egen fysikkundervisning ser jeg betydningen av denne representasjonen, og elevenes kroppslige erfaring med fysikkfenomener kan være et godt utgangspunkt for videre læring. *Deskriptiv representasjon* overlapper i stor grad den *matematisk-symboliske* representasjonen, og det kan diskuteres om dette burde vært en egen kategori. Både REDE-prosjektet og Angell et. al (2011) opererer med fem kategorier, hvor *deskriptiv representasjon* og *kinestetisk representasjon* ikke er egne kategorier.

### 2.3.1 Representasjonenes doble hensikt

Likefull som at representasjonene kan være fremstillinger av fysikkfenomener, er de også ferdigheter som i stor grad tilknyttes fysikkfaget. Denne doble hensikten med representasjonsformene er det viktig å være seg bevisst. Representasjonsformene uttrykker noe man faktisk gjør i fysikken, i tillegg er det en beskrivelse av det læringsresultat som kommer av aktiviteten (Dolin, 2002). Et skrått kast kan fremstilles visuelt ved en graf, og for elever som arbeider med dette temaet kan denne grafen være en inngangsport til forståelse av fenomenet. Samtidig er det å kunne fremstille et fysikkfenomen i form av grafer, tabeller og likninger noen av de grunnleggende ferdighetene i fysikkfaget (Utdanningsdirektoratet,

2006). I skolefaget fysikk skal elevene både møte fysikkens produkter (begreper, lover og teorier), men også dens metoder (Angell, et al., 2011). De fysiske fenomenene manifesteres gjennom representasjonsformene, mens fysikkens metoder beherskes ved bruk av representasjonene.

Representasjoner og fysikkforståelse henger tydelig sammen. Å kunne veksle mellom representasjoner er et klart uttrykk for faglig forståelse og oversikt. Samtidig er representasjoner knyttet til ferdigheter og kompetansekrav i fysikkfaget.

### 2.3.2 Representasjonsformer for å fremme fysikkforståelse

I fysikkfaget arbeides det med en rekke abstrakte begreper, samtidig som representasjonene utgjør en stor del av fagets pensum. Elevene trenger også trening i å bruke de ulike representasjonene, noe som beskrives som fagets arbeidsmetoder i læreplanen (Utdanningsdirektoratet, 2006). Dette er noe av grunnen til at fysikkfaget har rykte på seg for å være det vanskeligste programfaget i videregående utdanning i Norge. Faget er blitt kritisert for å være for krevende, og dermed ekskluderende for store elevgrupper (Angell et al, 2011, s 22). Representasjonsformene er kanskje den største utfordringen for fysikkelevne, men det kan samtidig være nøkkelen til en bedre fysikkforståelse. Ulike representasjoner gir oss muligheten til å angripe et fysikkfenomen fra forskjellige vinkler. En vanlig grunn til å bruke flere representasjoner er at det kan engasjere de ulike elevene i større grad, og i så måte spille en viktig rolle i en effektiv lærings situasjon (Ainsworth, 1999). Elever med ulike behov og ulike preferanser kan finne forståelse i forskjellige representasjoner, hvor hver representasjon gjør informasjonen tilgjengelig på en ny måte.

### 2.3.3 Multiple representasjoner

Det er gjennomført mye forskningsarbeid med fokus på læring gjennom bruk av representasjonsformer, og det er tydelig at en representasjonsfokuset undervisning fremmer forståelse hos elevene og gir et effektivt læringsutbytte (Tytler, Vaughan, Hubber, & Waldrip, 2013). Dolin (2002) er bestemt på at den faglige forståelsen kommer først når elevene har evnen til å veksle mellom de ulike representasjonsformene og kan uttrykke samme fagstoff ved hjelp av ulike representasjoner (Dolin, 2002). Knain (2007) vektlegger mye av de samme ferdighetene i sin beskrivelse av faglig forståelse;

*Kriteriet for at en elev har lært et faglig begrep, er da at eleven kan gjenskape forståelsen i ulike representasjoner tilpasset ulike formål, og samtidig oppleve dem som gjennomsiktige. Verden kan da framstå på ulike måter for eleven persepsjonelt. Etter å ha arbeidet med astronomi tekstlig og praktisk, ses stjernehimmelen som noe mer enn en samling lyspunkter; den kan ses som en galakse sett innefra (Knain & Hugo, 2007, s. 328)*

Hvis læring er forandring av gamle forståelseskategorier (Imsen, 1998), kan eksempelet ovenfor sies å være en forståelsesfokusert læring. Lemke (2004) er helt klar på sin oppfordring til undervisning i vitenskapelig fag;

*We need to devote more explicit attention to teaching students how to read hybrid text (Lemke, 2004 s. 8).*

Her forstår jeg «hybrid text» som multimodale tekster. Lemke er altså tydelig på at elevene må arbeide med tekster som inneholder grafer, figurer og andre moder i tillegg til det skrevne ord. På samme måte som Dolin (2002) og Kanin & Hugo (2007) understreker Lemke (2004) det hvor viktig det er å arbeide med overganger mellom de forskjellige representasjonene.

*Students need to not just do hand-on science and talk science in words; they also need to draw science, tabulate science, graph science, and geometrize and algebraize science in all possible combinations (Lemke, 2004 s. 8).*

Ainsworth (1999) knytter multiple representasjoner til abstraksjonsevne, og mener at ved bruk av flere representasjoner kan en muliggjøre en forståelse for koblingen mellom de ulike representasjonene. Dette kan igjen føre til en forståelse for en slags underliggende struktur for fagstoffet, altså en grunnleggende faglig forståelse (Ainsworth, 1999). I Ainsworth (1999) presenteres 3 hovedfunksjoner ved å bruke multiple representasjoner i undervisning;

1. *Komplementering*; Ved bruk av multiple representasjoner i undervisningssituasjoner kan en dra nytte av representasjonenes komplementære roller. De forskjellige representasjonene fremhever ulike aspekter ved et fenomen, men til hver representasjon er det også knyttet noen ferdigheter (se kap 2.3.1 om representasjonenes doble hensikt). I en læringsprosess er det en stor fordel å kunne benytte seg av forskjellige ferdigheter, slik at elevene kan dra nytte av egne preferanser og sin foretrukne løsningsstrategi. Samtidig er det slik at hver

representasjon fremhever forskjellig informasjon tilknyttet et fenomen, og de komplementerer hverandre og muliggjør det å se «hele bildet».

2. *Tydeliggjøring og begrensing*; Multiple representasjoner kan tydeliggjøre og begrense elevenes tolkninger. Ved å bruke en kjent representasjon, kan en begrense tolkningen av en mindre kjent/mer abstrakt representasjon.
3. *Konstruere dypere forståelse*; Ved å tilby elevene et rikt utvalg av representasjoner gis elevene muligheten til på oversette mellom de forskjellige representasjonene. På denne måten kan elevene abstrahere fagstoffet og utvikle en forståelse for de fenomener som studeres.

Ainsworth (1999) nevner en del fallgruver tilknyttet bruk av multiple representasjoner i undervisning. Om elevene ikke klarer å oversette mellom de forskjellige representasjonene, kan det medføre forvirring i stedet for forståelse. Om eleven møter for mye motstand og forvirring, kan det fort ende opp i frustrasjon og resignasjon. I slike situasjoner er det lett å falle tilbake på en puggestrategi, hvor elevene slipper å bruke energi på å forstå fagstoffet. Samtidig er forvirringen en vei til forståelse. I Piagets ånd kan denne forvirringssituasjonen relateres til den kognitive konflikten som oppstår når det ikke er samstemthet mellom elevens skjema og ny kunnskap. I slike tilfeller vil akkomodasjonen fungere, og elevens eksisterende skjema endres i retning av bedre forståelse.

I Tytler et. al (2013) presenteres et rammeverk for en representasjonsfokuset undervisning. Dette rammeverket er basert på erfaringer fra en studie rundt læreres bruk av representasjoner i sin undervisning. Rammeverket kaller de IF-SO og har vært et viktig utgangspunkt for REDE-prosjektets utvikling. IF-SO rammeverket består av følgende deler:

I: Identifisering av grunnleggende begreper og sentrale ideer tilknyttet temaet det skal undervises i. Lærere må også vurdere og velge ut hvilke representasjoner som bør brukes for å utvikle elevenes forståelse.

F: Fokuserer på form og funksjon for hver representasjon som skal brukes. På denne kan en avdekke de enkelte representasjonenes styrker og svakheter, og følgelig bruke hver og en av dem på en hensiktsmessig måte.

S: Sekvensielle representasjonsutfordringer. Gi elevene mulighet til å representere egne ideer, og samtidig utforske og forklare sine ideer. Denne delen av rammeverket bør fokusere

på at elevene skal videreutvikle sine representasjoner og lære av denne prosessen med utgangspunkt i egne interesser og preferanser.

O: Ongoing assessment/Pågående vurdering. Elevenes representasjoner er en viktig inngangsport til deres forståelse og tankemønster. Det skal også gis anledning til å drøfte forskjeller og likheter mellom elevenes egne representasjoner og lærernes. I denne fasen kan en si at elevene skal ledes inn mot en vitenskapelig praksis og en etablert representasjonsbruk.

Forskningen som dette rammeverket er basert på peker helt klart på at elevene selv må være delaktige i prosessen med å bygge opp ulike representasjoner. Det hevdes at elevers læring av naturvitenskapelige fag var mest effektiv, og mest engasjerende når de ble utfordret til selv å skape meningsfull forståelse av begreper, hvor individuelle preferanser ble tatt hensyn til (Tytler, Vaughan, Hubber, & Waldrip, 2013). Forskningen indikerer også at en bevisstgjøring omkring form, funksjon og arbeidshensikt med representasjoner er nødvendig, noe som kommer tydelig fram i IF-SO rammeverket. Det legges opp til en sterk elevdelaktighet i prosessen med representasjonsbruk. Dette er i tråd med en konstruktivistisk tradisjon hvor eleven selv er delaktig i sin egen forståelsesoppbygning. En innvending mot denne praksisen kan være at det har en for idealistisk ide om hvor elevene vil ende opp. I fysikkfaget skal elevene ledes inn i en naturvitenskapelig praksis, hvor det er tydelige regler for bruk, form og hensikt med de forskjellige representasjonene. Denne standardiserte bruken av for eksempel figurtegninger med krefter og vektorpiler er internasjonal, noe som skaper et felles språk for alle verdens fysikere. En slik praksis er viktig for at vi skal kunne forstå hverandre på tvers av landegrenser, og derfor er det et poeng at våre fysikkelever skal integreres inn i denne praksisen. I så måte kan en derfor spørre seg selv om IF-SO rammeverket er for kreativt og gir elevene for frie tøyler?

Både IF-SO rammeverket og Ainsworth (1999) peker på nytten av å bruke flere representasjoner i undervisning, og er i tråd med hva Dolin (2002), Knain & Hugo (2007) anbefaler for representasjonsbruk for forståelse. Begge de to oppleggene poengterer viktigheten av at representasjonenes funksjon og begrensning gjøres eksplisitt, og her spiller læreren en viktig rolle. Ainsworth (1999) sine tre hovedfunksjoner kan være et nyttig didaktisk utgangspunkt i planlegging av undervisning. IF-SO rammeverket er mer nyttig som et praktisk verktøy og kan implementeres direkte inn i et undervisningsløp. Hvordan en

velger å bruke representasjoner i undervisningen kan variere, men Ainsworth (1999) sine tre hovedpunkter bør kanskje ligge i bakhodet i undervisningsplanleggingen.

Siden fysikkfaget uttrykkes med representasjoner er det en viktig forutsetning at elevene har lært seg *om representasjoner*, før de kan lære noe *av representasjoner*. I noen tilfeller er representasjonsferdighetene begrensede, og elevene må lære seg representasjoner samtidig med at de lærer faget. Rau (2016) referer til dette som «representasjons-dilemmaet»; elever lærer innhold som de ikke forstår, fra representasjoner som de heller ikke forstår. Igjen kan vi koble dette opp mot den doble hensikten til representasjonene (beskrevet i kapittel 2.3.1) Hvis elevene skal dra nytte av representasjonene er de avhengige av å inneha en grunnleggende representasjons-kompetanse. Nok en gang ser vi de klare koblingene mellom fysikkfaget og matematikkfaget, og viktigheten av matematiske ferdigheter og matematisk forståelse for videre fysikklæring.

Funksjoner, grafer og derivasjon er noen av de største og viktigste hovedmålene i Matematikk 1T (Utdanningsdirektoratet, 2006). Både funksjoner og derivasjon betegnes gjerne som såkalte «terskelbegreper» (på engelsk; threshold concepts). Som navnet skulle tilsi er slike begreper viktigere for videre faglig utvikling og forståelse. Petterson & Brandell (2017) oppsummerer det fint på følgende måte:

*Terskelbegrep er for de fleste elever vanskelig å lære, men når man har tilegnet seg kunnskapen om et slikt begrep så åpner det seg helt nye muligheter til å lære seg mer matematikk. Den deriverte er et eksempel på et terskelbegrep, som blant annet gjør det mulig å forstå funksjoners egenskaper (Petterson & Brandell, 2017 s. 3)*

En stor del av mekanikkpensum i fysikk 1 vil fremstå som veldig vanskelig uten funksjonsforståelse og kunnskap om derivasjon. Å se på grafen som et bilde av situasjonen er en vanlig misoppfatning knyttet til funksjoner (Rønningstad, 2009). En solid grafisk-matematisk forståelse må ligge til grunn for at elevene skal kunne profittere på slike visuelle representasjonsformer. Anvendelsesmulighetene for funksjoner gjelder ikke bare for mekanikk, men også andre deler av fysikkpensum, så vel som andre fagretninger. Å jobbe godt med matematikkfaget sikrer dermed elevene et godt utgangspunkt for sin videre fysikk-karriere, dette poenget kan ikke understrekes nok. Grønmo, Hole & Onstad (2016) går langt i å antyde at norske elevers nedgang i fysikkprestasjon i TIMMS Advanced 2015 henger sammen med matematikkferdigheter.



*Den nedgangen vi har sett i faglige prestasjoner i begge fagene fra 90-tallet, synes rimelig å anta kan ha sammenheng med at relasjonen mellom fysikk og matematikk i mindre grad enn før brukes bevisst i arbeidet med å utvikle elevenes kunnskaper (Grønmo, Hole & Onstad, 2016, s. 147).*

Om vi skal bedre fysikkelevenenes forståelse for faget, er vi også nødt til å ta tak i matematikken.

#### 2.4 Lærerenes rolle

Å kunne bevege seg mellom ulike representasjoner er en viktig ferdighet i fysikkfaget. Denne ferdigheten må trenes opp, og elevene behøver tid og veiledning for å kunne mestre det. For at elevene skal kunne tilegne seg evnen å kunne veksle mellom de ulike representasjonsformene må de først forstå hver enkelt representasjonsform for seg selv (Ainsworth, 1999). De må også kunne gjenkjenne overlappende elementer i de ulike representasjonene for å kunne utnytte dette i overføringen mellom de ulike representasjonene. Dette krever pågangsmot, utholdenhet og lærerstøtte. Ved å gi elevene tid og mulighet til å bevege seg mellom representasjonsformene kan de bygge opp mønstre/assosiasjoner for emnets særegenhet. Dette forutsetter også at læreren har en god kjennskap til representasjonsformenes styrker og svakheter. Som lærer er det viktig å veilede elevene i riktig retning, samtidig som de får tid til å se ny kunnskap i sammenheng med kjent kunnskap. Ainsworth (1999) peker på viktigheten av en god veileder i denne prosessen. En veileder som kjenner til fallgruver og som har erfart hvor elevene møter utfordringer.

In sum, instructors may implement learning principle 1 by following the two design guidelines reviewed above. For example, they may ask students to explain how each visual representation depicts key concepts (e.g., numerator, denominator) or to map visual features of the representation to the concepts. Because students often struggle in making such mappings, instructors should check whether students make correct mappings and provide adequate feedback and assistance (Ainsworth, 1999, s.12)

En lærer som gir tydelige og læringsfremmende tilbakemeldinger er viktig, samtidig må læreren som faglig forbilde framheves. Angell, et.al (2011) presiserer følgende:

*Spesielt skal vi være nøye med figurene-det må gå tydelig fram hva som er systemet vårt, hvilke krefter som virker på det, og hvor kreftene kommer fra. Å etablere gode vaner for å tegne figurer med krefter (og med konsistent bruk av farger) er verdifullt for elevene når de skal videre til mer komplekse situasjoner i mekanikken. (Angell et.al, 2011, s. 280)*

For fysikklærere er det gjerne selvsagt å starte oppgaveløsning med figurtegning og en analyse av situasjonen. Dette trenger derimot ikke å være en vanlig løsningsstrategi hos elevene, og de fleste lærere har erfart elever som leter etter «riktig» formel i møte med et fysikkproblem. Hvis elevene skal etablere gode arbeidsrutiner, må læreren gå foran som et godt eksempel. John Hattie har tatt for seg over 800 metastudier om hva som er betydningsfullt for elevenes prestasjoner. I dette studiet understrekes lærerens betydning for elevenes læringsutbytte (Angell, et al., 2011). En god rollemodell bør være bevisst sin påvirkningskraft og legge til rette for at elevene blir gode problemløsere.

### 3. Metode

I denne masteroppgaven har jeg valgt å bruke den kvalitative metoden gruppeintervju for å besvare mitt forskningsspørsmål. Kvalitative undersøkelser går i dybden innenfor et avgrenset empirisk felt, og inkluderer vanligvis et lite antall respondenter i undersøkelsen (Harboe, 2006). Metoden er vanligvis brukt når man interesserer seg for *hvordan* noe gjøres, sies, oppleves, framstår eller utvikles (Brinkmann & Tanggaard, 2012). Fleksibilitet og anledning til å utdype sine meninger er noen av fordelene man peker på ved en kvalitativ metode. Mitt fokus i denne mastergradsoppgaven ligger på hvordan lærere bruker representasjonsformer, og derfor fant jeg det relevant å spørre fysikklærerkolleger om deres erfaringer og tanker rundt temaet. Høsten 2018 gjennomførte jeg et metodekurs (som en del av LUR-programmet) ved NMBU og intervjuet kolleger på min egen arbeidsplass om deres bruk av representasjoner i undervisningen. I dette intervjuet så jeg at denne metoden var godt egnet til å få frem den informasjonen jeg var ute etter. På bakgrunn av dette valgte jeg å gjennomføre to gruppeintervjuer som basis for analysedelen av denne masteroppgaven.

### 3.1 Gruppeintervju som metode

*Gruppeintervju er en kvalitativ forskningsmetode som går ut på at flere mennesker sammen diskuterer et tema med en forsker som ordstyrer eller leder (Holter & Kalleberg, 1996, s. 145)*

Gruppeintervju kalles gjerne også for fokusgruppeintervju og er blitt mye brukt i markedsundersøkelser og psykoterapi (Holter & Kalleberg, 1996). Fokusgruppeintervju brukes gjerne der det sosiale samspillet mellom deltakerne står i fokus, mens det også kan avgrenses til et smalt tema som er tydelig klarlagt på forhånd. En slik type fokusgruppeintervju skiller seg litt fra den åpne og «ustrukturerte» versjonen hvor man gjerne er mest interessert i det sosiale samspillet mellom intervjuets deltakere, men heller i den tematiske diskusjonen som finner sted. Intervju er meget vanlig innen kvalitativ forskning, og denne metoden egner seg godt til å avdekke meninger, erfaringer og gi dybdekunnskap om et gitt tema. Mine intervjuer har vært av typen «semistrukturerte» gruppeintervjuer. Alle deltakerne fikk utdelt en intervjuguide i forkant av intervjuet, som vi skulle følge under intervjuet. I et «semistrukturert» intervju kjennetegnes ved et klart avgrenset mål, men tillater samtidig respondentene til å vandre litt vekk fra manus (Brinkmann & Tanggaard, 2012).

*Fokusgruppedata er som sagt data på gruppenivå. Derfor er fokusgrupper først og fremst gode til å produsere data om sosiale gruppers fortolkninger, samhandlinger og normer (Brinkmann & Tanggaard, 2012, s. 136).*

Alle mine respondenter har lang erfaring med fysikkundersivning, og er i så måte gode kandidater til å skape fokusgruppedata. Noe av styrken ved gruppeintervju ligger i den sosiale interaksjonen som oppstår mellom deltakerne. De kan dele erfaringer og drøfte utfordringer som er direkte tilknyttet mitt forskningsspørsmål. Siden forskningsspørsmålet mitt retter seg mot læreres praksis, fant jeg det hensiktsmessig å gi dem tid og anledning til å belyse dette. Derfor la jeg også opp til et intervju hvor vi skulle følge den utdelte guiden, men samtidig ga respondentene mulighet til å drøfte andre aspekter ved fysikkfaget som kan spille inn på mitt hovedtema.

*Typisk vil de forskjellige deltakernes sammenlikninger av erfaringer og forståelse i gruppeprosessene kunne produsere kunnskap om kompleksitetene i betydningsdannelser og sosiale praksiser, som er vanskelig for undersøkeren å få fram i individuelle intervjuer. Her går den metodiske styrken altså mer ut på å bruke gruppen som middel til å produsere mer komplekse data (Brinkmann & Tanggard, 2012, s. 136).*

Gruppedynamikken ved et fokusgruppeintervju er en av de store fordelene ved å bruke en slik metode. Deltakerne kan drive hverandre fremover, de kan spille på hverandres innspill og i så måte stimulere hverandre til at diskusjonen og samtalen blir mer fruktbar. En slik synergieffekt vil en sannsynligvis ikke oppnå ved å gjennomføre enkeltintervjuer av deltakerne hver for seg. Denne typen samhandling forutsetter derimot et godt gruppemiljø med enkeltindivider som drar i samme retning og føler seg trygge på hverandre.

### 3.2 Gruppesammensetning

Gruppesammensetning og utvelgelse av deltakere er noe en bør bruke tid på før selve intervjuet. Siden den sosiale interaksjonen er såpass viktig i et gruppeintervju, vil sammensetningen være en viktig forutsetning for en fruktbar diskusjon og relevante data. I Holter & Kalleberg (1996) legges det vekt på homogeniteten til gruppesammensetningen. Det refereres til «kontrollegenskap», noe som angir de egenskapene som gruppedeltakerne skal ha til felles. I mitt tilfelle er denne kontrollegenskapen at deltakerne underviser i fysikk. Samtidig så underviser alle sammen også i matematikk, noe som er veldig relevant for drøfting av tema. Denne likheten bør dreie seg om bakgrunn, og ikke synspunkter eller holdninger (Holter & Kalleberg, 1996). Dette poenget kan ikke understrekes nok. Mine deltakere må selvsagt undervise i fysikk for å kunne bidra med noe fruktbart i et slik fokusgruppeintervju, men det betyr derimot ikke at de må ha samme holdninger og innstillinger til fysikkundervisning. En homogen gruppe er nødvendig for diskusjonen, men hvis gruppen er for homogen vil sannsynligvis diskusjonen stagnere. Dette poenget fremheves av Brinkmann & Tanggard (2012) som referere til Bloor et.al (2001) og skriver:

*Helt praktisk betyr det at fokusgrupper som hovedregel ikke bør være alt for homogene. Fokusgrupper bør heller ikke være alt for heterogene. Da kan man risikere at det oppstår for mange konflikter, eller at deltakerne får problemer med å relatere seg til hverandre (Brinkmann & Tanggard, 2012, s 137-referert fra Bloor et.al 2001, s. 20).*

Mine to fokusgrupper kom fra to skoler i det sentrale østlandsområdet. Begge gruppene bestod av to fysikklærere som har undervist i faget i flere år. Den ene paret ble valgt på bakgrunn av et gruppeintervju jeg hadde på min egen arbeidsplass høsten 2018. Jeg har selv samarbeidet med begge disse lærerne i flere år, og under gruppeintervjuet høsten 2018 kom de med gode betraktninger rundt fysikkundervisning og representasjonsbruk. For å sikre reliabiliteten til mitt prosjekt tok jeg også kontakt med to fysikklærere jeg kjenner fra studier ved NMBU. Disse to lærerne jobber på samme skole, og jeg er godt kjent med deres bakgrunn og engasjement for fysikkfaget. Hos de fire deltakerne er begge kjønn representert og deres undervisningserfaring i fysikk spenner fra 8 til 13 år. Deres utdanning er også forskjellig, selv om alle har god fysikkfaglig bakgrunn. På den ene skolen består deltakerne av en sivilingeniør i fysikk og matematikk fra NTNU med PPU i etterkant, og en som har fulgt Lektor-programmet ved UiO og skrevet masteroppgave i fysikkdidaktikk. På den andre skolen består deltakerne av en med mastergrad i fysikkdidaktikk og doktorgrad i realfagsdidaktikk fra NMBU, og en med mastergrad i fysikk og PPU fra NMBU. Alle mine deltakere er både kompetente og homogene på det viktigste området, altså deres erfaring med fysikkundervisning. Samtidig er gruppen heterogen på noen områder, de har utdanning fra de tre beste realfaglige utdanningsinstitusjonene i Norge, hver med sine fokusområder og fagkulturer. Å sikre en viss homogenitet, men samtidig en åpenhet for ulike synsvinkler og refleksjoner er et av de viktigste poengene ved en gruppesammensetning. Åpenhet og aksept for hverandres tanker og refleksjoner kan bringe diskusjonen til et dypere nivå den ellers ikke ville gjort. For å sikre dette kan en velge ut gruppedeltakere som kjenner hverandre fra før. Om fokusgruppen skal bestå av folk som kjenner hverandre eller ikke er et stadig tilbakevendende tema innen fokusgruppelitteraturen (Brinkmann & Tanggaard, 2012). Skal en bruke deltakere som ikke kjenner hverandre skapes det en annen type dynamikk enn hva tilfellet er om deltakerne kjenner hverandre. Med deltakere som ikke kjenner hverandre, brukes det gjerne litt tid på å bli kjent før de virkelige diskusjonene kan finne sted. Samtidig kan det kanskje virke hemmende for noen å drøfte temaer med personer du ikke kjenner. For andre kan det derimot ha motsatt effekt, og noen vil kanskje slippe seg mer løs i diskusjon med personer du ikke kjenner. Hvis man derimot bruker en fokusgruppe hvor alle deltakerne kjenner hverandre, kan man anta at samtaleflyten og dynamikken vil gå relativt smertefritt. Deltakere fra samme sosiale nettverk har lett for å ta del i samtalen fordi de er trygge på mennesker de kjenner. Mine to fokusgrupper bestod av personer som har jobbet

sammen i mange år, de har samarbeidet om både matematikk og fysikk-undervisning i alle disse årene. Begge de to gruppeintervjuene forløp meget godt, og fremstod i en hyggelig tone. Samtalene bar preg av flyt, samtidig som deltakerne drev hverandre fremover og spilte videre på hverandres innspill og tanker.

Sammensetningen av deltakerne har altså mye å si for hvordan selve intervjuet vil forløpe. Et annet og viktig poeng er selve utvalget. Hvem som skal velges ut til et slikt gruppeintervju kan ha mye å si for hvordan diskusjonen vil gå.

*For å få en fruktbar samtale er det ikke tilstrekkelig at gruppene er noenlunde homogene. Temaet må være relevant for dem som er deltakere i gruppen. Også på denne måten kommer konteksten inn i bildet (Holter & Kalleberg, 1996, s. 163).*

I begge mine to gruppeintervjuer var både tema og gruppesammensetning en fin match. Begge min to kolleger fra Lillestrøm VGS reflekterer mye rundt egen undervisning, og er villige til å dele av egen erfaring. En av dem er også veileder for PPU-studenter som har praksis ved Lillestrøm VGS. Begge to er glad i fysikkfaget, liker seg i klasserommet og i arbeidet blant elever i den videregående opplæringen. Lærerne ved den andre skolen er på mange måter like mine to kolleger. De brenner for fysikkfaget, forfatter lærebok i fysikk og har jobbet fra etterutdanning av fysikklærere. Et gruppeintervju fungerer best om det dreier seg om tema som er sentrale i deltakernes hverdagsvirkelighet (Holter & Kalleberg, 1996). All læring skjer i en kontekst, og for et gruppeintervju er konteksten også viktig. Er mitt utvalg for homogent? Jeg og mine kolleger er en del av den samme kulturen ved Lillestrøm VGS. Dette er en skole med høyt faglig trykk, ambisiøse elever (så vel som lærere), og en visjon om å gi elevene en solid faglig basis for et samfunn i utvikling (Lillestrøm VGS, 2016). Skolen har et av de høyeste inntakssnittene i hele Akershus, og har i mange år vært kjent som en skole for, og med ambisiøse elever. Mange av våre elever har søkt seg hit nettopp på grunn av dens rykte, og skolen har i mange år tiltrukket seg mange realfagselever. Noen av de samme betraktningene kan gjøres om den andre skolen hvor jeg gjennomførte gruppeintervju. Denne skolen ligger også i det sentrale østlandsområdet og tiltrekker seg skoleflinke elever fra hele sitt nærområde. Skolen profilerer seg med et godt læringsmiljø, motiverte elever og flinke lærere. Begge de to skolene er i så måte relativt like.

### 3.3 Moderatorrollen

Min rolle under intervjuene var en relativt tilbaketrukket moderator-rolle, hvor jeg lot lærerne prate fritt mens jeg prøvde å holde samtalen innenfor temaet. Moderatorrollen skiller seg litt fra rollen i et vanlig intervju, fordi det er en mer kompleks form for interaksjon som foregår i et fokusgruppeintervju (Brinkmann & Tanggaard, 2012). Et viktig poeng ved moderatorrollen er å skape en uformell atmosfære og få deltakerne til å prate og ta del i diskusjonen. En moderator skal heller ikke gripe for mye inn i samtalen, men heller styre den i riktig retning om diskusjonen avviker for mye fra temaet. Jeg hadde en ganske tilbaketrukket rolle, men var samtidig fokusert på å lede deltakerne inn i riktig spor hva angår tema og samtaleemne. Jeg synes alle deltakerne holdt seg til tema og de var ikke redde for å komme med innspill eller uttrykke egne meninger. Siden jeg valgte ut intervjuobjekter som kjenner hverandre godt, var det ingen behov for tilrettelegging for gruppeintervjuet. I begge de to gruppeintervjuene var det god flyt i samtale og få tematiske avsporinger.

### 3.4 Gjennomføring av gruppeintervjuene

De to gruppeintervjuene fant sted i februar/mars 2019. Jeg valgte å la lærerne sitte ovenfor hverandre, mens jeg satt ved siden. På denne måten ble lærernes diskusjon satt i fokus, mens jeg kunne ta notater og stille oppfølgingsspørsmål i en tilbaketrukket moderatorrolle. Det anbefales å utarbeide en intervjuguide som deles ut i forkant av selve intervjuet (Brinkmann & Tanggaard, 2012). En intervjuguide presenterer temaet for deltakerne og gir dem anledning til å tenke gjennom spørsmålene og egne refleksjoner rundt temaet. Jeg introduserte forskningsprosjektet mitt i god tid før selve intervjuet, og intervjuguiden ble sendt ut to uker før selve intervjuet. Denne intervjuguiden fungerte som en rettesnor under selv intervjuet, og alle spørsmålene hadde forståelse og representasjonsbruk som bakenforliggende tema. I forkant av de to intervjuene tok jeg en grundig gjennomgang av alle spørsmålene, for å forberede meg på hvilke svar jeg kunne forvente. Dette forberedte meg på samtals utvikling, slik at jeg kunne stille bedre oppfølgingsspørsmål underveis og fungere som moderator. Åpningen av et intervju er viktig, og moderator bør skape god kontakt med sine intervjuobjekter, og uttrykke et ønske om å lære noe av dem (Kvale S. , 1996; Brinkmann & Tanggaard, 2012). Åpningsspørsmålene kan gjerne være uformelle, som hverken går for dypt inn i temaet eller er av personlig karakter. Jeg startet begge intervjuene

mine med å fortelle om mitt forskningsprosjekt og hva jeg var interessert i å lære av deltakerne. Deretter gikk vi videre til en kort presentasjonsrunde, hvor lærerne fortalte litt om seg selv og sitt forhold til fysikkfaget og fysikkundervisning. Vi jobbet oss gjennom alle spørsmålene fra intervjuguiden, og med unntak av noen få avsporinger gikk intervjuene veldig bra. Begge intervjuene varte i omtrent 50 minutter, og ble avrundet med en slags kommentarrunde fra hver av deltakerne. Her kom det fram en del interessante poenger knyttet til fagfornyelsen og fysikkfagets egenart, noen av disse innspillene har jeg tatt med i min analyse.

### 3.5 Reliabilitet og validitet

I vurderingen av et forskningsprosjekts troverdighet er det de tre begrepene *reliabilitet*, *validitet* og *generaliserbarhet* som vektlegges (Kvale S. , 1996). Reliabilitet knyttes gjerne til pålitelighet, målesikkerhet og etterprøvbarehet. I et fokusgruppeintervju er det vanskelig å oppnå en etterprøvbarehet, da en slik intervjusituasjon aldri kan gjenskapes. Samtidig er det lite trolig at mine intervjuobjekters meninger vil endre seg om dette intervjuet skulle vært reproduisert av noen andre. Transkripsjonsreliabilitet knyttes gjerne til transkripsjonens pålitelighet, alle «oversettelser» fra muntlig tale til skriftlig form involverer en rekke avveininger og valg. Kvaliteten på transkripsjonen kan heves om en følger klare og tydelige retningslinjer for selve transkripsjonsarbeidet (Kvale S. , 1996). Brinkmann & Tanggaard (2012) anbefaler å utarbeide en rettleiding for transkripsjonene og å være så konsistent som mulig. I mitt transkripsjonsarbeid la jeg meg tett opp til det talte ord, og hadde tydelige instruksjoner på hvordan pauser, nøling og andre muntlige kommunikasjonsformer skulle transkriberes. Dette styrker reliabiliteten til mitt prosjekt.

Å være bevisst sin rolle under intervjuet kan også styrke reliabiliteten til prosjektet. Jeg var nøye med å stille åpne spørsmål, og ga intervjuobjektene tid og anledning til drøfting og refleksjon. Kvale (1996) poengterer at korte spørsmål og lange svar resulterer i gode intervjuer. Samtidig kan det innvendes at jeg kjente alle fire intervjuobjektene fra før, og den personlige relasjonen mellom intervjuer og intervjuobjekter kan påvirke resultatene. Dette er nærmest uunngåelig, men denne relasjonen har vært preget av åpenhet og tillitt. Derfor er det lite sannsynlig at informasjon har blitt holdt tilbake, eller at intervjuobjektene ikke har opptrådt oppriktig. Min nærhet til intervjuobjektene hverdag er også et grunnlag for



gjenkjennelse, og jeg kan lett relatere meg til deres beskrivelser og refleksjoner. Samtidig kan denne nærheten til intervjuobjekter og beskrivelser føre til at min objektivitet og nøytralitet er redusert. Brinkmann & Tanggaard (2012) mener derimot at ingen forskningsintervju er nøytrale, men alltid bestemt av forskerens dagsorden-som bør være teoretisk begrunnet. Jeg har også prøvd å beskrive metoder og analysearbeidet på en grundig måte, slik at studiet til en viss grad kan reproduseres. I så måte kan mye av det metodiske arbeidet gjenskapes, selv om intervjusituasjonen aldri vil kunne bli replikert.

Dersom flere forskere deltar i prosjektet styrkes prosjektets reliabilitet. Avgjørende beslutninger kan drøftes og studiets metoder kan i større grad evalueres med flere forskere (Thagaard, 2003). Dette prosjektet er gjennomført av undertegnede, men prosjektets metode og analyse har vært under veiledning av Gerd Johansen ved NMBU. Dette har styrket både reliabiliteten og validiteten til prosjektet.

Validiteten til gruppeintervjuene handler om hvorvidt studiet faktisk undersøker det som er intensjonen (Kvale S. , 1996). Validitetsbegrepet deles gjerne inn i indre og ytre validitet, hvor indre validitet uttrykker om resultatet er gyldig for det studerte utvalget. Den indre validiteten bestemmes gjerne av hvorvidt en har tatt tak i relevant teori for å belyse de empiriske funnene.

Den ytre validiteten uttrykker om resultatet er gyldig for andre utvalg, eller under andre betingelser. Dette refereres gjerne til som generaliserbarheten til studiet. Det er tidligere i teksten beskrevet de to skolene og deres skolekultur, noe som er relevant for studiets generaliserbarhet. Begge skolene fylles i hovedsak opp av primærskolere og inntakskravet er høyt. En stor andel av elevene velger en realfaglig retning i Vg2 og Vg3, og fysikkelever presterer bedre enn gjennomsnittselevne i de typiske realfagene. Prosjektets utvalg er lite, og heller ikke representativt for resten av den videregående opplæringen i Norge. Selv om mine to skoler kjennetegnes av en klassisk «realfagsskole-kultur», er ikke resultatene mine helt uten gyldighet. Kulturen ved de to skolene er ikke unik, og liknende skoler finnes i de fleste store byer i Norge. Jeg vil også tro at noen av mine didaktiske refleksjoner kan relateres til andre skolekulturer. Hvordan elever lærer og hvilke metoder som gir effektiv undervisning er ganske generelt, selv om forutsetningene er gode på mine to skoler.

Kvalitative intervjuer har blitt kritisert for å være lite objektive, særlig på grunn av det menneskelige samspillet som preger en intervjusituasjon (Kvale S. , 1996). Siden jeg kjenner

alle fire intervjuobjektene, og i særlig grad mine to kolleger er dette betimelig å ta opp. Ville jeg fått andre svar om jeg intervjuet fysikklærere som jeg ikke kjente til? Som tidligere nevnt er en av de viktigste forutsetningene for et fruktbart fokusgruppeintervju at moderatoren skaper en trygg atmosfære og velger gruppesammensetning med omhu. Uten kjennskap til mine intervjuobjekter ville sannsynligvis denne prosessen vært vanskeligere, og det er heller ikke sikkert at intervjuene ville blitt like fruktbare. Om jeg hadde gjennomført individuelle intervju av de fire deltakerne, ville hver enkelt deltaker fått større mulighet til å uttrykke sine meninger. Samtidig ville jeg gått glipp av den fordelen som ligger i at deltakerne kommenterer hverandres utsagn og spiller hverandre gode. Både den sosiale interaksjonen og en gruppes evne til å produsere konsentrerte data fremheves som to av de viktigste styrkene ved fokusgruppeintervju (Brinkmann & Tanggaard, 2012).

### 3.6 Ethiske refleksjoner

Etisk refleksjon er en viktig del av planleggingen og gjennomføringen av ethvert forskningsprosjekt (Meeuwisse, Sward, Eliasson-Laplainen, & Jacobsson, 2010). Kvale (1996) poengterer viktigheten med det informerte samtykket ved et kvalitativt intervju. Intervjuobjektene bør bli informert om studiets hensikt og metode i forkant av studiet. Det bør også opplyses om hvordan dataene skal behandles og hvilke anonymitetshensyn som er tatt. Dette anbefales å gjøres ved hjelp av et skriftlig informasjonsskriv og en samtykkeerklæring. Både informasjonsskriv og samtykkeerklæring ble sendt ut og signert av alle mine deltakere. Det informerte samtykket blir i Kvale (1996) nevnt som en av tre etiske retningslinjer en bør vektlegges i forskning med mennesker. I forkant av intervjuene ble mitt forskningsprosjekt godkjent av NSD-Norsk senter for forskningsdata. I denne søknaden ble prosjektet presentert, det ble også gitt en beskrivelse av databehandling samt tiltak for å bevare personvernet til deltakerne.

Videre peker Kvale (1996) på at konfidensialiteten ved et forskningsprosjekt må sikre at prosjektets deltakere ikke kan identifiseres. I mine transkripsjoner og resultatdelen er alle navn endret, men min egen arbeidsplass er nevnt med navn. Dette er gjort fordi jeg velger å være åpen om min nærhet til skolekultur og mine kolleger. For en leser kan dette være viktig i forhold til de betraktninger som blir gjort. Navnene på mine kolleger er selvfølgelig endret,

slik at de ikke kan identifiseres. På den andre skolen er også navnene endret og skolenavnet er anonymisert.

Den tredje etiske retningslinjen som nevnes av Kvale (1996) er konsekvenser. Fordelene ved å gjennomføre et forskningsprosjekt bør veie opp for ulempene det medfører for de involverte parter. For de involverte fysikklærernes del kan et slikt gruppeintervju bidra til refleksjon rundt representasjonsbruk, men de tydeligste fordelene kommer sannsynligvis i form av prosjektets resultat og konklusjoner. Ulempen med å delta i dette prosjektet er at det stjeler tid fra en hektisk lærerhverdag, men jeg fikk anledning til å gjennomføre et av mine intervju i en tid som var avsatt til fagsamarbeid.

### 3.7 Analyse av data

Å analysere data betyr å dele opp i mindre biter, og man søker gjerne å sammenfatte materialet i separate kategorier. Analyseprosessen er en prosess hvor man først bryter ned materialet, for deretter å bygge det opp igjen (Brinkmann & Tanggaard, 2012).

Utgangspunktet for mitt analysearbeid er transkripsjonen av de to gruppeintervjuene. Å transkribere intervjuer fra muntlig til tekstlig form, strukturerer intervjuet og gjør det tilgjengelig for videre analysearbeid (Kvale S. , 1996). I denne prosessen er det viktig å være oppmerksom på at en stor del av data kan gå tapt, derfor var jeg nøye på å gjennomføre dette arbeidet med intervjuet friskt i minnet. Det talte og det skrevne ord er veldig forskjellig, og det er kjent at en mengde informasjon går tapt idet man transkriberer (Brinkmann & Tanggaard, 2012). Jeg la meg tett opp mot det talte ord, og forsøkte å inkludere den informasjonen som kan gå tapt i transkripsjonsarbeidet. Under selve intervjuet tok jeg notater tilknyttet kroppsspråk og gestikulering, og under transkripsjonsarbeidet har jeg markert pauser med (...) i teksten, mens smil, latter og andre uttrykk ble tilføyd i marginen. Selv om noen av spørsmålene mine ikke går direkte på læreres representasjonsbruk valgte jeg å transkribere hele intervjuet. Dette gjorde jeg for å sikre at jeg ikke gikk glipp av verdifull informasjon selv om intervju spørsmålene ikke var direkte rette mot mitt hovedtema.

I etterkant av transkripsjonen av de to gruppeintervjuene valgte jeg en tematisk analysetilnærming av datamaterialet. Denne metoden brukes for å identifisere, analysere og gjenkjenne tematiske mønstre i et datamateriale (Braun & Clarke, 2006). Arbeidet startet

med koding av datamaterialet, som består i å lete etter koder(nøkkelord) i teksten, for å identifisere, sammenlikne og telle opp hvor fremtredende noe er. Kodene kan være forhåndsbestemt og springe ut fra forskningsspørsmålet, eller det kan oppstå induktivt i arbeidet med datamaterialet (Brinkmann & Tanggaard, 2012). Med bakgrunn i mitt forskningsspørsmål ble *fysikkforståelse og bruk av representasjoner* mine forhåndsbestemte hovedtema, og utgangspunkt for min koding og mitt analytiske arbeid. Siden jeg har tatt utgangspunkt i to forhåndsbestemte tema, ble også mitt analysearbeid todelt.

Jeg startet mitt analysearbeid med å lese gjennom begge transkripsjonene for å få en oversikt over datamaterialet. Deretter tok jeg utgangspunkt i forståelsesbegrepet som en meningsbærende enhet/tema, og jobbet meg gjennom teksten for å finne alle relevante avsnitt og innspill som kunne kobles opp mot fysikkforståelse. I dette arbeidet var jeg nøye med å jobbe meg gjennom hele teksten, selv om det i praksis er tre spørsmål som retter seg direkte inn mot forståelsesbegrepet. Jeg brukte markeringstusj for å understreke de tekstsegmentene som kunne knyttes til fysikkforståelse. Disse tekstsegmentene ble så fylt inn i tabell 1 for videre analysearbeid. Deretter startet jeg med det arbeidet som kalles meningskondensasjon, som betyr å korte ned intervjuobjektens meninger i mindre enheter (Kvale S. , 1996). Målet med dette arbeidet er å få frem det sentrale meningsinnholdet i teksten, og samtidig klargjøre teksten for videre analysearbeid. Etter å ha kondensert tekstsegmentene (prosess 1) tilknyttet fysikkforståelse stod jeg igjen med en god del «kondenserte» uttrykk for fysikkforståelse. Disse ble kategorisert (prosess 2), for å se hvilke uttrykk/begrep som gikk igjen. På begge de to skolene endte jeg opp med fem hovedkategorier, som beskriver lærernes oppfatning av fysikkforståelse. De fem kategoriene er ikke helt like på begge de to skolene, men essensen av de fem kategoriene samsvarer meget bra. I kapittel 4 vil jeg presentere de to skolenes kategorier og drøfte mine funn etter analysearbeidet. Tabell 1 viser de forskjellige prosessene i mitt analysearbeid knyttet til fysikkforståelse.

Prosess 1		Prosess 2
Tekstsegment	Meningskondensert uttrykk	Kategori
Hvis du har god fysikkforståelse så klarer du nettopp det jeg var inne på i stad...det å jobbe med og løse problemer du ikke har møtt før	Løse nye problemer	Problemløsning
En evne til å kunne se sammenhenger. Å forstå på en måte at det vi snakker om nå, henger sammen med det og det....slik at det ikke er fragmenterte kunnskaper vi driver med.	Se sammenhenger mellom ulike deler i pensum	Faglig oversikt

Tabell 1: Eksempel på analysearbeid og meningskondensasjon skole A

Etter å ha analysert datamaterialet med hensikt på forståelsesbegrepet startet jeg på nytt med fokus på representasjonsbruk, og leste gjennom begge transkripsjonene på nytt. Jeg brukte nye utskrifter av transkripsjonene, for å kunne gjennomføre min analyse upåvirket av mitt foregående arbeid. Jeg brukte en lignende tilnæringsmetode som beskrevet ovenfor, men jeg fokuserte mitt analysearbeid på lærernes beskrivelse av representasjonsbruk. I dette arbeidet tok jeg utgangspunkt i Dolin (2002) sine representasjonskategorier og sorterte tekstsegmentene i de sju kategoriene. Etter hvert som jeg jobbet med gjennom transkripsjonen oppdaget jeg at lærerne beskrev brukssituasjon/sammenheng i forbindelse med representasjonsbruken. Derfor oppstod brukssammenheng induktivt i mitt analysearbeid, og ble en av måtene jeg kategoriserte representasjonsbruken på. I tillegg til dette noterte jeg ned bruksrekkefølgen på representasjonene. Jeg merket også ut sekvenser hvor lærerne beskrev utfordringer knyttet til representasjonsbruk.

#### 4. Resultat

I denne delen vil jeg presentere resultatene fra mine to fokusgruppeintervjuer. Jeg har valgt å dele resultatene inn i tre hoveddeler. Fysikkforståelse og representasjonsbruk utgjør de to først delene og er valgt på bakgrunn av mitt forskningsspørsmål. I den siste delen vil jeg koble fysikkforståelse og representasjonsbruk sammen og relatere dette til mitt overordnede forskningsspørsmål. Begge de to skolene anonymisert, og vil omtales som skole A og skole B. Lærernavnene er selvfølgelig fiktive, av hensyn til deres anonymitet.

##### 4.1 Fysikkforståelse

Under arbeidet med analyse og meningskondensasjon endte jeg opp med fem hovedkategorier i lærernes oppfattelse av fysikkforståelse på begge de to skolene. I tabell nr. 2 vises de fem forskjellige kategoriene for fysikkforståelse som kom fram under intervjuene på de to skolene

<b>Skole A (Marie og Isak)</b>	<b>Skole B (Johannes og Niels)</b>
1. Refleksjon og metakognisjon	1. Refleksjon og kvalitativ drøfting
2. Operere mellom representasjoner	2. Veksle mellom representasjoner
3. Beherske fagets metoder	3. Hensiktsmessig bruk av fagets verktøy
4. Problemløsning	4. Analysere og løse problemer
5. Faglig oversikt	5. Se sammenhenger og vise faglig oversikt

Tabell 2: Forståelseskategorier fra de to gruppeintervjuene

Som tabell nr. 2 viser er det klare likhetstrekk mellom mange av de to skolenes kategoriene. Av denne grunn har jeg valgt å presentere to og to samsvarende kategorier i resultatdelen. Dette for å kunne peke på sammenhenger mellom de ulike forståelseskategoriene på en hensiktsmessig måte, og samtidig presisere forskjeller mellom de to skolene. Noen av kategoriene er overlappende, og i analysearbeidet så jeg at mange momenter/innspill kunne kobles til to eller flere kategorier. Dette understreker at fysikkforståelse kan komme til

uttrykk på mange måter, og at de forskjellige kategoriene omfatter mange av de samme egenskapene

#### 4.1.1 Refleksjon og metakognisjon/Refleksjon og kvalitativ drøfting

Refleksjon var det som fremkom hyppigst av forståelseskategoriene på de to skolene. På direkte spørsmål om fysikkforståelse ble det nevnt at å kunne problematisere modeller, stille spørsmål og reflektere er tydelige kjennetegn på elever med god fysikkforståelse. Det er tydelig at lærernes oppfattelse av forståelsesbegrepet innebærer enn viss grad av metakognisjon og refleksjon. Lærernes forståelsesdefinisjon henger tydelig sammen med de kognitive ferdighetene som vektlegges i et sosialkonstruktivistisk læringssyn (Sjøberg, 2004). Under vises et utdrag fra intervjuet hvor det ble diskutert kjennetegn på elever med god fysikkforståelse

##### **Hva kjennetegner elever med god fysikkforståelse?**

**Marie:** *Selvtillit(...)faglig selvtillit. Tørre å stole på egne tanker og refleksjoner*

**Marie:** *I tillegg til selvtillit bør de også ha en viss evne til refleksjon, stille spørsmål*

**Isak:** *Ja, også evnen til å formulere spørsmål(...)også det å jobbe systematisk er noe vi prøver å lære dem i møte med problemer de ikke har sett før.*

**Marie:** *Også er det det å lure på ting. Stille spørsmål og være nysgjerrig*

**Isak:** *Gjerne også stille kritiske spørsmål til det vi forteller dem*

I denne diskusjonen kommer den reflekterende egenskapen tydelig frem som et kjennetegn hos elever med god fysikkforståelse. Marie slår fast at *evnen til refleksjon og det å stille spørsmål* er et tydelig kjennetegn, mens Isak poengterer at elever med fysikkforståelse *stiller kritiske spørsmål til det vi forteller dem*. Evne til å reflektere både over innhold og læringsprosess vil ofte være kjennetegn på en som er flink til å tilegne seg ny kunnskap (Elstad & Turmo, 2008). En kan også anta at elever som stiller spørsmål og undrer seg over fysikkfenomener er nysgjerrige og interesserte i fysikkfaget. Elstad & Turmo (2008) peker på nysgjerrighet og interesse som viktige elementer i det vi kaller motivasjon, en viktig drivkraft for læring.

Begge de to lærerne trekker også fram selvtillit som et kjennetegn på elever med fysikkforståelse. Faglig selvtillit er et affektivt aspekt ved forståelse og er et sentralt begrep i Albert Banduras sosialkognitive teori. Bandura kaller dette for *self-efficacy*, og på norsk brukes gjerne begrepet *mestringstro*. Mestringstro handler om en forventning om å mestre bestemte oppgaver, og elever med høy mestringstro ser gjerne på skoleoppgaver som utfordrende og jobber iherdig for å løse dem (Manger, Lillejord, Nordahl, & Helland, 2013). I (Manger, Lillejord, Nordahl & Helland, 2013) refereres det til forskning av Dale Schunk og Frank Pajares som har tatt for seg korrelasjonen mellom mestringstro og skoleprestasjoner. Denne forskningen indikerer en høy korrelasjon, og gjensidig påvirkning mellom mestringstro og skoleprestasjoner (Manger, Lillejord, Nordahl, & Helland, 2013).

#### 4.1.2 Å operere mellom representasjoner/Veksle mellom representasjoner

Å operere mellom representasjoner fremkom som den nest hyppigste kategorien på skole A sin beskrivelse av fysikkforståelse. Dette ble derimot ikke vektlagt like mye på skole B. Det pekes på at evnen til å se sammenhenger mellom de ulike representasjonene, samt bevege seg mellom representasjonene kjennetegner elever med fysikkforståelse. Denne oppfattelsen av fysikkforståelse er i tråd med Dolin (2002) som fremhever at fysikkforståelse kan beskrives som evnen til å bevege seg fritt mellom de forskjellige representasjonsformene. Knain & Hugo (2007) understreker at det å kunne bruke, og veksle mellom de ulike representasjonene tyder på at fagstoffet er forstått. På direkte spørsmål om hva lærerne legger i fysikkforståelse kommer de to lærerne fra skole A frem til følgende:

**Marie:** Ja, det er ganske komplekst

**Isak:** Mye av dette handler om å kunne operere mellom ulike representasjoner. Vi er absolutt i kjernen av det.

**Marie:** Også bevege seg mellom de ulike representasjonene

**Isak:** Du kan på en måte se en fartsgraf, og med utgangspunkt i den kan du på en måte fortelle en fortelling om hva som har skjedd, og du kan gjøre alle de matematiske øvelsene(...)og så snakke om strekning, og du kan snakke om akselerasjon



På dette punktet skiller de to skolene seg litt. Lærerne ved skole A legger større vekt på vekslingen mellom representasjoner enn hva lærerne på skole B gjør når de diskuterer fysikkforståelse. På skole B kommer veksling mellom representasjoner i større grad opp når lærerne drøfter bruk av representasjoner og konkrete undervisningsopplegg.

***Johannes:** Hvordan brukes representasjoner(...)nei, de skal jo lære det. De må lære å bruke det og forstå sammenhengen mellom formlene og grafene, og der ligger mye av utfordringen på høsten i Vg2.*

Samtidig er skole B klare på at *hensiktsmessig bruk av fagets verktøy* er et tydelig tegn på fysikkforståelse, denne kategorien vektlegges mer ved skole B enn ved skole A.

#### 4.1.3 Beherske fagets metoder/Hensiktsmessig bruk av fagets verktøy

Et viktig aspekt ved fysikkfaget er å lære om dets metoder. Med fysikkfagets metoder tar jeg utgangspunkt i en definisjon fra Angell et.al (2011):

*Den analytiske og systematiske tilnærmingen og oppbygningen av (matematiske) modeller av fenomener og prosesser ut fra eksperimenter og resonnementer (Angell et.al 2011, s.32)*

Denne kategorien henger nøye sammen med den foregående kategorien. Å bruke fysikkfagets verktøy innebærer representasjonsferdigheter, og i så måte er disse to kategoriene delvis overlappende. I intervjuet refereres fysikkfagets verktøy til bruk av algebra, figurer og grafer, men også en korrekt bruk av fagets klart definerte uttrykk og definisjoner.

***Johannes:** Har du skjønnt det godt nok til å kunne forklare det med fagets egne ord og uttrykk og begreper på riktig måte(...)god fysikkforståelse er jo det å kunne bruke fysikkfagets språk, og forklare de fenomenene vi prøver å vise...vi skal ikke skille det fra matematikken heller, for det er en viktig og integrert del av faget.*

Når Dolin (2002) og Knain & Hugo (2007) definerer fysikkforståelse blir bruken av representasjonsformer vektlagt. Angell et.al (2011) sier at å lære seg fysikk innebærer å lære seg å bruke de ulike representasjonsformene, men også opparbeide seg kompetanse i å gå

mellom de ulike representasjonsformene. Å koble sammen de ulike representasjonene knyttet til et fysikkfenomen kan gjøre eleven i bedre stand til å se sammenhenger. Dolin (2002) peker på at full forståelse kommer når en behersker alle representasjonsformene tilknyttet et fenomen. En kan også tenke seg at denne kategorien er en forutsetning for å kunne veksle mellom representasjoner. Å bevege seg mellom den visuelle grafen og funksjonsuttrykket forutsetter en del basisferdigheter i matematikk hva angår algebra og funksjonslære.

I Rau & Matthews (2017) beskrives *representasjonsdilemmaet* som det fenomenet der elevenes manglende representasjonsferdigheter medfører at de ikke lærer noe faglig av representasjonene. Om en elev ikke har forstått funksjoner og grafiske framstillinger vil det være lite hensiktsmessig å bruke dette i presentasjon av et skrått kast. Dette ble problematisert på de to intervjuene, og lærerne på skole B pekte på at funksjoner og derivasjon kanskje ikke var forstått godt nok i matematikk 1T. En del av elevene klarer ikke å se de matematiske temaene i en fysikkfaglig kontekst, her uttrykt av en lærer fra skole B:

*Niels: Når du lager en fartsgraf, kanskje fra en bevegelse eller vogn på skråplan(...)det virker som om de har problemer med bare en rett linje, i matten så klarer de jo dette.  $Y=ax+b$  og så videre, men når vi kommer med  $t$ ,  $v$  og  $s=2t+5$ , så er det liksom noe helt annet.*

Det læreren beskriver her kan tyde på at elevene ikke behersker overføringen fra matematikkfaget til fysikkfaget. En rett linje i matematikkfaget skiller seg lite fra en rett linje i fysikkfaget, med unntak av notasjon og aksebenevninger. Dette kan også settes i sammenheng med funksjoner som «terskelbegrep», og hvordan manglende forståelse for terskelbegrepene gir utfordringer i andre sammenhenger. Samtidig er fysikkfaget elevens første ordentlige møte med matematikken som verktøy og dens bruk i modeller og dette er utfordrende for elevene. Lærerne ved skole B hevder også at elevenes basisferdigheter innen algebra ikke er gode nok. Dette medfører at en må bruke tid på formelomgjøring og regnetekniske ting, der hvor en heller burde brukt tid på fysikkforståelse. På skole A er lærerne derimot tydelige på at algebraferdighetene stort sett er gode nok, men det poengteres at funksjonsforståelsen medfører en ekstra utfordring i fysikkfaget. På begge de

to skolene er det helt tydelig at matematiske aspektet ved fysikkfaget er omfattende. Dette betegnes som det viktigste av fysikkfagets verktøy, og alle de fire lærerne er tydelige på at matematikkens posisjon i fysikkfaget ikke kan undervurderes.

***Isak:** Det å ha det litt som kriterium når du velger ut tema til fysikkpensum, det skal være naturvitenskapelige tema som du kan jobbe matematisk med.*

Om de to skolene vektlegger fagets verktøy/metoder på ulik måte, er de samstemte i sine betraktninger rundt matematikkens rolle. Samtidig nevner begge de to lærergruppene at matematikkferdigheter i seg selv ikke er tilstrekkelig. Det er tydelig at denne kategorien henger sammen med kategori 4.1.1 og den reflekterende evnen. Gode matematikkelever kan løse en rekke fysikkproblemer, men samtidig mangle den fysikkforståelsen som kreves for å sette det inn i sammenheng og reflektere rundt de fysiske aspektene.

***Marie:** De klarer å regne, de har regnet masse i matten, ikke sant. De klarer å derivere, stort sett da og de klarer algebraen, men de klarer ikke helt å forstå hva dette betyr. Det er ikke de tekniske matteferdighetene det står på, det er mer den forståelsen da.*

Her refereres det tydelig til de elevene som ikke klarer å sette sine matematiske beregninger inn i en fysikksammenheng. Fra det andre intervjuet kommer den samme tendensen fram.

***Johannes:** Det er fascinerende når elever regner og jobber med oppgaver, og så får de svar som er helt på viddene feil. Og med to streker under svaret. De mangler den evnen til å reflektere over sine egne svar.*

Nok en gang viser samtalen hvor sammenkoblet disse forståelseskategoriene er. Den manglende refleksjonsevnen som noen fysikkelever viser, gir konsekvenser for problemløsningsevnen. Selv om eleven behersker de matematiske metoden, kreves det også en analytisk og reflekterende evne for å kunne sette ting i sammenheng. Fysikkfaget er komplekst, og det kreves mye av våre fysikkelever. Fysikkelevenenes frustrasjon bør være

gjenkjennbar. Det er også viktig å huske at fysikkfaget kanskje er elevenes første ordentlige møte med komplekse naturvitenskapelige problemer.

***Johannes:** Den problemløsningstanken som vi trener opp i fysikk, og som jeg tror de møter for første gang høsten i Vg 2(...)kanskje matematikkfaget burde gjort noe med dette tidligere, men det er mye mer oppskriftsbasert dessverre.*

I slutfasen av intervjuet ble Fagfornyelsen og mulige endringer for fysikkfaget tatt opp på begge skolene. Det ble fra begge hold nevnt at en ikke bør være redd for å gjøre fysikkfaget matematisk. Dette bør derimot ikke gå på bekostning av kvalitative refleksjoner i fysikkfaget. I disse dager arbeides det med fagfornyelsen i fysikk, og signalene så langt tyder på at forståelse og dybdelæring skal være sentralt (Ludvigsenutvalget, 2015).

#### 4.1.4 Problemløsningsevne/Analysere og løse problemer

Problemløsningsevne er kanskje den kategorien hvor det er størst samstemthet mellom de to skolene. Dette ble ikke nevnt veldig mange ganger av de to skolene, men på direkte spørsmål om fysikkforståelse kom dette opp i begge de to intervjuene. Her fra Skole A ved Isak, og deretter skole B ved Johannes.

***Isak:** Hvis du har god fysikkforståelse så klarer du nettopp det jeg var inne på i stad(...)det å jobbe med problemer du ikke har sett før.*

***Johannes:** Analytisk evne er også viktig, den problemløsende, analytiske evnen(...)vise forståelse for hva du skal gjøre for å løse utfordrende problemer.*

Problemløsning har en fremtredende plass i fysikkfaget, og dagens fysikkbøker inneholder et rikt utvalg av oppgaver tilknyttet relevant teori (Angell, et al., 2011). Jeg vil hevde at denne kategorien omfatter en del av de andre kategoriene ved fysikkforståelse. Når det nevnes at forståelse kjennetegnes av analyse og problemløsning, så innebærer dette en viss evne til refleksjon og en hensiktsmessig bruk av fagets verktøy. I så måte kan en si at de to nevnte kategoriene **4.1.1** og **4.1.3** kanskje kommer best til uttrykk i form av elevenes problemløsningsevne, men fagets verktøy innebærer også representasjoner. Derfor bør også

kategori **4.1.2** sees i sammenheng med problemløsningsevnen. I Elstad & Turmo (2008) refereres det til forskning gjort på matematikkstudenter for å se hva som kjennetegner gode og dårlige problemløsere i matematikk. Selv om denne studien er gjort på matematikkstudenter, mener jeg at funnene kan overføres til fysikkfaget. Det pekes på at de dyktige problemløserne tar seg tid til å analysere oppgaven, samtidig som de evaluerer sin løsningsstrategi underveis. Dette er tydelige tegn på metakognisjon og abstraksjonsevne, to egenskaper som kan knyttes opp mot forståelsesbegrepet (Elstad & Turmo, 2008). Dette er beskrevet i kategori 4.1.1, men problemløsningsevnen forutsetter også at kategori 4.1.3; å beherske fagets metoder. I intervjuet poengteres utholdenhet og pågangsmot som en slags premissførende karaktertrekk for problemløsningsevnen.

***Marie:** Selvtillit, faglig selvtillit. Tørre å stole på egne tanker og refleksjoner.*

***Isak:** Det er nok en viktig del av det altså, det er klart at for å komme dit er du avhengig av en viss grad av stamina og arbeidskapasitet. De må ikke gi seg i møte med problemer. Dette er noe vi jobber mye med, å oppøve seg denne melkesyrekapasiteten. Det å kunne jobbe i motbakke, og kunne slite seg gjennom ting.*

Dette henger også sammen med Banduras mestringsstro (beskrevet i 4.1.1), og det kan se ut til å være en sammenheng mellom elevenes mestringsstro og utholdenhet. Selvtillit og mestringsstro kommer ikke gratis, og evnen til å holde ut på tross av nederlag er noe som elevene må bygge opp gjennom hele sin skolekarriere. Lærere har en essensiell rolle i det å bygge opp elevenes mestringsstro og et av norsk skoles uttalte mål er at alle elever skal oppleve mestring og utfordring i skolen (Kunnskapsdepartementet, u.d.).

#### 4.1.5 Faglig oversikt/Se sammenhenger og vise faglig oversikt

Denne kategorien har en tydelig kobling mot flere av de andre kategoriene, og kanskje i særlig grad kategori 2: Å operere mellom representasjoner/Veksle mellom representasjoner. Når Dolin (2002) og Knain (2007) fremhever vekslings mellom, og evnen til å se sammenhenger mellom representasjonsformene er dette uttrykk for en faglig oversikt. Å kunne se sammenheng mellom fysikkfagets emner kan også vitne om en abstraksjonsevne.

Fra skole B kommer det fram følgende:

*Johannes: Forståelse har noe med oversikt å gjøre(...)det å kunne vise oversikt. Å knytte flere biter av faget sammen(...)som når vi jobber med astrofysikk, det å knytte dette opp mot termofysikk og være med på det resonnementet da, det vitner om god forståelse.*

Ainsworth (1999) knytter abstraksjonsevnen opp mot fysikkforståelse, og poengterer at bruk av multiple representasjoner kan hjelpe elevene til abstraksjon og konstruere dypere faglig forståelse. Elever som klarer å koble termofysikk opp mot astrofysikk ser at fysikkfaget ikke består av fragmenterte deler, men kan relatere de ulike temaene med hverandre. Dette vitner om en dypere forståelse av de ulike fysikktemaene og en evne til å skaffe seg oversikt og se sammenhenger. Denne kategorien kan også relateres til Piagets *akkomodasjon*. En elev med et rikt begrepsregister har sannsynligvis vært gjennom en del akkomodasjonsprosesser, og på denne måten utfordret seg selv og utviklet en faglig forståelse. I denne prosessen settes de ulike delene av pensum sammen og eleven utvikler en helhetlig forståelse for fysikkfaget.

Det er tydelig at lærerne på de to skolene har samsvarende oppfattelser av hva fysikkforståelse betyr. Skole A har litt større fokus på veksling mellom representasjoner og legger seg tett opp mot den forståelsesoppfattelsen som er beskrevet hos teoretikerne. På skole B legges det mer vekt på problemløsningsevne, fagets metoder og det matematiske aspektet ved fysikkfaget. Samtidig er representasjoner både uttrykk for fagstoffet og metoder i fysikkfaget, og de to skolenes oppfattelse av fysikkforståelse er i stor grad sammenfallende.

## 4.2 Representasjonsbruk

Siden denne oppgaven i hovedsak retter seg mot lærernes bruk av representasjoner vil jeg i denne delen fokusere på det som kom fram av analysearbeidet med tanke på lærernes representasjonsbruk. I noen relevante sammenhenger vil jeg trekke fram resultater knyttet

til elevenes bruk av representasjoner. Som tidligere nevnt kategoriserte jeg lærernes representasjonsbruk etter Dolin (2002) sin inndeling i sju kategorier. De sju kategoriene er:

1. Fenomenologisk representasjon
2. Eksperimentell representasjon
3. Deskriptiv representasjon
4. Matematisk-symbolsk representasjon
5. Begrepsmessig representasjon
6. Billedlig representasjon
7. Kinestetisk representasjon

Etter å ha arbeidet med gjennom transkriptene og understreket alle tekstsegmenter som omhandlet lærernes representasjonsbruk, og noterte ned hvilke representasjonsformer som ble brukt. Hvert tekstsegment endte gjerne opp med flere kategorier fordi lærerne benytter seg av flere representasjoner i sammenheng med hverandre. Jeg noterte også ned hvilken rekkefølge representasjonene ble brukt i, og dette kommer fram i tredje kolonne i tabellen nedenfor. Jeg vil prøve å belyse de representasjonene som brukes hyppigst, men jeg vil også se hvilke representasjonskombinasjoner som går igjen. Samtidig har jeg observert at enkelte brukssekvenser går igjen, noe som bør nevnes i denne sammenhengen. Resultatene fra de to skolene vil bli presentert sammen, men i første del vil jeg fokusere på likhetene mellom de to skolenes svar. Deretter vil jeg peke på forskjeller, før jeg til slutt oppsummerer lærernes representasjonsbruk og kobler dette opp mot fysikkforståelse. I tabell nummer 3 vises noen eksempler på hvordan jeg gjorde min analyse av lærernes representasjonsbruk.

<b>Tekstsegment</b>	<b>Brukssammenheng</b>	<b>Representasjonskategori (ordnet i bruksrekkefølge)</b>
Intro til bevegelse, gå en strekning og registrer bevegelsen, sammenligne med andre og beskrive grafisk og etter hvert matematisk	Praktisk bruk, undervisningsopplegg	7,3,6,4
Tydelige krav til oppgaveløsning på prøven, tegn figur eller tap poeng	Vurderingssituasjon	6,4

Tabell 3: Eksempel på analysearbeid om representasjonsbruk

#### 4.2.1 Likheter i representasjonsbruk mellom Skole A og skole B

De to kategoriene som nevnes hyppigst er kategori 4: matematisk-symbolsk representasjon og kategori 6: billedlig representasjon. En grunn til dette kan være at fysikkfaget i stor grad beskjeftiger seg med problemløsning og oppgaverregning. I nesten all oppgaveløsning i fysikk benytter lærerne og elevene seg av den matematisk-symbolske representasjonen. Disse representasjonene går også igjen i både klassisk tavleforelesning, selvstendig arbeid, laboratorieøvinger og vurderingssituasjoner. Fra intervjuet på skole A poengteres det at matematisk symbolske og billedlige representasjoner brukes hyppig:

***Marie:** En viktig brikke på veien er jo å tegne gode figurer av det vi gjør, hvor vi fremhever det som er viktig(...)så vi bruker det egentlig veldig mye sånn, og så klart etter hvert når vi regner oppgaver.*

Det ville nesten vært rart om ikke denne kategorien var hyppigst brukt i et fag hvor matematikken spiller en så sentral rolle. På samme måte er figurtegning og bildebruk en viktig del av oppgaveløsning i fysikkfaget. I fysikkoppgaver presenteres gjerne informasjonen gjennom et bilde eller en figur, og lærerne forteller selv at de oppfordrer elevene til å lage gode figurer i sitt arbeid med oppgaver. Fra intervjuet på skole B presiseres nytten av å kunne tegne gode figurer:

***Niels:** Jeg ser at noen elever da, har veldig god bruk for dette med å tegne figurer og få en slags oversikt.*

***Johannes:** Dette går jo også inn i den problemløsningsevnen som de møter for første gang, det å hente ut informasjon fra en lengre tekst og plassere det på en eller annen måte sånn at du får gjort noe ut av det, det er lettest med en figur da. Det er grunn i seg selv, selv om figuren er veldig enkel.*

Bilder og figurer kan være en effektiv inngang til fysikkfenomener, men er også en strategi for å skaffe seg oversikt i møte med komplekse oppgaver. I Elstad & Turmo (2008) refereres det til studier av effektive problemløserne som kjennetegnes av evnen til å skaffe seg oversikt før en gir seg i kast med å løse problemet. Dette er en ferdighet som kan trenes opp, men krever at lærerne går foran som et godt eksempel og tydeliggjør effektive løsningsstrategier ved bruk av figurtegning.



En annen grunn til at kategori 4 og 6 går igjen er at laboratorieøvinger, demonstrasjoner og småforsøk utgjør en stor del av i fysikkfaget. I de fleste laboratorieøvinger skal elevene presentere data ved hjelp av grafer, figurer eller bilder. Samtidig involverer de fleste laboratorieøvinger en form for beregninger, eller matematiske uttrykk/sammenhenger som skal utledes.

En tredje begrunnelse for de to kategoriernes hyppighet kan være mekanikkens sentrale plass i fysikkpensum. Den klassiske mekanikken består av mye grafisk-matematisk fagstoff, samtidig som læreplanmålene i mekanikken egner seg til direkte bruk av billedlig eller matematiske representasjoner (Utdanningsdirektoratet, 2006). Fra skole A blir det fremhevet figurenes store rolle i mekanikkdelen av pensum:

***Isak:** Det er veldig tydelig i mekanikken, fordi det er så mye som er grafisk og matematisk. Og vi bruker disse figurene og likningene såpass mye.*

I tillegg til de to overnevnte kategoriene kom det fram at kategori 2: eksperimentell representasjon gikk igjen på begge de to skolene. Denne kategorien fremkom relativt mange ganger, og det henger nok sammen med mengden småforsøk, laboratorieøvinger og demonstrasjoner som brukes i fysikkfaget. I denne sammenhengen er det verdt å nevne at en kombinasjon av de tre nevnte representasjonene går igjen i flere av lærernes beskrevne undervisningsopplegg. Fra intervjuet på skole A presenteres følgende undervisningsopplegg:

***Isak:** Vi starter med å sende en vogn opp en dynamikkbane og så skal dette filmes. Da har du en veldig fin fenomenologisk representasjon(...)når du skal beskrive hva som skje. Dette filmes og registreres i tracker (videoprogram for videoanalyse). Og så får du en graf, en plot. Og så kjører du regresjon i tracker og får ut en strekningsfunksjon(...)da har de rett og slett en bevegelsesligning som de selv har kommet frem til, og så kan de derivere den for å finne et uttrykk for fart og akselerasjon.*

På skole B beskrives et liknende opplegg som brukes i introduksjonen til bevegelse.

***Johannes:** I år lagde vi grafene selv i mekanikken(...)altså med datalogger. Elevene gikk opp og ned i klasserommet for å logge bevegelsene sine. Så fikk de fram posisjonsgrafene og fartsgrafene og presenterte dette for hverandre. Vi hadde ikke*

*presentert noen bevegelsesligninger i forkant av dette, men underveis drøftet vi hvordan vi kunne tegne grafer.*

Begge disse undervisningsoppleggene tar utgangspunkt i elevenes erfaringer/observasjoner og bygger videre på dette for å abstrahere og generalisere. Til slutt ender elevene opp med matematisk-symbolsk representasjon og en grafisk framstilling av bevegelsen. Opplegget har et tydelig mål om å bygge opp en forståelse for bevegelsesligningene, dette er tydelig likhet med Tytler et.al (2013) sin I (Identifisering av grunnleggende begreper og sentrale ideer) i IF-SO rammeverket. I mekanikkdelen av fysikkpensum står de fire bevegelsesligningene meget sentralt. Videre sier IF-SO rammeverket at det bør fokuseres på representasjonenes form og funksjon, og fokusere på de representasjonene som er mest hensiktsmessige i forhold til fagstoffet. Lærernes undervisningsopplegg gjør nettopp dette ved å ta tak i grafiske og matematisk-symbolske representasjoner som er essensielt i mekanikken. Referansene til IF-SO rammeverket er tydelig, men undervisningsopplegget gir kanskje ikke elevene like stor frihet til utarbeidelse av representasjoner som IF-SO legger opp til. Der hvor det beskrive undervisningsopplegget skiller seg fra IF-SO er nok elevenes egne representasjoner. I IF-SO rammeverket legges det opp til at elevene selv skal få leke med representasjoner og videreutvikle dem, her beskriver lærerne at de bruker mindre tid på dette enn hva IF-SO anbefaler. Dette er forståelig da elevene skal rettes inn mot en fysikkpraksis, samtidig som at tiden setter begrensninger for hvor lenge elevene kan jobbe med dette.

De beskrive undervisningsoppleggene følger også opp de tre fordelene ved å bruke multiple representasjoner beskrevet i Ainsworth (1999). De ulike representasjonene komplementere hverandre og tydeliggjør ulike aspekter ved fysikkfenomenet. Det brukes kjente representasjoner som funksjoner og algebraiske uttrykk som skal være kjent fra pensum i matematikk 1T. Disse representasjonene settes inn i en ny kontekst og kan på denne måten tydeliggjøre fagstoffet. Ainsworth (1999) peker også på bruken av multiple representasjoner som en vei til dypere forståelse. Ved at elevene oversetter mellom ulike representasjoner og på denne måten abstrahere fagstoffet gis det muligheten til å forstå fysikkfenomenet.

#### 4.2.2 Forskjeller i representasjonsbruk mellom skole A og skole B

Alt i alt er det relativt små forskjeller mellom de to skolenes representasjonsbruk, men noen poeng er verdt å nevne. Skole A er tydelige på å starte med observasjoner, for deretter å bygge videre på dette i sin forståelsesoppbygning. De beskrev flere undervisningsopplegg som tar utgangspunkt i en observasjon eller en praktisk situasjon. På denne måten blir de fysiske lovene bygd opp fra grunnen av og de matematiske formlene fremstår kanskje mindre mystisk. Følgende representasjonssekvens går igjen i flere av undervisningsoppleggene fra skole A: eksperimentell, deskriptiv, billedlig og matematisk-symbolsk. Det er et klart mål at elevenes forståelse skal bygges opp fra reelle observasjoner, og lærerne presiserer at slik metode «ufarliggjør» de matematiske formlene. Elevene gis tid til å danne egne representasjoner, som det bygges videre på i sin forståelsesoppbygning. Dette følger noe av den samme fremgangsmåten som er beskrevet i IF-SO rammeverket. Samme type undervisningspraksis ble beskrevet av lærerne på skole B, men på denne skolen ble det ikke fremhevet i like stor grad som på skole A.

På begge de to skolene brukes det i stor grad billedlige representasjoner i undervisningssituasjoner, men skole B har nok et større fokus på å rette elevene inn mot en naturvitenskapelig kultur hva angår figurtegning og bruk av grafer. Skole B presiserer også tydelige krav til hva slags figurer og tegninger som forventes i en vurderingssituasjon og ved oppgaveløsning. Bilder, figurer og andre visuelle representasjoner brukes også direkte i undervisningssituasjoner som utgangspunkt for diskusjon og kvalitative forklaringer. En slik bruk av figurer og bilder gir elevene muligheten til å abstrahere fagstoffet og skape en dypere forståelse for fysikk.

#### 4.3 Læreres representasjonsbruk som utgangspunkt for fysikkforståelse

Med utgangspunkt i lærernes oppfattelse av fysikkforståelse er deres representasjonsbruk godt begrunnet. Det legges opp til en praksis der elevene blir kjent med flere representasjoner, og lærer seg å veksle mellom representasjonene. Dette brukes i flere typer undervisningssammenhenger. Å veksle mellom representasjoner ble fremhevet av lærerne da de drøftet fysikkforståelse. Elevene får muligheten til å gjøre dette, og kan i denne prosessen skape forståelse for fagstoffet. Her er det en tydelig kobling mellom lærernes forståelsesdefinisjon og deres representasjonsbruk i undervisningen. Ainsworth (1999)

påpeker at abstraksjon og dypere forståelse kan skapes ved bruk av et rikt representasjonsutvalg, og Dolin (2002) skriver at evnen til å bevege seg mellom representasjoner er det tydeligste tegnet på fysikkforståelse. I så måte er lærernes undervisningspraksis en effektiv strategi.

Lærerne beskriver undervisningsopplegg hvor forståelsen skal bygges opp fra elevenes erfaringer, og hvor fagstoffet skal abstraheres gjennom en tydelig og sekvensiell bruk av ulike representasjoner. En slik undervisningsmetode oppfordrer til en utstrakt bruk av representasjonsformer, hvor elevene får muligheten til å se representasjonene i sammenheng med hverandre. Knain & Hugo (2007) hevder at læring oppstår når elevene skaper faglig mening i ulike representasjoner. Å ta utgangspunkt i elevenes erfaringer fungerer særlig godt i mekanikkdelen av fysikkpensum. Lærerne beskriver undervisningsopplegg hvor elevene kan bevege seg fra *kinestetisk* til *eksperimentell* til *grafisk* og videre til *matematisk-symbolsk representasjon* med utgangspunkt i en kort gåtur (beskrevet i **4.2.1**). Denne arbeidsmetoden er tett knyttet opp mot IF-SO rammeverket og Ainsworth (1999) sin tre hovedpoenger med multiple representasjonsbruk. Et slikt undervisningsopplegg ville derimot ikke fungert like bra i abstrakte fysikktema som kvantefysikk eller kjernefysikk.

På begge de to skolene er lærerne tydelige på sin bruk av figurer og visuelle representasjoner. Elevene behøver trening og veiledning i bruk av visuelle representasjoner, og lærerne forteller at noe av elevene ser ikke nytten av dette arbeidet. I et fag hvor oppgaveregning og problemløsning utgjør en viktig del, er det nødvendig med effektive løsningsstrategier. Gode figurer gjør elevene i stand til å sortere informasjon, og er et viktig ledd i en effektiv løsningsstrategi. På dette området trenger elevene tydelige instruksjoner, og lærerne presiserer at de må veilede elevene til å bli effektive problemløsere. Raner (2017) peker på at elevenes foretrukne representasjon ved oppgaveløsning er den matematisk-symbolske. Denne tendensen bekreftes av mine funn, og som fysikklærer har man muligheten til å vise elevene at det er hensiktsmessig med et større representasjonsrepertoar. Ainsworth (1999) presiserer hvor viktig det er med en god veileder som kjenner fallgruver og vet hvordan de ulike representasjonene kan fremheve forskjellige sider ved et fysikkfenomen.

Under begge de to intervjuene ble problemløsningsevnen fremhevet som et kjennetegn på fysikkforståelse. Dette er en ferdighet som innebærer flere andre aspekter ved fysikkfaget. Refleksjon, matematiske ferdigheter og evnen til å veksle mellom representasjoner henger sammen med problemløsningsevnen, og disse ferdighetene vitner også om en faglig oversikt.

Elever med fysikkforståelse kjennetegnes også av faglig selvtillit. Et undervisningsopplegg som følger IF-SO rammeverket gir elevene muligheten til å utforske egne representasjoner og få annerkjennelse for dette arbeidet. Dette er viktig om elevene skal bygge opp sin fysikkfaglige selvtillit. Noen av de beskrevne undervisningsoppleggene har klare fellestrekk med IF-SO rammeverket og kan derfor gi elevene en mestringsfølelse i fysikk.

## 5 Konklusjon og veien videre

Mine funn bekrefter mye av det teoretiske grunnlaget for denne oppgaven. Lærernes oppfattelse av fysikkforståelse har klare likhetstrekk med beskrivelse av fysikkforståelse fra litteraturen. Det bør derimot påpekes at lærerne knytter problemløsningsevne og refleksjon tettere opp mot forståelse enn hva som er beskrevet i Dolin (2002) og Knain & Hugo (2007). Dette kan forklares med at evnen til å løse komplekse problemer er knyttet til en hensiktsmessig bruk av representasjoner. Elever som ser koblingene mellom de ulike representasjonene tilknyttet et fysikkfenomen, kan i større grad abstrahere fagstoffet og skape en faglig oversikt. På denne måten kan evnen til å veksle mellom representasjoner komme til uttrykk i elevenes møte med komplekse problemer.

Lærerne benytter seg av representasjoner på en hensiktsmessig måte, som gir elevene muligheten til å utvikle forståelse for fysikk. De oppfordres til å styrke sine representasjonsferdigheter, og ved hjelp av disse ferdighetene kan de skape forståelse for fagstoffet. Lærernes representasjonsbruk er godt begrunnet, og de beskrevne undervisningsoppleggene har et tydelig mål om å øke forståelsen ved bruk av representasjoner.

Vekslingen mellom representasjoner er utfordrende for elever og deres møte med fysikkfaget (Angell, et al., 2011). Dette bekreftes av lærerne under gruppeintervjuene. Høsten 2020 implementeres Fagsfornyelsen i den norske skolen. I matematikkfaget på

videregående skole legges det opp til at representasjoner skal utgjøre et av de fem kjerneelementene i faget. Forhåpentligvis kan en slik endring føre til at elevene får bedre trening i å veksle mellom representasjoner. De første utkastene til ny læreplan i fysikk er enda ikke publisert, men en kan håpe at representasjoner også vil være i fokus her. Om ikke annet, så kan fremtidens fysikkelever dra nytte av sine representasjonsferdigheter fra matematikkundervisningen.

Resultatene fra denne studien peker på tydelige retningslinjer for en representasjonsfokuset undervisning som legger til rette for fysikkforståelse. I videreføringen av dette kunne det vært interessant å undersøke hvordan fysikkforståelse og problemløsningsevne er knyttet til representasjonsbruk hos elever.

På et personlig plan har arbeidet med denne masteroppgaven fått meg til å reflektere over representasjonenes rolle i fysikkfaget og i fysikkundervisning. Jeg er mer bevisst på elevenes utfordringer knyttet til representasjoner, men også de gevinstene en hensiktsmessig representasjonsbruk kan gi. Dette vil prege min virksomhet som lærer, og forhåpentligvis bidra til å øke mine elevers fysikkforståelse.

## Bibliografi

- Ainsworth, S. (1999). The Functions Of Multiple Representations. *Computers And Education* 33 (2), ss. 131-152.
- Andersen, S. S. (2013). *Casestudier-forskningsstrategi, generalisering og forklaring*. Oslo: Fagbokforlaget.
- Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E. K., Kolstø, S. D., Persson, J., & Reidun, R. (2011). *Fysikkdidaktikk*. Oslo: Høyskoleforlaget.
- Barab, S., & Squire, K. (2004). Design-Based Research: Putting a Stake in the Ground. *The Journal Of The Learning Science* 13 (1), ss. 1-14.
- Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative research in psychology*, ss. 77-101.
- Brinkmann, S., & Tanggaard, L. (2012). *Kvalitative metoder - Empiri og teoriutvikling*. Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Brown, A. L. (1992). Design Experiments: Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings. *The Journal of The Learning Sciences* 2, ss. 141-178.
- Christoffersen, L., & Johannesen, A. (2012). *Forskningsmetode for lærerutdanningen*. Oslo: Abstrakt forlag.
- De nasjonale forskningsetiske komiteene*. (u.d.). Hentet fra <https://www.etikkom.no/>
- Dolin, J. (2002). *Fysikkfaget i forandring. Læring og undervisning i fysikk i gymnasiet med fokus på dialogiske prosesser, autensitet og kompetanseutvikling (Doktoravhandling, København Universitet)*.
- Duval, R. (1999). *Representation, Vision and Visualization: Cognitive Functions in Mathematical thinking*.
- Elstad, E., & Turmo, A. (2008). *Læringsstrategier*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Gardner, H. (1983). *Frames Of Mind*. New York: Ingram Publishers Service US.
- Gardners intelligenser*. (u.d.). Hentet fra [https://no.wikipedia.org/wiki/De\\_mange\\_intelligenser](https://no.wikipedia.org/wiki/De_mange_intelligenser)
- Grønmo, L. S., Hole, A., & Onstad, T. (2016). *Ett skritt fram og ett tilbake - TIMMS Advance 2015, matematikk og fysikk i videregående skole*. Oslo: Cappelen Damm Akademisk.
- Grønmo, S. (2004). *Samfunnsvitenskapelig metoder*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Harboe, T. (2006). Kvalitative og kvantitative metoder. I *Innføring i samfunnsvitenskapelige metoder* (ss. 31-39). Fredriksberg: Forlaget samfundslitteratur.
- Holter, H., & Kalleberg, R. (1996). *Kvalitative metoder i samfunnsforskning*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Imsen, G. (1998). *Elevens verden - En innføring i pedagogisk psykologi*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Jacobsen, D. I. (2005). *Hvordan gjennomføre undersøkelser? Innføring i samfunnsvitenskapelig metode*. Oslo: Høyskoleforlaget.

- Knain, E. (2015). *Scientific Literacy for Participation: A Systemic Functional Approach to Analysis of School Science Discourses*. Rotterdam: Sense Publishers.
- Knain, E., & Hugo, A. (2007). Pendelen mellom erfaring og representasjon - en fagdidaktisk modell for science literacy. *Skriving for nåtid og framtid*, ss. 325-339.
- Knain, E., & Kolstø, S. D. (2011). *Elever som forskere i naturfag*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Kunnskapsdepartementet. (2016). *Fag-Fordypning-Forståelse En fornyelse av Kunnskapsløftet (Meld. St nr.28(2015-2016))*. Oslo: Kunnskapsdepartementet.
- Kunnskapsdepartementet. (u.d.). *Skole og videregående opplæring*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/tema/utdanning/grunnopplaring/id1408/>
- Kvale, S. (1996). *InterViews - An Introduction to Qualitative Research Interviewing*. London: SAGE Publications.
- Kvale, S., & Brinkmann, S. (2015). *Det kvalitative forskningsintervju*. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Lemke, J. (1990). *Talking Science; Language, Learning end Educational Processes*. New Jersey: Ablex Publishing Corporation Norwood.
- Lemke, J. (1998). I *Reading Science: Critical and Functional Perspectives on Discourses of Science* (ss. 87-113). Routledge.
- Lemke, J. L. (2004). The Liteacies of Science. I S. E. Wendy, *Crossing borders in literacy and science instructions: Pespective on theory and pracitce*. Newark: International Reading Association.
- Lillestrøm VGS. (2016). *Lillestrøm VGS hjemmeside*. Hentet fra Lillestrøm VGS visjon: <http://www.lillestrom.vgs.no/om-oss/slik-jobber-vi/visjon-og-verdier/>
- Ludvigsenutvalget. (2015). *Fremtidens skole - Fornyelse av fag og kompetenser*. Kunnskapsdepartementet.
- Løvland, A. (2010). Multimodalitet og multimodale tekster. *Tidsskriftet Viden om Læsing*, ss. 12-17.
- Maguire, M., & Delahunt, B. (2017). Doing a Thematic Analysis: A Practical, Step-by-Step Guide for Learning and Teaching Scholars. *The All Ireland Journal of Teaching and Learning in Higher Education* 9.
- Manger, T., Lillejord, S., Nordahl, T., & Helland, T. (2013). *Livet i Skolen 1 (2. utgave)*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Meeuwisse, A., Sward, H., Eliasson-Laplainen, R., & Jacobsson, K. (2010). *Forskningsmetodikk for sosialvitere*. Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Nasjonalt senter for realfagsrekruttering. (u.d.). *Realfagsrekruttering*. Hentet fra <https://www.realfagsrekruttering.no/>
- Pettersson, K., & Brandell, G. (2017). Att utveckla elevers begreppsförmåga.
- Quale, A. (2003). *Konstruktivisme i naturvitenskapen: kunnskapssyn og didaktikk*. Hentet fra <http://www.journals.uio.no/index.php/nordina/article/view/379>
- Ranes, G. (2017). Elever sin bruk av representasjonsformer i fysikk (Masteroppgave).



- Rau, M. A. (2016). Conditions for the effectiveness of multiple visual representations in enhancing stem learning. *Educational Psychology Review* (29), ss. 717-761.
- Rau, M. A., & Matthews, P. G. (2017). How to make "more" better? Principles for effective use of multiple representations to enhance students learning about fractions. *ZDM Mathematics Education*, ss. 531-544.
- REDE. (2016). *Prosjektbeskrivelse - Representasjon og deltakelse i naturfag*. Hentet fra <https://www.uv.uio.no/ils/forskning/prosjekter/rede/rede-prosjbes-offentlig.pdf>
- Rutherford, A. (2016). *En kort historie om alle som noen gang har levd*. Oslo: Bazar - Forlag.
- Rønningstad, K. (2009). Misoppfatninger rundt funksjonsbegrepet (Masteroppgave).
- Sjøberg, S. (2004). *Naturfag som allmenndannelse*. Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Sjøberg, S. (2004). *Naturfag som allmenndannelse - en kritisk fagdidaktikk*. Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Skoleforskning, I. f. (u.d.). *REDE Prosjektbeskrivelse- Representasjon og deltakelse i naturfag (REDE)*. Hentet fra <https://www.uv.uio.no/ils/forskning/prosjekter/rede/>
- Thagaard, T. (2003). *Systematikk og innlevelse*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Tytler, R., Vaughan, P., Hubber, P., & Waldrip, B. (2013). *Constructing representations to learn in science*. Rotterdam: Sense publishers.
- Utdanningsdirektoratet. (2006). *Læreplan i fysikk - programfag i utdanningsprogram for studiespesialisering*. Hentet fra [www.udir.no/kl06/FYS1-01](http://www.udir.no/kl06/FYS1-01)
- Utdanningsdirektoratet. (2006). *Læreplan i matematikk 1T - fellesfag i utdanningsprogram for studiespesialisering*. Hentet fra <https://www.udir.no/kl06/MAT1-04/Hele/Kompetansemaal/kompetansemal-etter-1t-%E2%80%93vg1-studieforebuande-utdanningsprogram>
- [www.snl.no](http://www.snl.no). (2017). Hentet fra [www.snl.no/forståelse](http://www.snl.no/forst%C3%A5else): <https://snl.no/forst%C3%A5else>
- [www.snl.no](http://www.snl.no). (2018). Hentet fra [www.snl.no/hermeneutikk](http://www.snl.no/hermeneutikk): <https://snl.no/hermeneutikk>
- Yin, R. K. (2004). *The Case Study Anthology*. Thousand Oaks: SAGE Publishers.

## Vedlegg

### Vedlegg 1 – Informasjonsskriv og samtykkeskjema

#### **Vil du delta i forskningsprosjektet**

##### **Fysikklæreres bruk av visuelle representasjonsformer?**

Dette er en invitasjon til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å kartlegge fysikklæreres bruk av representasjoner i fysikkundervisning. I dette skrivet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

##### **Formål**

Dette forskningsprosjektet er en del av min mastergrad i fysikkdidaktikk, og vil gjennomføres i løpet av vinteren 2019. Jeg skal undersøke hvordan fysikklærere bruker representasjonsformer for å sikre dybdelæring og forståelse for fysikk.

##### **Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?**

NMBU er ansvarlig for prosjektet.

##### **Hvorfor får du spørsmål om å delta?**

Dere er alle valgt ut på bakgrunn av deres undervisningskompetanse og erfaring i fysikk. Alle fire underviser i fysikk dette skoleåret, eller har undervist i dette faget i løpet av de siste to årene.

##### **Hva innebærer det for deg å delta?**

Å delta i dette prosjektet vil innebære et fokusgruppeintervju sammen med dine kolleger. Det vil ta deg ca 30 minutter. Under fokusgruppeintervjuet vil jeg ta lydopptak og notater.

##### **Det er frivillig å delta**

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykke tilbake uten å oppgi noen grunn. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

##### **Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger**

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket.

Opplysningene i dette prosjektet vil kun være tilgjengelig for følgende personer: mastergradsstudent: Vegard Medhus og veileder: Gerd Johansen

Navn og kontaktopplysningene dine vil jeg erstatte med en kode som lagres på egen navneliste adskilt fra øvrige data.

Skole og deltakere vil bli anonymisert i alle presentasjoner av dette datamaterialet.

##### **Hva skjer med opplysningene dine når vi avslutter forskningsprosjektet?**

Prosjektet skal etter planen avsluttes 20.06.2019, etter denne datoen vil opptak og personopplysninger bli slettet.

## Dine rettigheter

Så lenge du kan identifiseres i datamaterialet, har du rett til:  
innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om deg,  
å få rettet personopplysninger om deg,  
få slettet personopplysninger om deg,  
få utlevert en kopi av dine personopplysninger (dataportabilitet), og  
å sende klage til personvernombudet eller Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger.

## Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra NMBU har NSD – Norsk senter for forskningsdata AS vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

## Hvor kan jeg finne ut mer?

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:  
NMBU ved Gerd Johansen, Førsteamanuensis i fysikk- og naturfagsdidaktikk, telefon: 67231923,  
epost: gerd.johansen@nmbu.no

Vegard Medhus, telefon: 41101382, epost: vegardmedhus@gmail.com

Norsk senter for forskningsdata (NSD) fungerer som personvernombud for prosjekter som gjennomføres av studenter og ansatte ved NMBU og som håndterer persondata. NSD – Norsk senter for forskningsdata AS, på epost (personvernombudet@nsd.no) eller telefon: 55 58 21 17.

Med vennlig hilsen

Prosjektansvarlig

Student

Gerd Johansen

Vegard Medhus

---

## Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet Fysikklæreres bruk av visuelle representasjonsformer, og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å delta i fokusgruppeintervju

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet, ca. 20.06.19

---

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

## Vedlegg 2 – Intervjuguide

### Introduksjon

Hei og velkommen til dette fokusgruppeintervjuet som skal omhandle representasjoner i fysikk. Jeg heter Vegard Medhus og skriver masteroppgave i fysikkdidaktikk ved NMBU. Min hensikt med dette intervjuet er å avdekke læreres tilrettelegging for fysikkforståelse ved bruk av representasjoner.

Samtalen vil bli tatt opp på bånd, men alt vil bli anonymisert slik at hverken lærernavn eller skolenavn vil komme fram.

Jeg kommer ikke til å delta i diskusjonen, men skal i hovedsak lytte og ta notater. Om det blir behov, kommer jeg kanskje til å styre diskusjonen i retning av hovedtema og hindre avsporing.

### Spørsmål

1. Det første vi kan gjøre er å starte med en kort presentasjon hvor alle deltakere forteller litt om seg selv og hvor lenge dere har undervist i fysikk.
2. Hva liker du best med å undervise i fysikk?
3. Hva slags utfordringer har elevene dine med fysikkfaget
4. Hva legger du i det å ha god fysikkforståelse?
5. Hva kjennetegner elever med god fysikkforståelse?
6. Hvordan bruker du ulike representasjoner i fysikkundervisningen? Kan du komme med noen konkrete eksempler?
7. Er det noen av disse som elevene synes er vanskeligere enn andre, i så fall hvilke (og hvorfor)?
8. Hvordan oppfordrer du elevene til å lage figurer, tegne grafer o.l i sin innlæring av faget?
9. Lager/utarbeider elevene egne representasjoner? I så fall, hvordan hjelper/veileder du dem?
10. Hva er vanskelig for elevene i denne prosessen?
11. Hvordan vurderer du elevenes representasjoner/gir tilbakemeldinger på elevenes representasjoner?
12. Hvordan opplever du at elevene takler vekslingen mellom flere representasjoner i fysikkundervisningen?
13. Hvordan synes du dagens læreverk legger til rette for en representasjonsfokuset undervisning?
14. Har du noen avsluttende kommentarer til det vi har diskutert?





**Norges miljø- og biovitenskapelige universitet**  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway