

Bruk av ustrukturerte fysikkoppgaver i undervisning

En kvalitativ studie av elevers problemløsning

Lene Svanevik



Masteroppgave i fysikkdidaktikk
ved Institutt for fysikk og teknologi

UNIVERSITETET I BERGEN

Juni 2021

Sammendrag

Med læreplanreformen betegnet som fagfornyelsen skal det i fysikkundervisningen legges opp til at elevene får drive med utforskning. Dette medfører blant annet at dybdelæring og muntlige ferdigheter blir sentrale satsingsområder i norsk fysikkundervisning. Med bakgrunn i egen tro om at oppgaver vil fortsette å ha en sentral plass i norsk fysikkundervisning, var det derfor ønskelig å undersøke muligheten for å benytte oppgaver i en utforskende undervisningspraksis.

Formålet med denne masteroppgaven er å karakterisere elevenes praksis og dialoger når de holder på med «ustrukturerte fysikkoppgaver», for å kunne gjøre en vurdering av om slike oppgaver kan legge opp til samsvar mellom undervisning og nye læreplaner. Med ustrukturerte fysikkoppgaver menes det oppgaver som ikke har en ledende fremgangsmåte. Dette utdypes senere. Prosjektet er en kvalitativ studie som tar utgangspunkt i analyser av to lydopptak som ble tatt hos elektrolæringer i en bedrift i Vestland og hos en gruppe med privatister som under datainnsamling fulgte faget fysikk 1. Lydopptakene ble gjort mens elevene arbeidet i grupper med *ustrukturerte fysikkoppgaver*, som var relevante for deres fag.

De to transkriberte lydopptakene har blitt analysert i lys av teori om utforskende arbeidsmåter og elevdialoger. Det ble i dette prosjektet satt opp kategorier for *faser av utforskende arbeidsmåte* og for ulike *dialogtyper*. Videre ble det funnet karakteristika for fasene av utforskende arbeidsmåte og for dialogtypene slik de foregikk i de observerte gruppene. Funnene viser at arbeid tilsvarende alle faser av utforskende arbeidsmåte ble observert hos elevene i prosjektet, i tillegg til at *utforskende dialog* ble observert. Parallelt viser funnene at ikke begge gruppene arbeidet i alle fasene, og at også andre dialogtyper forekom i begge grupper. Tilstedeværelsen av alle de utforskende fasene, samt utforskende dialog, kan tyde på at noen av elevene kan ha hatt en praksis som la opp til dybdelæring. Samtidig viser funnene at det ikke er noen garanti for at elever har en praksis som legger opp til dybdelæring, tilstrekkelig utforskende arbeid og utforskende dialoger når de arbeider med slike oppgaver. Dersom hensikten med å inkorporere ustrukturerte fysikkoppgaver i undervisningen er å legge opp til undervisning som er i tråd med læreplanen, tyder funnene i studien derfor på at det kan være behov for hjelp i form av støttestrukturer. I masteroppgaven er det gjort en diskusjon rundt hvordan «helklassegjennomgang» kunne fungert som mulig støttestruktur for større grad av «constructive alignment» – samsvar mellom undervisning og læreplaner – hos de to gruppene som deltok i prosjektet. Med helklassegjennomgang menes det her at elevene skal presentere sine arbeider og metoder, samt stille spørsmål og gi kommentarer til andre grupper, hvorav lærer kan bidra til å rette fokus mot ønskelige, sentrale aspekter.

Takk

Jeg vil først og fremst rette en særskilt takk til min veileder, Professor Stein Dankert Kolstø, for det brennende engasjementet, livligheten og entusiasmen du har hatt som didaktikkforeleser. Du har vært en enestående inspirasjon for læreryrket fra første forelesning. Tusen takk for konstruktive tilbakemeldinger og råd gjennom hele prosessen med denne masteroppgaven. Takk for at du har delt så rikt av din kompetanse og erfaring, og for at du tok deg tid til å veilede meg i dette prosjektet!

En ekstra takk til lærere og elever som valgte å delta i prosjektet og som gjorde masteroppgaven mulig!

Videre vil jeg takke alle mine medstudenter, både kommende lektorer og fysikere, for et fantastisk godt studentmiljø og masse gode minner som jeg vil bære med meg hele livet. Takk for alle samtaler, både nyttige og unyttige. Studenttilværelsen ville ikke vært den samme uten dere!

Takk til Ane for å ha gitt meg ideen som til slutt ble min masteroppgave. Takk til Frida for alle timene vi satt i fysikkundervisningen og ventet på at tiden skulle gå, det har vært en stor motivasjonsfaktor for å gjennomføre dette prosjektet!

Takk til pappa for all tiden du har brukt på å korrekturlese og diskutere med meg i innspurten av denne masteroppgaven. Takk til mamma for oppmuntrende meldinger underveis i prosjektet. Takk til Emilie, Ingrid og Isabel for jevnlig sosiale kvelder som har gitt noen etterlengtede avbrekk fra en hektisk skrivehverdag. Takk til Tarje for at du har fylt selv de kjipeste dagene i dette halvåret med latter og gode klemmer! Takk til alle som gjorde dette mulig.

Takk.

Innholdsfortegnelse

SAMMENDRAG	I
TAKK	III
INNHALDSFORTEGNELSE	V
LISTE OVER FIGURER	VIII
LISTE OVER TABELLER.....	VIII
AVKLARING AV HOVEDBEGREPER	1
Ustrukturerte fysikkoppgaver	1
Helklassegjennomgang	1
Constructive alignment	1
1 INNLEDNING	3
1.1 Bakgrunn og motivasjon.....	3
1.2 Masteroppgavens forskningsspørsmål.....	7
Tilnærming til besvaring av forskningsspørsmål	7
2 TEORETISK RAMMEVERK	9
2.1 Læring og læringsperspektiver	9
Et konstruktivistisk syn på læring.....	9
Et sosiokulturelt syn på læring.....	10
Et læringsyn av Dewey – læring som erfaringer	12
Dybdelæring.....	15
2.2 Problem og problemløsning	16
Polya sine trinn for problemløsning	17
Selvforklaring	19
Produktiv feiling	19
2.3 Utforskende arbeidsmåter	21
Utforskende arbeidsmåte i lys av forskningen til Kolstø.....	23
Utforskende arbeidsmåte i lys av forskningen til Pedaste og kolleger	23
2.4 Elevdialog	25
Dialogtyper i lys av forskningen til Mercer	26
2.5 Støttestrukturer.....	27

3	METODE	31
3.1	Forskningsspørsmål	31
	Ytre begrensninger	31
	Endelig forskningsspørsmål	32
3.2	Valg av tilnærming til forskningsspørsmål	32
	Kvantitativ- og kvalitativ metode	32
	Forskerens for forståelse og valg av kvalitativ tilnærming	33
	Innholdsanalyse	34
3.3	Datainnsamling og utvalg	35
	Datagrunnlag	35
	Statistisk- og ikke-statistisk utvelgelse	35
	Deltakernes bakgrunn	36
	Formulering av oppgaver	36
	Begrensninger ved datainnsamling og datamateriale	37
3.4	Transkribering	37
3.5	Analyse	39
	Kategorier for faser av utforskende arbeid i problemløsning med ustrukturerte fysikkoppgaver	40
	Kategorier for dialogtyper i problemløsning med ustrukturerte fysikkoppgaver	42
3.6	Reliabilitet, validitet og generaliserbarhet	43
	Reliabilitet	43
	Validitet	44
	Generaliserbarhet	45
3.7	Etiske betraktninger	46
4	RESULTATER OG FUNN	49
4.1	Kategorier for faser av utforskende arbeid i problemløsningen	50
	Innhente informasjon	51
	Forkunnskap	52
	Oppgavetolkning	54
	Metodeforslag	57
	Gjennomføring	59
	Metodetesting	61
	Konsistensvurdering	62
4.2	Kategorier for elevdialoger under problemløsningen	64
	Utfasende innspill	65
	Støttende dialog	66
	Konfronterende dialog	68

Utforskende dialog.....	69
5 DISKUSJON	73
5.1 Oppsummering av resultater og funn	74
Faser av utforskende arbeid i problemløsning med ustrukturerte fysikkoppgaver.....	74
Dialogtyper i problemløsning med ustrukturerte fysikkoppgaver	74
Utforskende faser og dialogtyper hos lærlingene.....	75
Utforskende faser og dialogtyper hos privatistene.....	75
5.2 Læring og utfordringer for constructive alignment.....	76
Vurdering av lærlingenes læring og utfordringer for constructive alignment	76
Vurdering av privatistenes læring og utfordringer for constructive alignment	77
5.3 Konsekvenser for undervisning: Hvordan kunne helklassegjennomgang gitt større grad av constructive alignment?	79
Støtte til å gjøre utforskende arbeid.....	79
Støtte til bruk av fagbegreper	80
Støtte til bruk av utforskende dialog	81
Støtte til bruk av selvforklaring	82
Støtte til forbedring av løsning og forståelse	84
Mulighet for dybdelæring og vurderingssituasjoner	85
6 KONKLUSJON.....	87
Avsluttende kommentarer og forslag til videre forskning	87
LITTERATURLISTE	89

Liste over figurer

Figur 1: Illustrasjon av Dewey sin doble refleksjonsbevegelse. Gjengivelse av illustrasjon fra «Læring krever språkliggjort refleksjon» av S. D. Kolstø, 2016, Erfaringsbasert læring, s. 206. Copyright, 2016, Vigmostad & Bjørke.	13
Figur 2: Sammenheng mellom faser i utforskende arbeidsmåte. Gjengivelse av illustrasjon fra Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle, av M. Pedaste et. al, 2015, s. 56.	24
Figur 3: Flytdiagram for analysering av elevenes dialoger.....	65

Liste over tabeller

Tabell 1: Oversikt over kategorier, med definisjoner, for faser av utforskende arbeidsmåte i problemløsning.....	41
Tabell 2: Oversikt over kategorier for elevers dialogtyper, med definisjoner, i problemløsning med ustrukturerte fysikkoppgaver.....	42
Tabell 3: Oversikt over tegn, og forklaring av disse, som ble benyttet i transkripsjon.....	50
Tabell 4: Kategorier for analysering av elevenes arbeid i lys av utforskende arbeidsmåte.....	50
Tabell 5: Kategorier for analysering av elevenes dialoger.	64

Avklaring av hovedbegreper

Ustrukturerte fysikkoppgaver

Til forskjell fra «klassiske lærebokoppgaver» som ofte har en inndeling i flere deloppgaver a , b , c og så videre, mener jeg med «ustrukturerte fysikkoppgaver» at denne «ledende» fremgangsmåten er fjernet. Dersom en strukturert oppgave opprinnelig består av delspørsmål a , b og c , hvor svaret i a vil lede til hvordan b kan løses, og svaret i b leder videre til hvordan c kan løses, vil en «ustrukturert» versjon være å fjerne deloppgave a og b . Da vil elevene selv måtte finne frem til en egnet fremgangsmåte. De ustrukturerte oppgavene som elevene i prosjektet har jobbet med er gitt i vedlegg 2.

For å ta et eksempel var skråplanoppgaven opprinnelig strukturert med tre deloppgaver. I deloppgave a ble de bedt om å finne farten til vognen når den snur, i deloppgave b skulle de finne akselerasjonen til vognen, før de til slutt i deloppgave c skulle finne farten til vognen etter en viss tid. I den ustrukturerte versjonen av oppgaven ble elevene kun bedt om å finne farten til vognen etter 3 sekunder.

Helklassegjennomgang

Med helklassegjennomgang menes det at elevgruppene i etterkant av en problemløsningsøkt skal presentere sine metoder for resten av klassen, hvorav andre grupper skal stille spørsmål og komme med kommentarer underveis eller etter endt «presentasjon». I tillegg menes det at lærer skal være delaktig og sørge for at diskusjonene retter seg mot sentrale aspekter, men uten å ta over gjennomgangen. Lærer kan for eksempel notere ned stikkord fra de ulike metodene på tavlen, slik at han eller hun kan sørge for at alle metoder blir diskutert. Et annet eksempel er at lærer kan sørge for at elevene får lært det som er ønskelig av for eksempel fagbegreper og betingelser for fysikkprinsipper ved å vektlegge at elevene skal ha fokus på dette.

Constructive alignment

Constructive alignment er i masteroppgaven benyttet om *samsvar mellom læringsmål, arbeidsformer og vurderingsformer i undervisningsopplegget*. Definisjonen er hentet fra artikkel til Kolstø, Bjønnes, Klevenberg og Mestad (2019) som viser til læringsforskeren Biggs sin bruk av begrepet.

1 Innledning

I denne delen av oppgaven vil motivasjonen bak valg av tema bli lagt frem, etterfulgt av en presentasjon av masteroppgavens forskningsspørsmål og problemstilling.

1.1 Bakgrunn og motivasjon

Problemløsningsoppgaver har en sentral rolle i store deler av fysikkundervisningen (Hsu, Brewe, Foster & Harper, 2004, s. 1147). Angell et al. (2019) viser til TIMMS (Trends in International Mathematics and Science Study) Advanced gjennomført i 2008 og 2015. Undersøkelsen fra 2008 viser, basert på et spørreskjema gitt til lærere og elever, at det å løse oppgaver og å høre på lærer gjennomgå nytt stoff var dominerende aktiviteter i fysikkundervisningen. I 2015 ble ikke tilsvarende spørreskjema gitt til elevene, men resultatene fra lærerne sine spørreskjema antyder at det å løse oppgaver ble brukt som aktivitet i en stor andel av undervisningstimene (Angell et al., 2019, s. 113-114). I tillegg presenterer Angell et al. (2019, s. 111-112) funn fra undersøkelsen «Fysikkutdanning i Norge» (FUN), som ble basert på et avkrysningskjema om ulike undervisningsmetoder. I denne undersøkelsen kom det frem at individuell oppgaveløsning var en mye brukt aktivitet.

Under egen skolegang fant jeg de klassiske lærebokoppgavene repetitive og kunne stort sett løse dem ved å finne uthevede formler i tilhørende delkapittel, sette inn for oppgitt data og finne den ene ukjente variabel som var, uten egentlig å forstå hvorfor dette fungerte. Dersom svaret var galt i forhold til fasit, fant jeg nye formler til en av dem ga tilsvarende svar som fasit. Det var sjeldent jeg satt meg ned og gikk over hva som hadde blitt gjort, og om jeg fikk til neste oppgave var det ofte fra pugg av formel og ikke nødvendigvis fra forståelse av konseptet som lå bak. Jeg gikk svært fort lei av dette, og følte ikke at jeg fikk noe ut av det. Dette resulterte i mye dødtid i undervisningstimene hvor jeg ikke gjorde noe som helst. Til tross for at jeg fikk gode karakterer i fysikkfagene, resulterte dette elementet med undervisningen at jeg betraktet fagene som lite interessante. Etter å ha hatt ulike undervisningsstillinger hvor jeg har hatt kontakt med elever som jobber med de samme oppgavene som jeg selv arbeidet med, er det tydelig at min egen oppfatning av de klassiske lærebokoppgavene er noe som går igjen hos flere. Med «klassisk lærebokoppgave» menes det en oppgave sammensatt av en kort oppgavetekst, og to eller flere deloppgaver. Videre er det i oppgaveteksten gitt informasjon om verdiene på et par størrelser, som for eksempel startfart, strekning eller massen til et objekt. For å besvare deloppgave a bruker man det man har fått oppgitt og setter dette inn i en eller to formler som man finner i tilhørende kapittel. Deretter tar man størrelsen man fant i deloppgave a , og bruker denne videre i en ny formel, for å finne svar på deloppgave b , og slik fortsetter man til man har kommet

gjennom alle deloppgavene. Når oppgavene er strukturert på denne måten, er min opplevelse at det fort går fra problemløsning til formel-leting. Begrepet *problemløsning* vil bli videre forklart i avsnitt 2.2.

Hsu et al. (2004, s. 1147) påpeker at selv etter de klareste gjennomganger av pensum, vil typisk kun en brøkdel av elevene i en klasse være i stand til å løse oppgaver med ønskelig utbytte. Min tolkning av denne artikkel er at disse gjennomgangene er av begreper og sammenhenger, og ikke gjennomgang av eksempeloppgaver. Ifølge Byun og Lee (2014, s. 906) er elever generelt fascinert av at fysikk kan beskrive naturen, men de påpeker samtidig at mange elever finner fysikk utfordrende å lære seg og at mange kan ha vesentlige vansker med problemløsning av fysikkoppgaver. Byun og Lee (2014) skriver at det er en generell oppfattelse om at elever som gjør mange fysikkoppgaver vil oppnå bedre akademiske resultater og en bedre forståelse for fysikkfaglige konsepter. De presiserer derimot at selv om en elev klarer å løse en oppgave, så er ikke dette ensbetydende med at han eller hun kan anvende kunnskapen videre og løse andre fysikkoppgaver. Min oppfatning av artikkel er at om en elev har kommet seg gjennom én fysikkoppgave, så er det ikke sikkert at han eller hun klarer å løse neste oppgave likevel. Jeg tolker det derfor som at det å gjøre mange oppgaver ikke nødvendigvis vil gjøre elevene gode på problemløsning generelt. I sin studie fant Byun og Lee (2014) at det ikke var noen statistisk sammenheng mellom antall fysikkoppgaver en elev løste og hans eller hennes akademiske resultater eller forståelse for fysikkfaglige konsepter. Det ble videre konkludert at måten oppgavene ble bearbeidet og elevenes læringsstrategier, hadde en større innflytelse på deres suksess i fysikk (Byun & Lee, 2014).

I den overordnede delen av læreplanen understrekes det at skolen skal gi rom for dybdelæring på en slik måte at elevene får utvikle forståelse for viktige konsepter og sentrale sammenhenger i faget, i tillegg til å lære og anvende faglige kunnskaper og ferdigheter i kjente og ukjente kontekster. Et annet poeng er at elevene skal få arbeide med oppgaver og delta i aktiviteter av stadig økende kompleksitet (Kunnskapsdepartementet, 2020b). Videre skal det i skolen legges opp til at elevene skal få tilegne seg kunnskap på selvstendig vis (Kunnskapsdepartementet, 2020d). I den overordnede delen av læreplanen står det at elevene gjennom å formulere spørsmål, søke svar og uttrykke egen forståelse på ulike måter kan lære seg å ta en aktiv rolle i egen læring og utvikling (Kunnskapsdepartementet, 2020d).

I tillegg til konklusjonen om at individuell oppgaveløsning er en mye brukt aktivitet i norsk fysikkundervisning, tyder et annet funn i FUN-undersøkelsen på at elevene opplever at det ikke legges nok vekt på muntlige elevaktiviteter i fysikkundervisningen. Mer spesifikt er det få elever som opplever at problemløsning i grupper, samt diskusjon av begreper og fysikkoppgaver i grupper eller i helklasse, er noe som skjer ofte i undervisningen (Angell et al., 2019). Muntlige ferdigheter er en av fem

grunnleggende ferdigheter som skolen skal legge til rette for at elevene skal få utvikle (Kunnskapsdepartementet, 2020a). Kunnskapsdepartementet (2020a) fremhever at de grunnleggende ferdighetene er en del av den faglige kompetansen, og at de fungerer som verktøy for læring og faglig forståelse. Videre fremheves de som viktige for at elevene skal få utvikle sine identiteter og sosiale relasjoner, og for at de skal kunne delta i utdanning, arbeid og samfunnsliv. Det presiseres også at skolen skal formidle verdien av å håndtere motstand gjennom lyttende dialog; Gjennom å lære og lytte til andre samtidig som de skal argumentere for egne synspunkter, vil elevene få et grunnlag for å kunne håndtere uenigheter og konflikter, og for å arbeide mot felles løsninger (Kunnskapsdepartementet, 2020c).

Med overgangen til nye læreplaner i fysikk, innført fra 2021 med fagfornyelsen, skjer det et skifte i vektleggingen av ulike aktiviteter i norsk fysikkundervisning. Utdanningsdirektoratet (2021) presiserer at lærere skal legge til rette for at elevene får arbeide praktisk og utforskende. En nærmere forklaring av begrepet *utforskende arbeidsmåte* vil bli gitt i avsnitt 2.3. Ved å ta i bruk praktiske og utforskende arbeidsmåter kan man oppmuntre elevene til å samarbeide med andre om å benytte fagbegreper, teorier og modeller (Utdanningsdirektoratet, 2021). Om undervisvurdering i fysikk 1 og fysikk 2 er det presisert at denne skal bidra til å fremme læring og at elevene skal få utvikle sin kompetanse i fysikk. Videre står det at en kan la elevene vise og utvikle egen kompetanse blant annet gjennom å la dem argumentere for metodevalg og reflektere over funn, samt å legge opp til at de skal gjøre kritiske vurderinger av kilder og informasjon. Om sluttvurdering i fagene konkluderer nye læreplaner med at karakterene i fysikk 1 og fysikk 2 skal være basert på kompetansen eleven har vist ved å anvende kunnskaper og ferdigheter i faget til å utforske fysiske fenomener, formidle sammenhenger, argumentere for, og kritisk vurdere, løsninger på ulike faglige problemer, både skriftlig, muntlig og praktisk.

Som snart ferdigutdannet lektorstudent er målet å undervise i fysikk. Min oppfatning er at problemløsningsoppgaver har, og av ulike grunner vil fortsette å ha, en sentral rolle i fysikkfaget. Som fremtidig lærer vil derfor ansvarsområdet kunne inkludere å finne relevante problemløsningsoppgaver som elevene kan arbeide med, samt å legge opp til problemløsningsøktene som gagnar elevene. Med utgangspunkt i at nye læreplaner legger opp til at elevene skal få arbeide mer utforskende, og at de skal få oppnå dybdelæring, var det derfor ønskelig å undersøke mulighetene for at oppgaver kan bli en del av en utforskende undervisningspraksis. Det var i tillegg ønskelig å undersøke hvilke aspekter i problemløsningsøktene som kan være hindringer for dette. I forbindelse med masteroppgaven er det valgt å se på én type problemløsningsoppgave, nemlig «ustrukturerte fysikkoppgaver». Med ustrukturerte fysikkoppgaver menes det oppgaver som ikke har en ledende fremgangsmåte. Med

utgangspunkt i «hindringene» og teori presentert i kapittel 2, vil det i kapittel 5 gjøres en diskusjon rundt hvordan «helklassegjennomgang» kunne lagt opp til enda større grad av samsvar mellom de observerte elevenes problemløsningsøker og innholdet i nye læreplaner. Med helklassegjennomgang menes det her at elevene presenterer sine løsningsmetoder og stiller spørsmål og kommenterer hverandre sine bidrag, men støtte fra lærer.

Angell et al. (2019, s. 383-384) legger frem resultatene fra en spørreundersøkelse gjennomført blant lærere i naturfagene, og dermed også blant landets fysikklærere. I denne undersøkelsen kom det frem at skriftlige prøver var den dominerende sluttvurderingsformen i både fysikk 1 og fysikk 2. Resultatene antyder at lærere kun betrakter elevenes praktiske og muntlige arbeid i timene dersom elevene vipper mellom to karakterer (Angell et al., 2019). Kolstø et al. (2019, s. 175) skriver at ulike arbeidsmåter fremmer ulike kompetanser, og eksemplifiserer dette med at en elev ikke nødvendigvis blir god på å forklare og argumentere ved å høre på lærer forklare og argumentere. Dersom det er ønskelig at elevene skal bli gode på å argumentere må de selv trene på å argumentere (Kolstø et al., 2019). Kolstø et al. (2019) viser til begrepet «constructive alignment» introdusert i arbeidet til Biggs. Om dette skriver de at det er viktig å etterstrebe samsvar mellom læringsmål, arbeidsformer og vurderingsformer, slik at det blir en sammenheng i undervisningsopplegget. Sluttvurdering i fysikk skal som nevnt, fra august 2021, basere seg på elevenes skriftlige, muntlige og praktiske kompetanse til å anvende og utforske fysiske fenomener, samt formidle, argumentere for, og kritisk vurdere, løsninger på fysikkfaglige problemer. Som fremtidig lærer er det ønskelig å kunne legge opp til undervisning og vurdering som er i samsvar med fagets læreplaner. Mitt arbeid med å studere hvorvidt ustrukturerte fysikkoppgaver legger opp til at elevene jobber på en utforskende måte i gruppearbeid, og diskusjonen som gjøres rundt mulig bruk av helklassegjennomgang, kan derfor knyttes til et ønske om å se på muligheten for constructive alignment i fysikkfaget ved overgangen til skolereformen LK20.

1.2 Masteroppgavens forskningsspørsmål

Hensikten med masteroppgaven er å få innblikk i potensialet som ustrukturerte fysikkoppgaver kan ha som element i utforskende undervisning og i undervisning som samsvarer med læreplaner etter fagfornyelsen, da særlig med vekt på elevenes dybdelæring, og muntlige ferdigheter. I den anledning var det ønskelig å sammenlikne og vurdere overensstemmelsen mellom elevs problemløsning med ustrukturerte fysikkoppgaver og eksisterende teori om utforskende arbeidsmåter og elevdialoger. Dette har resultert i følgende forskningsspørsmål:

1. Hva karakteriserer de ulike fasene av utforskende arbeidsmåte og hvordan fremkommer disse i gruppene når de holder på med ustrukturerte fysikkoppgaver?
2. Hva karakteriserer elevenes dialogtyper og hvordan fremkommer disse hos elevene i de observerte gruppene?

Begrepet *dialog* brukes i masteroppgaven om faglige samtaler mellom elevene.

Tilnærming til besvaring av forskningsspørsmål

Opgavens analysearbeid har vært en firedelt prosess:

- 1) Vurdere og tilpasse eksisterende kategorier for utforskende arbeidsmåter til masteroppgavens kategorier, som alle er en fase for utforskende problemløsning.
- 2) Anvende kategoriene for utforskende problemløsning til å analysere datamaterialet og identifisere nyanser i elevenes måter å arbeide på i de ulike kategoriene.
- 3) Vurdere og tilpasse eksisterende kategorier for elevdialoger til masteroppgavens kategorier, som alle er en dialogtype.
- 4) Anvende kategoriene for dialogtyper til å analysere datamaterialet og identifisere nyanser i elevenes dialoger.

For å svare på forskningsspørsmålene ble datamaterialet gjennomgått og sortert etter de oppsatte kategoriene. Masteroppgavens resultatdel, kapittel 4, gir en oversikt over de ulike underkategoriene som ble funnet ved videre analysering. Denne prosessen er forklart i avsnitt 3.5. Hensikten med å studere elevenes problemløsning var å kunne finne ut hvilke styrker og svakheter øktene hadde i forhold til krav om arbeid i de nye læreplanene. For eksempel ble kategoriene brukt til å vurdere hvilke faser som var mindre prioritert i gruppene, og til å vurdere om problemløsningsøktene la opp til praksiser som er forenelig med dybdelæring og tilstrekkelig utforskende arbeid. Å presentere underkategoriene for de ulike kategoriene er ment som et bidrag til å nyansere hva jeg har lagt i de ulike kategoriene, da kategoridefinisjonene er basert på eksisterende teori og vil være avhengig av min

tolkning. I kapittel 5 har jeg fremhevet noen «utfordringer» jeg noterte meg som kunne være mulige hindringer for constructive alignment. I lys av disse hindringene, og med bakgrunn i masteroppgavens teoretiske rammeverk presentert i kapittel 2, er det til slutt gjort en diskusjon rundt hvordan en helklassegjennomgang av oppgavene, etter problemløsningsøktene, muligens kunne sørget for enda mer samsvar mellom de to øktene og innholdet i de nye læreplanene. Det vil i tillegg gjøres en generell diskusjon rundt hvordan lærerne for elevene i dette prosjektet kunne ha benytte helklassegjennomgangene for å ha vurdering som møter kravene til vurdering i LK20.

2 Teoretisk rammeverk

I det påfølgende kapittelet vil jeg presentere aktuell teori som har vært med på å forme prosjektet og masteroppgaven. Teorikapittelet er bygget opp med temaene *læring, problemløsning, utforskende arbeidsmåter, elevdialoger og støttestrukturer*.

2.1 Læring og læringsperspektiver

Forskning viser at det å lære noe i dybden, reflektere rundt egen læring og bruke læringsstrategier fremmer elevenes læring og kan gi dem et grunnlag for å lære gjennom hele livet (Ludvigsen et al., 2014, s. 31). Ludvigsen et al. (2014, s. 32) definerer læring som *en aktivitet der en person tilegner seg ny eller endrer og forsterker eksisterende kunnskap, atferd, ferdigheter, verdier eller preferanser og kan involvere og kombinere ulike typer informasjon*. I dette delkapittelet vil det bli presentert ulike læringsperspektiver, etterfulgt av en gjennomgang av begrepet *dybdelæring*.

Et konstruktivistisk syn på læring

Konstruktivismen bygger opprinnelig på arbeidene til Jean Piaget og Lev Vygotsky (Fosnot, 2013). Fosnot (2013) skriver at kognitiv utvikling og dybdeforståelse står som sentrale mål i konstruktivismen. Innen det konstruktivistiske læringsperspektivet blir kunnskap sett på som noe som aktivt må bygges opp av et tenkende individ, heller enn noe som mottas passivt (Angell et al., 2019, s. 139; Fosnot, 2013). Fosnot (2013) påpeker at læring i et slik syn er en kompleks og ikke-lineær prosess. For at en elev skal kunne etablere kunnskap må han eller hun gjennom en tilpasningsprosess der den individuelle elevens forståelser og ideer om sammenhenger blir testet og justert til det er overensstemmelse mellom dem og elevens erfaringer av verden (Angell et al., 2019). Angell et al. (2019) peker på at det læreren sier i et klasserom eller i andre undervisningssituasjoner i et konstruktivistisk læringsyn blir sett på som lærerens kunnskap, og at dette ikke nødvendigvis direkte blir overført til, eller ender opp som den samme kunnskapen hos elevene. Innen konstruktivismen hevdes det at det er eleven selv som må konstruere sin forståelse i møte med for eksempel lærers undervisning, lærebøker eller praktiske situasjoner (Angell et al., 2019).

Jean Piaget (1896-1980) betraktet ikke seg selv som konstruktivist før senere i livet (Driver, Asoko, Leach, Scott & Mortimer, 1994, s. 6), og det er arbeidene han gjorde 10-15 år før sin død som regnes som grunnlaget for konstruktivismen (Fosnot, 2013). Piaget sin interesse lå ikke spesifikt i læring, men i kognitiv utvikling. Han beskrev individets utvikling i flere stadier, alt fra det grunnleggende, som hvordan å beherske kroppens funksjoner, til det mest avanserte, som å kunne tenke abstrakt og logisk (Säljö, 2013, s. 64). Piaget var hovedsakelig opptatt av to prosesser som han mente menneskers tenkning blir utviklet gjennom (Säljö, 2013), og at disse drives av et behov for ekvilibrium –

overensstemmelse – mellom individets forestillinger og tankemønstre, og dets oppfattelse av omverden. Piaget bruker begrepene *kognitive skjema* og *kognitive strukturer* som en beskrivelse på et individs kunnskap, og hevder at utvikling krever en utvidelse eller modifisering av disse strukturene. Den første prosessen Piaget viser til er blitt kalt *assimilasjon*. Her møter individet inntrykk utenfra som samsvarer med det som det allerede kan fra før, og individet kan ta til seg informasjon og fylle på med egne erfaringer, uten at det skjer noen avgjørende endringer i deres skjema (Säljö, 2013). Dersom individet derimot møter inntrykk som ikke samsvarer med allerede eksisterende kognitive skjema, kan individet måtte gjøre endringer i sine strukturer. Denne prosessen kalles *akkomodasjon* (Angell et al., 2019). Säljö (2013) viser til et eksempel om at barn kan måtte akkomodere sin kunnskap om at alt som slippes faller til bakken, dersom de er vitne til at noen slipper en heliumballong. Assimilasjon og akkomodasjon bidrar til at individet oppnår ekvilibrium – overensstemmelse – mellom egne forestillinger og dets oppfattelse av verden (Säljö, 2013). Med et slikt syn på læring blir altså individuell utvikling sett på som en progressiv tilpassing av elevenes kognitive skjema i møte med verden rundt (Driver et al., 1994). Driver et al. (1994), påpeker at Piaget anerkjente at sosial interaksjon kunne spille inn på et individs individuelle utvikling, eksempelvis gjennom å gjøre flere ulike synspunkter tilgjengelig for elevene. Han anså dog hovedsakelig bruken av språk som noe individet gjør for sin egen del heller enn som bidrag til kommunikasjon i sosiale interaksjoner (Fosnot, 2013).

Mens Piaget studerte behovet for likevekt i læring, studerte Vygotsky dialog. Han var ikke like interessert i det som skjedde på innsiden av individet under læring, men fokuserte heller sin forskning mot rollen som voksne og andre individer har i dialog med dette individet (Fosnot, 2013). Vygotsky sine teorier kan kalles sosialkonstruktivistiske, da han mente at læring er noe som konstrueres i individet gjennom sosiale situasjoner, men det er vanligere å referere til dem som sosiokulturell læringsteori.

Et sosiokulturelt syn på læring

I det sosiokulturelle læringsperspektivet står Lev Vygotskys (1896-1934) arbeid sentralt. Vygotsky holdt bare på med sin forskning over et drøyt tiår, men var usedvanlig produktiv (Säljö, 2013, s. 71). Det meste av arbeidet hans ble ikke oversatt til engelsk, og dette var en av flere årsaker til at det gikk flere tiår før interessen for hans forskning tok seg opp i forskermiljøet, og grunnlaget for det sosiokulturelle læringsperspektivet var lagt (Säljö, 2013). Dette synet på læring bygger på en antakelse om at læring skjer gjennom bruk av språklig kommunikasjon og deltakelse i sosial praksis (Säljö, 2013). Sagt på en annen måte bygger det på en idé om at læring innebærer en vei fra sosial kontekst til individuell forståelse (Angell et al., 2019, s. 143). I Vygotskys teori er *språket* et mål i seg selv. Språk er i hans teorier et kulturelt verktøy som ikke bare kan plukkes opp når det trengs og så legges til side når en er «ferdig» med det, men noe som blir en del av ens mentalitet og som påvirker hvordan en ser verden,

møter problemer og relaterer til andre (Mercer & Littleton, 2007, s. 14). Vygotsky skiller mellom *spontane begreper* og *vitenskapelige begreper*. Spontane begreper er begreper slik de oppstår fra elevenes refleksjoner om hverdagserfaringer, mens de vitenskapelige begrepene er mer formelle (Fosnot, 2013). Med dette ble Vygotskys hovedfokus hva som gjør at elevene kan forflytte seg fra bruk av spontane begreper til vitenskapelig begreper. Utviklingen av de vitenskapelige begrepene er avhengig av at elevene på forhånd har utviklet spontane begreper av et visst nivå (Angell et al., 2019; Fosnot, 2013). De vitenskapelige begrepene må bygge på de spontane begrepene og videreutvikles gjennom mer formelle introduksjoner av konseptene (Fosnot, 2013). Angell et al. (2019) skriver at klasseromsaktiviteter kan gi elevene mulighet til å reflektere over og utvikle individuelle meninger om det som blir kommunisert i aktivitetene. De viser til Vygotskys bruk av begrepet *internalisering* om prosessen hvor eleven blir i stand til å bruke begreper og ideer etter først å ha lært disse i sosiale sammenhenger. Når elevene skal lære vitenskapelige begreper gjennom klasseromsaktiviteter vil elevenes hverdagsforestillinger og spontane begreper kunne fungere som et startpunkt (Angell et al., 2019).

I Vygotskys teorier blir konseptet *den proksimale utviklingssone* presentert. Den proksimale utviklingssonen er blant annet knyttet til samspillet mellom spontane- og vitenskapelige begreper i undervisning (Angell et al., 2019, s. 144). Vygotsky (1978, gjengitt i Mercer & Littleton, 2007, s. 14, min oversettelse, tilpasset klasseromssituasjon) beskriver den proksimale utviklingssone som *avstanden mellom det faktiske nivået av utvikling som eleven kan nå gjennom selvstendig problemløsning, og det potensielle nivået som han eller hun kan nå dersom problemløsningen blir gjennomført med veiledning fra lærer eller i samarbeid med mer kunnskapsrike medelever*. «Sonen» betegner med andre ord den forskjellen som finnes mellom hva eleven kan hanskes med på egenhånd og det han eller hun kan få til under medvirkning av mer kunnskapsrike individer (Angell et al., 2019). En annen forskjell mellom Piagets og Vygotskys teorier ligger altså i hvem som deltar i sosiale situasjoner. Der Piaget fokuserte på at samhandling med likestilte medelever kunne bidra positivt gjennom flere synspunkter, legger Vygotsky vekt på at det også må være individer med mer kompetanse enn den som skal lære, til stedet (Mercer & Littleton, 2007). Et begrep som er brukt i relasjon til nærmeste utviklingssone er stillasbygging (*scaffolding*). Stillas eller støttestillas referer til tiltak som skal hjelpe eleven til å oppnå noe de ikke hadde vært i stand til å få til på egenhånd (Mercer & Littleton, 2007, s. 15). Mercer og Littleton (2007) bruker en byggingsanalogi for å forklare konseptet. For å kunne bygge en bue av murstein er man avhengig av å ha en treramme til å begynne med, men når buen er ferdig vil den kunne stå av seg selv. Med dette peker de på at støttestillas skal være midlertidige. For eleven betyr dette at lærerens og andres kunnskap kun skal gi midlertidig støtte for han eller henne, frem til eleven når et nytt nivå i sin utvikling (Mercer & Littleton, 2007).

Et læringsyn av Dewey – læring som erfaringer

John Dewey, kjent for blant annet uttrykket «Learning by doing», hevdet at det er gjennom refleksjon over erfaringer og uttrykk at en elev vil utvikle sin kunnskap og tenkingsegenskaper (Angell et al., 2019, s. 147). Dewey introduserer i boken «How We Think» begrepet *dobbel refleksjonsbevegelse* om læring basert på erfaringer og observasjoner (Dewey, 1910; Thorsheim, Kolstø & Andresen, 2016). Thorsheim et al. (2016, s. 203) oppsummerer poenget med begrepet med at mennesker har en intuitiv evne til å lære av erfaringer, og at slik læring foregår gjennom to tankeprosesser som henger tett sammen. De to tankeprosessene, eller refleksive bevegelsene, er *induksjon* og *deduksjon*. Ved induksjon går man fra usammenhengende observasjoner til en forklarende idé som samler observasjonene til en mer sammenhengende helhet. I den andre bevegelsen, deduksjon, går man fra den antatte sammenhengen til spesifikke eller nye observasjoner ved at man tar den forklarende idéen og tester den gjennom å sjekke konsekvenser som må være oppfylt dersom ideen stemmer (Dewey, 1910; Thorsheim et al., 2016, s. 204-205). Både induksjon og deduksjon er en naturlig del av Dewey sitt konsept *en komplett tankerekke*, som består av fem grunnleggende bestanddeler av utviklingen av tanker. Konseptet har gitt opphav til blant annet 5E-modellen og Kolbs læringsssyklus, som begge er modeller for en variant av utforskende arbeidsmåter (Kolstø, 2018, s. 157). Kolstø (2018, s. 165) diskuterer i sin artikkel hvordan elever kan oppnå dyp læring gjennom å arbeide seg gjennom alle trinnene i en komplett tankerekke, og dermed også praktisere begge prosessene i den doble refleksjonsbevegelsen. De fem bestanddelene av konseptet (Dewey, 1910, s. 73-79) vil bli presentert nærmere i påfølgende avsnitt.

Det første trinnet er at eleven må oppleve en vanskelighet, enten i form av en uforklarlig observasjon eller som ny informasjon som ikke stemmer overens med elevens allerede eksisterende kunnskap.

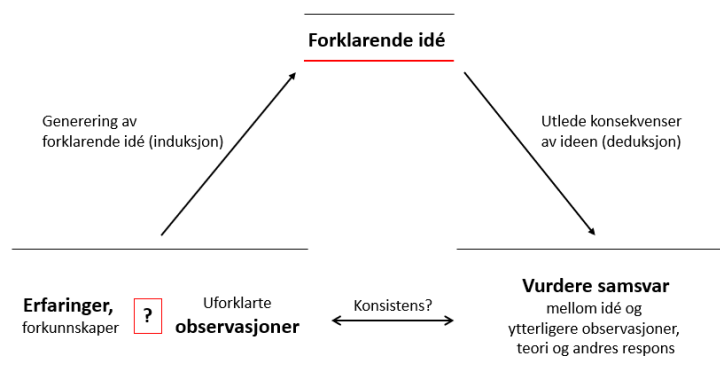
Det andre trinnet går ut på at eleven må gjøre observasjoner, aktivisere forkunnskaper og finne en kontekst å plassere vanskeligheten i. Gjennom å undersøke situasjonen før det utvikles forslag til forklaring kan endelig forklaring bli mer relevante for situasjonen. Dette trinnet vil være med på å sørge for at eleven avventer sine vurderinger av problemet, og det vil dermed forhindre at det trekkes forhastede slutninger. Kort oppsummert går dette trinnet ut på at eleven må skaffe seg en forståelse av hva problemet faktisk er, før han eller hun kan jobbe mot å løse det.

Det tredje trinnet i en komplett tankerekke er at eleven må lage seg et forslag til forklaring på observasjonene. Forslaget vil være sentralt for å komme frem til en konklusjon. Dette trinnet innebærer at elevene må gå fra noe kjent til noe ukjent. Forslagene vil være foreløpige, og kan relateres til ord som *antagelser*, *gjettinger* og *hypoteser*. Det blir fremhevet at flere alternative forslag vil være en viktig faktor for god tenkning, ettersom flere forslag vil være med på å utsette en endelig konklusjon, og dermed gi anledning til å vurdere flere forslag for å finne det beste.

Det fjerde trinnet er *resonnering*, og dette går ut på at det skal utledes mulige konsekvenser av forslaget som ble lagt frem i trinn tre. Resonnering har samme effekt på forslaget til konklusjonen som observasjon har på det opprinnelige problemet, da det vil forhindre aksept av første forslag. Forslag som med første øyekast virker logisk, kan med undersøkelse av deres konsekvenser bli avskrevet som uegnet eller absurd, men selv forslag som ikke blir avskrevet har godt av resonneringsfasen da den kan utvikle ideen til å spisse seg mer inn mot problemet.

Det femte og siste trinnet i en komplett tankerekke er å teste *verifiserbarheten* til forslaget. Resonneringstrinnet viser hvilke konsekvenser som vil følge fra forslaget til forklaring, men denne konklusjonen er foreløpig hypotetisk og må testes gjennom gamle og nye observasjoner. Kolstø (2018, s. 157) utdyper hvordan dette trinnet består av to aspekter; gjøre videre observasjoner, og vurdere hvorvidt disse observasjonene er konsistent med forklaringsforslaget eller tolkningen. Noen ganger vil observasjoner gi bekräftelsen man er ute etter, mens andre ganger må det mer utforskning eller eksperimenter til.

Figur 1 er hentet fra boken *Erfaringsbasert læring* og illustrerer læring gjennom en dobbel refleksjonsbevegelse (Kolstø, 2016b, s. 206). Kolstø (2016b) beskriver prosessen slik: det gjøres observasjoner som er interessevekkende (spørsmålstegnet) ved at de står i kontrast til elevens tidligere erfaringer og kunnskaper (nederst til venstre). Med inspirasjon i tidligere erfaringer og kunnskaper gjøres den første refleksjonsbevegelsen (induksjon) ved at det utvikles en forklarende idé til observasjonene som gjøres. Deretter gjøres den andre refleksjonsbevegelsen (deduksjon) ved at det utledes mulige konsekvenser av den forklarende ideen. I deduksjonstrinnet gjøres det kritiske vurderinger opp mot gamle og nye observasjoner. Dersom det er samsvar mellom ideen og observasjonene vurderes forklaringen som avklart, og dersom det ikke samsvarer må eleven gjennom refleksjonsprosessen på ny.



Figur 1: Illustrasjon av Dewey sin doble refleksjonsbevegelse. Gjengivelse av illustrasjon fra «Læring krever språkliggjort refleksjon» av S. D. Kolstø, 2016, *Erfaringsbasert læring*, s. 206. Copyright, 2016, Vigmostad & Bjørke.

Dewey sin beskrivelse av den doble refleksjonsbevegelsen er tilknyttet læringsprosesser basert på erfaringer, men ofte kan læring foregå i møte med verbalt eller skriftlig fremlagt stoff (Kolstø, 2016b, s. 208). Kolstø (2016b) skriver at det i utviklingen av forståelse er en parallell mellom bruk av observasjoner og bruk av informasjon som utgangspunkt, da både observasjoner og informasjonsutsagn må tolkes. Videre påpeker de at individet som forsøker å utvikle sin forståelse av presentert informasjon, først må gjette seg frem til en tolkning, og deretter teste om den gir mening i lys av ny og gammel informasjon som er tilgjengelig. Dersom informasjonen, tolkningen og forkunnskapene ikke utgjør en konsistent helhet, må leseren forsøke å generere eller teste andre tolkninger (Kolstø, 2016b, s. 209-210).

Dersom det er ønskelig at elevene skal lære seg å se meningsfulle sammenhenger må det ifølge Kolstø (2016b, s. 206) legges til rette for at elevene får erfaringer som stimulerer til undring, etterfulgt av utvikling av forklarende ideer og testing av disse, samt vurderinger av relevante sammenhenger. For at elevene skal kunne gjøre kunnskap til sin egen, på en slik måte at de kan benytte den i videre arbeid og problemløsning, må de få delta i slike refleksjonsprosesser (Kolstø, 2016b).

Kolstø (2016b, s. 213) viser til at Dewey påpeker at tradisjonell undervisning med å introdusere et tema ved å legge frem nytt stoff i form av begreper, definisjoner og prinsipper, er en uheldig undervisningspraksis. Dette blir forklart med at en slik presenterende undervisning vektlegger deduktiv tenking i undervisning og oppgaver, uten at elevene på forhånd har fått mulighet til å bli kjent med observasjoner og fakta som skaper behovet for denne nye informasjonen. Samtidig vil ikke induktive prosesser som observasjoner og å lage forklaringsideer, gi læring alene. Det må derfor bli lagt til rette for supplerende deduktive tankeprosesser og uttestinger (Kolstø, 2016b). Her poengterer Kolstø (2016b) at tilretteleggingen må ta hensyn til at den deduktive prosessen kan forhindres dersom lærer velger å umiddelbart bekrefte elevens ideer, enten ideene kommer fra utforskende arbeid eller som svar på et spørsmål.

Det er i masteroppgaven presentert ulike teorier om læring. Disse er presentert fordi jeg tolker innholdet i læreplanen til å ha elementer fra alle tre. I masteroppgavens diskusjonsdel, kapittel 5, er det gjort en diskusjon rundt bruk av ustrukturerte fysikkoppgaver som en del av en utforskende undervisningspraksis. For å vurdere hvorvidt slike oppgaver la opp til en praksis som er forenelig med dybdelæring er problemløsningsøktene i denne diskusjonen kommentert i lys av en dobbel refleksjonsbevegelse. I denne delen er det i tillegg pekt på noen elementer i problemløsningsøktene som jeg anså som hindringer for constructive alignment. Disse «hindringene» fungerte som utgangspunkt for en diskusjon rundt hvordan bruk av helklassegjennomgang kunne bidratt som en

mulig støttestruktur for de to gruppene som har vært deltakende i prosjektet. Denne diskusjonen er preget av disse læringsperspektivene.

Dybdelæring

Dybdelæring betegner prosessen hvor et individ blir i stand til å ta det som er lært i én situasjon og bruke det i en annen situasjon. Ved dybdelæring utvikler elevene sine ferdigheter og/eller ekspertise om et spesifikt tema (Pellegrino & Hilton, 2012, s. 4). Pellegrino og Hilton (2012) fremhever at sluttproduktet fra dybdelæring er overførbart kunnskap, som både inkluderer innholdskunnskap om et tema, samt kunnskap om hvordan, hvorfor og når denne kunnskapen kan benyttes til å besvare spørsmål og løse problemer. Ludvigsen et al. (2014, s. 35) har en noe mer konkret tilnærming til begrepet. De skriver at dybdelæring er en prosess hvor elevene gradvis utvikler sin begrepsforståelse og forståelse av sammenhenger innenfor et fagområde, samt en forståelse av temaer og problemstillinger som går på tvers av fag- og kunnskapsområder. I tillegg til dette fremhever de at dybdelæring først er oppnådd når elevene kan bruke sine evner til å analysere og løse problemer, samt reflektere over egen læring (Ludvigsen et al., 2014).

I rapporten «Elevenes læring i fremtidens skole» legges det frem syv sentrale forutsetninger for god læring, hvorav seks av dem anses som relevant for denne masteroppgaven. Den første forutsetningen er at elevene må få delta aktivt i og forstå sine egne læringsprosesser. Ludvigsen et al. (2014, s. 33) påpeker at til tross for at elevenes omgivelser og erfaringer har betydning for læring, så må de selv være aktiv og deltakende for å kunne lære. Videre skriver de at eleven selv må forstå fakta, ideer og begreper for å kunne utvikle sin egen kompetanse. Den andre forutsetningen er at elevene må få delta i kommunikasjon og samarbeid. Ludvigsen et al. (2014) skriver at det er gjennom deltakelse i faglige og sosiale aktiviteter at elevene lærer, og de poengterer at elevene gjennom samarbeid og eksperimenterende læringsformer kan bli motivert, aktivert og engasjert. Den tredje forutsetningen de peker på er at det er viktig at elevene får utvikle dybdeforståelse og at de får hjelp til å forstå sammenhenger. Ludvigsen et al. (2014) understreker at det å organisere egne kunnskapsstrukturer, som ofte kan være komplekse, er en sentral funksjon i læring, og at ny kunnskap derfor må kunne plasseres i en sammenheng. I tillegg skriver de at elevene kan oppleve undervisningen som mer meningsfull dersom de får arbeide med problemstillinger og oppgaver som er reelle og virkelighetsnære. Den fjerde forutsetningen er at elevene må få undervisning som er tilpasset deres forkunnskaper og erfaringer. Ludvigsen et al. (2014) påpeker at dersom elevene skal lykkes i å forstå begreper og informasjon i sin rette sammenheng, så må det elevene lærer i undervisningen kunne relateres til det de kan fra før og den måten de ser verden på. Den femte forutsetningen de peker på er at elevene må få utfordringer som gjør at de strekker seg. Om dette skriver Ludvigsen et al. (2014), med utgangspunkt i flere studier, at det å la elevene gradvis få øke sin kompetanse gjennom å få

utfordringer som gjør at de må prestere like over sin kapasitet, vil være avgjørende for deres læring. Den sjette forutsetningen er at både elever og lærere må være orientert mot mål og progresjon. Ludvigsen et al. (2014) viser også her til forskning, og konkluderer med at elever lærer bedre når de forstår hva som skal læres og hva som er forventet av dem, i tillegg til at de får tilbakemeldinger om kvaliteten på arbeidet sitt og råd til videre læring. Videre fremhever de at elevenes læring kan fremmes ved å legge opp til formative vurderingspraksiser der kartlegging og oppfølging av elevenes læringsprogresjon er integrert i opplæringen.

Teori om dybdelæring ble i masteroppgaven benyttet til å vurdere hvordan de to problemløsningsøktene la til rette for læring. I tillegg ble det benyttet til å diskutere lærers mulighet for å ha vurdering som er i tråd med LK20.

2.2 Problem og problemløsning

Som nevnt i innledningen har problemløsningsoppgaver en sentral rolle i store deler av fysikkundervisningen (Hsu et al., 2004). I dette delkapittelet vil det bli gitt en introduksjon av begrepene *problem* og *problemløsning*, etterfulgt av en presentasjon av fire generelle steg i problemløsning slik Polya beskriver det i metoden «How to Solve it». Videre vil det bli gitt en gjennomgang av begrepet *selvforklaring* og dets rolle i problemløsning, før delkapittelet avsluttes med en introduksjon til *produktiv feiling* som undervisningsdesign.

Begrepene *problem* og *problemløsning* kan være vanskelig å få en klar forståelse av. Noe som anses som et problem for én person, vil ikke nødvendigvis bli sett på som å være et problem for en annen. Begrepene har hatt ulike, og til tider motstridende betydninger, og dette gjør det vanskelig å tolke litteraturen (Schoenfeld, 2016, s. 4).

I *Oxford Learner's Dictionary* står følgende to eksempler (min oversettelse) på definisjoner av et *problem*:

1. En ting som er vanskelig å hankses med eller å forstå.
2. Et spørsmål som kan bli besvart ved bruk av logisk tankegang eller matematikk.

Et problem trenger med andre ord ikke bare være knyttet til noe som krever systematisk tankegang eller som kan løses matematisk, men er mer presist den relasjonen som finnes mellom et individ og den hindringen som blir sett på som et problem for akkurat dette individet (Schoenfeld, 1985, s. 74). En utfordring med å definere et *problem* som noe konkret er at problemløsning er relativt, og at en oppgave som krever stor innsats fra noen elever, like gjerne kan være en rutineoppgave for andre elever (Schoenfeld, 1985). Angell et al. (2019, s. 246) forslår følgende definisjon av et *problem*: Om det

er et hinder mellom der du er og dit du skal, og du ikke vet hvordan du skal komme forbi hinderet, da har du et problem. En slik definisjon identifiserer verken hvem som konfronteres med problemet, hvor denne personen starter, hvilket mål han eller hun har, eller hvilken hindring som må overvinnes.

Når det kommer til fysikkoppgaver vil dette være kvantitative eller kvalitative problemer som må løses på en systematisk måte (Angell et al., 2019). Angell et al. (2019) skriver at problemløsning med fysikkoppgaver i prinsippet består av tre komponenter; oppgitt data, metode og resultat. Videre pekes det på at disse tre elementene i lærebokoppgaver ofte er begrenset til oppgaveteksten, formler i tilhørende kapittel og bokens fasitdel. Dette resulterer i at problemløsningen ofte handler om å finne en likning som passer til oppgitt data og som gir resultat som stemmer overens med fasit (Angell et al., 2019).

Om problemløsning skriver Hmelo-Silver, Duncan og Chinn (2007, s. 100) at dette er situasjoner hvor elevene lærer faglig innhold, strategier og selvregulerende læring gjennom å samarbeide om å løse problemer, reflektere over egne erfaringer, og delta i selvregulerende utforskende arbeid. I TIMMS Advanced for 2015 er rammeverket for den fysikkfaglige delen av rapporten inndelt i to dimensjoner; en innholdsdimensjon, som går på de faglige hovedtemaene, og en kognitiv dimensjon. Undersøkelsens kognitive dimensjon baserer seg på tankeprosessene som det blir forventet at elevene skal kunne bruke i møte med fysikkoppgaver (Angell et al., 2019, s. 244; Mullis & Martin, 2014, s. 17). I TIMMS Advanced blir den kognitive dimensjonen delt inn i tre kognitive ferdigheter; *kjennskap, anvendelse og resonnering*. Den første adresserer elevenes evne til å huske, gjenkjenne og beskrive nødvendige fakta, konsepter og prosedyrer. Den andre fokuserer på elevenes evner til å bruke denne kunnskapen til å generere forklaringer og løse problemer. Den tredje går på elevenes evne til å bruke beviser og fysikkfaglig forståelse til å analysere, konstruere og generalisere i ukjente, og ofte komplekse, kontekster. Når elevene skal jobbe med problemløsning bør de altså få utfordringer som stiller krav til flere kognitive ferdigheter. Angell et al. (2019, s. 246) påpeker at det ikke vil være tilstrekkelig å gi oppgaver som kun legger opp til reproduisering og enkel formelinnsetting.

Polya sine trinn for problemløsning

I boken «How to Solve It» introduserer Polya (2014, opprinnelig utgitt i 1945) det han mener er fire sentrale trinn i elevers problemløsning. Disse trinnene er å *forstå, planlegge, gjennomføre* og å *se tilbake på*. I de påfølgende avsnittene vil disse fire trinnene presenteres nærmere.

Det første trinnet går på at det trengs en *forståelse* av problemet. Polya (2014, s. 6-8) lister opp noen relevante spørsmål for dette trinnet; Er alle ordene forståelig, hva er det som er ukjent, hvilke verdier har man fått oppgitt, hva er konteksten? Er informasjon som blir gitt mangelfull? Er den overflødig? Er

det en tilhørende figurtegning eller kan det lages en? Er det oppgitt notasjoner eller må det bestemmes? Kan notasjonene plasseres på en figurtegning? Polya (2014, s. 6) skriver at det vil være uklokt å svare på et problem man ikke forstår, og bedrøvelig å arbeide mot en løsning man ikke nødvendigvis ser poenget med å komme seg frem til. Videre påpeker han at undervisning bør legges opp på en måte som etterstreber å forhindre dette. En måte å sikre dette på kan være å velge problemene elevene skal arbeide med, med omhu. For det første bør problemene ikke være vanskeligere enn at elevene klarer å starte på dem, men heller ikke så lett at de blir fullført umiddelbart. For det andre må problemene fremstå som reelle, virkelighetsnære og interessante for elevene (Polya, 2014).

I det andre trinnet, *planlegge*, må det letes frem eller utledes en sammenheng mellom den ukjente og de oppgitte verdiene for å kunne sette opp en plan for hvordan problemet kan løses. Relevante spørsmål kan være; Virker problemet nytt eller kjent? Har man kjennskap til relaterte problemer eller teorier som kan benyttes til å finne en metode for å løse det pågående problemet? (Polya, 2014, s. 9). Polya (2014) skriver at man har en plan når det finnes formeninger om hvilke kalkulasjoner som må bli foretatt for å finne frem til den ukjente. Videre presiserer han at veien fra forståelse av problemet til å ha en plan for å komme frem til en løsning kan være lang og kompleks (s. 8). Planen kan formes gradvis eller den kan komme plutselig etter en periode med prøving og feiling. Dette trinnet vil være det mest krevende trinnet for elevene, og i hvilken grad det lykkes henger sammen med elevenes kunnskap, tankemønstre, konsentrasjon og hell (Polya, 2014).

Det tredje trinnet, å *gjennomføre* planen, er ifølge Polya (2014, s. 12) betydelig enklere enn å utlede planen. I motsetning til planleggingstrinnet, som krever både kunnskap, gode mentale vaner, konsentrasjon og hell, er det hovedsakelig tålmodighet som kreves for å komme seg forbi gjennomføringstrinnet (Polya, 2014). Den oppsatte planen vil gi en grovskisse som elevene deretter må studere detaljene opp mot. Hvert aspekt av problemet må vurderes og hvert steg i prosessen må kontrolleres for å være sikker på at det ikke er noen potensielle feil som blir oversett (s. 13). Polya (2014) vektlegger betydningen av at elevene får ta del i utarbeidingen av planen. Dette forklarer han med at elever har vanskeligere for å glemme en plan de selv har vært med på å utlede.

Det fjerde og siste trinnet i Polya sin modell for problemløsning er å *se tilbake på* den fullstendige løsningen. Polya (2014, s. 15) skriver at selv de flinkeste elever kan lukke bøkene eller gå videre når de er ferdig med et problem, og at de ved å gjøre dette går glipp av en viktig fase av arbeidet. Ved å gå over den fullførte utregningen og vurdere resultatene og stegene som ledet til det, kan elevene utvide kunnskapen sin og utvikle sine problemløsningsferdigheter (Polya, 2014). Han understreker at det alltid vil være noe mer man kan gjøre med problemet dersom man går dypt nok, enten ved å forbedre

løsningen gjennom å utelukke feil i utregninger eller argumenter som er benyttet, eller ved å styrke egen forståelse av løsningen.

De fire trinnene beskrevet av Polya er benyttet som støtte til utviklingen av kategorier for utforskende arbeidsmåter ved å fungere som bindeledd mellom problemløsning med oppgaver og utforskende arbeidsmåter med forsøk. De er i tillegg benyttet i masteroppgavens diskusjonsdel for å diskutere mulig bruk av «helklassegjennomgang» som støttestruktur i problemløsning med ustrukturerte fysikkoppgaver i gruppene som deltok i prosjektet.

Selvforklaring

Renkl (1997) konkluderer i sin studie med at elevers *selvforklaring* påvirker deres læring og problemløsningsevner. Elever som reflekterer over løsningsmetodene gjennom selvforklaring blir generelt raskt gode på problemløsning (Angell et al., 2019, s. 248). Med selvforklaring menes det at elevene lager seg forslag til forklaringer til ulike aspekter i allerede ferdigoppsatte løsningsforslag eller i selvstendig problemløsning (Angell et al., 2019; Renkl, 1997). Angell et al. (2019) skriver at det er særlig to forhold som elever som er gode på problemløsning reflekterer over. Det første er at de foretar en vurdering av mulige løsningssteg som kan gjøres, og det andre er at de gjør en vurdering av hvilke fysiske prinsipper som kan anvendes. Videre påpeker Renkl (1997, s. 2) at elever som er gode på problemløsning ikke bare relaterer løsningsstegene til fysiske prinsipper hyppigere enn elever som er dårlig på problemløsning, men også i større grad vurderer om betingelsene for de fysiske prinsippene er oppfylt. For å øke elevenes læringsutbytte fra problemløsning er det derfor nødvendig å støtte elevene i å utvikle gode vaner for selvforklaring (Angell et al., 2019; Wittwer & Renkl, 2010, s. 394). Likevel er det her viktig å påpeke at elever ofte kan ha vanskelig for å komme opp med korrekte forklaringer på egenhånd, og at elevenes utvikling av problemløsningsferdigheter kan bli hindret dersom elevene lager seg mangelfulle eller ukorrekte selvforklaringer (Wittwer & Renkl, 2010). Det kan derfor være en idé at elevene får modellert hvordan slik refleksjon skal foregå ved at lærer gjennomgår et problem på tavlen, med vekt på selvforklaring, samt at lærer gir oppfølging som stimulerer til effektiv refleksjon når elevene arbeider (Angell et al., 2019).

Teori om selvforklaring ble i masteroppgaven brukt til å diskutere hvordan helklassegjennomgang kunne vært aktuell som støttestruktur for utvikling av selvforklaring i de to observerte gruppene.

Produktiv feiling

Dersom et problem skal bli gjennomgått på tavlen kan en strategi for å øke elevenes utbytte av gjennomgangen ifølge Kapur (2008, 2015) være å la elevene arbeide med problemet på forhånd, enten alene eller i grupper. Problemet det da skal arbeides med bør ikke være vanskeligere enn at elevene

klarer å starte på det, men samtidig så vanskelig at mange av elevene ikke vil lykkes i å løse det. I forskningslitteraturen er denne strategien referert til som *produktiv feiling* (Kapur, 2008, 2015).

I forskningslitteraturen og undervisningsvitenskapen er strukturering av problemer og problemløsningsøker mye diskutert (Kapur, 2008, s. 379). Med strukturering menes det her alle former for hjelpemidler som skal støtte elevene i problemløsningen. Det inkluderer for eksempel å strukturere oppgavene i seg selv på en slik måte at større oppgaver blir brutt ned i mindre bestanddeler for elevene. Videre inkluderer det støttestrukturer (scaffolding) utenfor selve oppgaveformuleringen, som eksempelvis faktaark, analoge eksempler, ferdige eksempelutregninger som elevene kan benytte, eller hjelp fra mer erfarne individer (Kapur, 2008, 2015). Målet med disse strukturene er at de skal bidra til at elevene skal kunne oppnå noe det er tenkelig at de ikke hadde fått til uten dem. En nærmere presentasjon av støttestrukturer som konsept i undervisning vil bli gitt i avsnitt 2.5. Kapur (2008, s. 380) skriver at det finnes mye empirisk bevis for behovet for støttestrukturer i elevens problemløsning. Med sin forskning fremhever han likevel at det i noen tilfeller kan være produktivt å la elevene streve, eller til og med mislykkes, i møte med problemstillinger som ligger utenfor deres kunnskap- og ferdighetsnivå.

Produktiv feiling er et læringsdesign som gir elevene mulighet til å utforske løsningsmetoder til et problem som inneholder konsepter de ikke har lært ennå, etterfulgt av en kunnskapsbygging hvor de lærer ønskelige konsepter (Kapur, 2015, s. 3-4). Når det her skrives at konseptene ikke er lært enda, er dette tolket, ut ifra artiklene til Kapur (2008, 2015), som at elevene har fått presentert konseptene før problemløsningen, men at de ikke nødvendigvis har bygget opp en forståelse for dem. Ettersom elevene ikke allerede har lært konseptet og blir bedt om å finne løsninger uten noen form for kognitiv- eller faglig støtte, vil majoriteten av elevene ikke komme frem til korrekt løsning på egenhånd. Derimot vil det at elevene har fått mulighet til å bruke sine forkunnskaper til å skape delvis korrekte eller ukorrekte løsninger, kunne gjøre dem mer forberedt på å lære fra gjennomgangen som følger etter problemløsningen (Kapur, 2008, 2015). Angell et al. (2019, s. 249) skriver at dersom lærer gjennomgår problemene etter at elevene har fått mulighet til å arbeide med dem, vil elevene kunne relatere til utfordringer de selv møtte, og at engasjementet i gjennomgangene derfor ofte blir større enn ved gjennomgang av problemer som er nye og ukjente for elevene.

Produktiv feiling som undervisningsdesign inneholder to faser; 1) en genererings- og utforskningsfase og 2) en konsolideringsfase (Kapur, 2015, s. 5). I den første fasen skriver Kapur (2015) at elevene må få skape og utforske bruksområdene og begrensningene til ulike løsningsmetoder, mens de i den andre fasen må få mulighet til å organisere og sette sammen sine løsningsmetoder eller forsøk på løsningsmetoder til mer generelle metoder. Dersom man ønsker å benytte seg av et slikt undervisningsdesign må man først legge opp til trygge samarbeid mellom elevene slik at de får

mulighet til å utdype, kritisere, forklare og evaluere delt arbeid (Kapur, u.å.). Videre skriver Kapur (u.å.) at det må legges opp til gruppepresentasjoner med vekt på elevdeltakelse, hvor elevgruppene må sammenlikne sin løsningsmetode med løsningsmetoder fra andre grupper. Her kan lærer fungere som veileder og styre oppmerksomheten inn på kritiske elementer i konseptene. For at dette skal være vellykket må delingsøktene oppfattes som trygge av elevene, og øktene må vektlegges som muligheter til å forbedre egne løsningsmetoder heller enn et sted hvor deres metoder skal vurderes som rette eller gale (Kapur, u.å.).

Teori om produktiv feiling ble benyttet i masteroppgavens diskusjonsdel til å diskutere helklassesgjennomganger som støttestruktur i de observerte problemløsningsøktene.

2.3 Utforskende arbeidsmåter

Begrepet *utforskende arbeidsmåte* dekker et stort spenn av ulike arbeidsmåter (Knain & Kolstø, 2019, s. 20). Som nevnt i innledningen vil det med overgang til ny læreplan bli et økt fokus på at elevene skal få arbeide utforskende. Det vil i dette delkapittelet bli gitt en introduksjon til begrepet. Delkapittelet avsluttes med en presentasjon av to ulike sett med faser for utforskende arbeidsmåter.

Utforskende arbeidsmåter betegner en undervisningspraksis hvor elevene gjør observasjoner, formuler hypoteser, tester hypotesene med egenutformede metoder, og deretter vurderer resultatene (Angell et al., 2019, s. 198). Angell et al. (2019) skriver at en slik undervisningsform anerkjenner nødvendigheten av at elevene må utvikle interesse og dybdeforståelse, en kritisk og undrende holdning, og kompetanse i vitenskapelig utforskning. I utforskende arbeidsmåte vil elevene gjennom sammenlikning og diskusjon av egne ideer med medelevers ideer og lærers forklaringer kunne utvikle en fysikkfaglig forståelse. Samtidig vil de gjennom refleksjon over prosessen kunne utvikle innsikt i naturvitenskapelig tenke- og arbeidsmåte (Angell et al., 2019).

Gyllenpalm, Wickman og Holmgren (2010, s. 47) skiller mellom tre læringsutfall fra utforskende arbeidsmåter. Det første er kunnskap om hvordan man kan utforske, det andre er kunnskap *om* forskning, og det tredje er kunnskap om det naturvitenskapelige fenomenet som undersøkes. Om det første læringsutfallet skriver Gyllenpalm et al. (2010) at å lære hvordan man gjennomfører utforskning ikke bare inkluderer kunnskap om hvordan å forske, men også hvordan vitenskapelig kunnskap, resonnering og kritisk tenkning henger sammen med dette i prosessen mot å videreutvikle ny kunnskap. Det andre læringsutfallet, kunnskap om forskning, beveger seg utover klasserommet. Hensikten med dette læringsutfallet er at elevene skal få innsikt i hvordan vitenskapelig kunnskap blir utviklet i samfunnet. Gyllenpalm et al. (2010) gir et par eksempler på hva som ligger i dette. Blant annet skriver de at elevene skal få en forståelse av at forskning utledes fra spørsmål eller hypoteser, at svarene på vitenskapelige spørsmål er basert på empirisk data, og at det ikke er én overordnet korrekt

metode i vitenskapen, men at metode er utledet og bestemt ut ifra forskningsspørsmålene. Det siste læringsutfallet referer til at man gjennom utforskning kan oppnå kunnskap om tekstbokforklaringer, modeller eller konsepter (Gyllenpalm et al., 2010).

Utforskende arbeid knyttes ofte til bruk av eksperimenter. Alle eksperimenter inkluderer på en eller annen måte de tre elementene; spørsmål, metode og resultat (Angell et al., 2019, s. 162-163; Gyllenpalm et al., 2010, s. 47-48). Innholdet i disse delene kan være åpen for elevene til å definere på egenhånd, eller de kan være forhåndsbestemt av lærer (Angell et al., 2019; Gyllenpalm et al., 2010). I beskrivelsen av slike forsøk brukes gjerne begrepet *frihetsgrader*. Et forsøk kan ha fra null til tre frihetsgrader. Et forsøk hvor lærer har bestemt forskningsspørsmål, metode og resultat, et såkalt *kokebokforsøk*, har null frihetsgrader, mens et forsøk hvor både forskningsspørsmål, metode og resultat er opp til elevene å definere, har tre frihetsgrader (Angell et al., 2019; Gyllenpalm et al., 2010). Angell et al. (2019, s. 198-199) påpeker at praktisk arbeid i tradisjonell undervisning gjerne foregår som kokebokforsøk hvor elevene skal komme frem til et forhåndsbestemt resultat etter at lærer har gått gjennom relevant teori. De skriver videre at slikt arbeid for en del elever kan resultere i at de fokuserer mye på hva som skal gjøres i stedet for å prøve og forstå den forklarende teorien, såkalt «hands on – mind off». I motsetning til dette skal elevene med utforskende arbeidsmåter få erfare *reell* utforskning, gjennom selv å få utvikle ideer til tolkning, fremgangsmåte og/eller problemstilling. Angell et al. (2019) understreker derfor at eksperimenter og oppgaver som skal brukes i utforskende arbeidsmåter ikke kan legges opp på samme måte som tradisjonelle kokebokforsøk.

Angell et al. (2019, s. 199) viser til artikler og forskning med både kritikk og oppmuntring til bruk av utforskende arbeidsmåter. Deres tolkning av oppsummerende forskningen er at utforskende arbeidsmåter kan gi effektiv læring, og at slik undervisning har størst effekt på elevenes læring når elevene skal utvikle og begrunne forklaringer, presentere og diskutere sine forklaringer, samt at lærer knytter disse opp til forkunnskaper og faglige begreper.

Som nevnt var hensikten med masteroppgaven å undersøke muligheten for samsvar mellom undervisning og nye læreplaner. Utforskende arbeidsmåter har lenge vært en del av fysikkundervisningen, men vil med nye læreplaner få et økt fokus. Teori om utforskende arbeidsmåter har derfor lagt et særlig grunnlag for prosjektet. I påfølgende avsnitt vil de to settene med kategorier for utforskende arbeidsmåter som ble satt sammen til kategorier for masteroppgavens første analyse bli presentert. Prosessen med sammenslåing av dem er beskrevet i avsnitt 3.5.

Utforskende arbeidsmåte i lys av forskningen til Kolstø

I sitt arbeid har Kolstø (2018) slått sammen seks modeller for utforskende arbeidsmåte ved hjelp av en noe modifisert utgave av konseptet en komplett tankerekke, til det han beskriver som seks faser av utforskende arbeidsmåte. Fasene som ble benyttet av Kolstø (2018) var:

1. *Problem* – elevene opplever en vanskelighet.
2. *Innledende observasjoner og eksisterende kunnskap* – elevene gjør observasjoner og finner frem relevant kunnskap for problemet.
3. *Tentative forklaringer* – elevene utvikler foreløpige forklaringer til observasjonene.
4. *Implikasjoner* – elevene utvikler mulige testbare konsekvenser/implikasjoner fra den foreløpige forklaringen.
5. *Testing* – elevene tester konsekvensene i lys av videre innsamling av data og informasjon.
6. *Konsistensvurdering* – elevene vurderer overensstemmelsen mellom forklaringene og den tilgjengelige informasjonen.

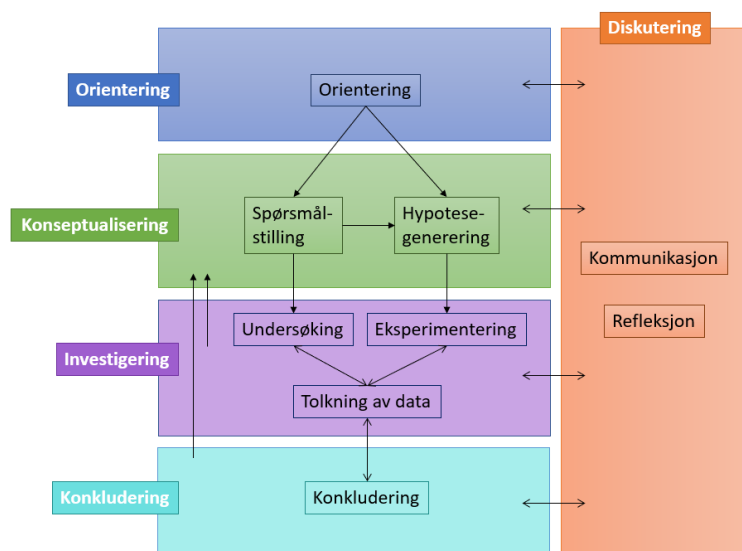
Utforskende arbeidsmåte i lys av forskningen til Pedaste og kolleger

I sitt arbeid har Pedaste et al. (2015) sammenliknet 32 ulike artikler om utforskende arbeidsmåter og utviklet en felles ramme for faser i utforskende arbeidsmåte. De kom frem til fem hovedfaser som generelt er gjennomgående i alle utforskende arbeidsmåter. Under følger en kort beskrivelse av hva Pedaste et al. (2015, s. 54, min oversettelse) legger i de ulike fasene. Sammenhengen mellom de ulike fasene er vist i figur 2, som er en gjengivelse av figur i artikkel til Pedaste et al. (2015). Som figuren viser er det ikke slik at elevene må gjennomgå de ulike fasene i kronologisk rekkefølge.

1. *Orientering* – en prosess hvor elevenes interesse for, og nysgjerrighet om, et emne skal vekkes, og hvor en læringsutfordring blir introdusert i form av en problemstilling enten fra lærer eller at elevene lager sine egne.
2. *Konseptualisering* – en prosess hvor elevene skal utvikle forståelse for konsepter knyttet til problemstillingen. Det skal utformes teoribaserte spørsmål og/eller hypoteser.
 - *Spørsmålstilling* – en prosess hvor elevene skaper forskningsspørsmål basert på problemstillingen.
 - *Hypotesegenerering* – en prosess hvor elevene skaper hypoteser relatert til problemstillingen.
3. *Investigering* – en prosess hvor nysgjerrighet skal omgjøres til handling for å kunne svare på forskningsspørsmålet eller hypotesen. Det planlegges for, og gjennomføres, undersøkelser eller eksperimentering, samt innsamling og analysering av data fra dette arbeidet.

- Undersøking – en prosess hvor elevene produserer systematiske og planlagte data med grunnlag i forskningsspørsmålene.
 - Eksperimentering – en prosess hvor elevene designer og utleder et eksperiment for å teste hypotesen sin.
 - Tolkning av data – en prosess hvor elevene forsøker å finne en mening ut ifra sin innsamlede data.
4. *Konkludering* – en prosess hvor elevene trekker slutninger fra dataen sin, samt sammenlikner sine slutninger med hypoteser eller forskningsspørsmål.
5. *Diskutering* – en prosess hvor det gjennom kommunikasjon med andre presenteres funn fra én enkelt fase eller fra hele prosessen, eller at læringsprosessen kontrolleres gjennom refleksjonsaktiviteter.
- Kommunikasjon – en prosess hvor elevene presenterer det de har funnet i én av fasene, eller gjennom hele prosessen til medelever eller lærer, og gjennom dette samler vurderinger og tilbakemeldinger på sitt arbeid.
 - Refleksjon – en prosess hvor elevene beskriver, kritiserer, evaluerer og diskuterer hele prosessen eller enkeltfaser i den. Dette er en prosess som hovedsakelig foregår i elevens egne tanker.

Pedaste og kolleger fremhever at diskusjon, til tross for at det er en kategori som de har satt opp som en egen fase i sin modell for utforskende arbeid, er en kategori som både kan stå som et eget trinn eller som noe som inngår som en naturlig prosess i alle de fire andre fasene, se figur 2.



Figur 2: Sammenheng mellom faser i utforskende arbeidsmåte. Gjengivelse av illustrasjon fra Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle, av M. Pedaste et. al, 2015, s. 56.

2.4 Elevdialog

Språket oppstår ut ifra menneskets behov for å uttrykke seg (Bakhtin, 1998). Språk er det mest allestedsnærværende, fleksible og kreative av verktøyene som kan brukes for å skaffe en helhetlig mening fra ulike kontekster, og det er det verktøyet som er nærmest knyttet til resonnering og argumentering (Mercer & Littleton, 2007, s. 2). Mercer og Littleton (2007) påpeker derfor at læring og utdanning nødvendigvis krever kunnskap om bruk av språket. Videre hevder de at flere menneskelige aktiviteter involverer en informasjonsutveksling og samarbeid for å løse problemer. Når mennesker samhandler på denne måten skriver Mercer og Littleton (2007) at det ikke bare foregår en interaksjon, men en *tenkningsinteraksjon* ved at det foregår en utveksling av intellekt på en slik måte at det samlet kan bli oppnådd noe større enn summen av delintellektene.

Behovet for språk for individet kan betraktes med følgende utsagn av Vygotsky (1978, gjengitt og oversatt i Säljö, 2013):

Hver funksjon i barnets kulturelle utvikling opptrer to ganger: først på det sosiale nivået, og senere på det individuelle nivået; først mellom mennesker (interpsykologisk) og deretter inni barnet (intrapsykologisk). [...] Alle høyere relasjoner har sin opprinnelse i relasjoner mellom mennesker (s. 74).

En mulig tolkning av Vygotskys teori er at den som skal lære, må delta i relevante sosiale situasjoner for å utvikle sin egen tenkning (Kolstø, 2018, s. 155). Min tolkning av sitatet og teorien til Vygotsky presentert i 2.1 er at elevene, for å kunne utvikle sin egen læring, først må delta i kommunikasjon med andre hvor språket brukes aktivt.

Mercer og Littleton (2007, s. 1) skriver at dialog ofte blir brukt i en vid forstand som omfatter idéutveksling eller forhandlinger mellom flere parter, eller at én enkelt leser forsøker å ta til seg ideene fra en bok. For at den som lytter skal kunne komme med reelle tilbakemeldinger på andres uttalelser, er det nødvendig at han eller hun inntar en aktivt svarende rolle. Lytteren vil da kunne si seg enig eller uenig, utfylle uttalelsen, ta uttalelsen i bruk eller gjøre seg klar til handling på grunn av den (Bakhtin, 1998, s. 9-10). I en dialog vil ord og setninger henge tett sammen med meningen til den som snakker, og individer som deltar i dialogen vil tolke, og snakke, om emnet fra ulike perspektiver, kjent som *flerstemmig dialog* (Kolstø, 2018; Wells & Arauz, 2006). Wells og Arauz (2006, s. 382) understreker derfor at om dialog skal foregå på en tilfredsstillende måte, må deltakerne gjøre aktive forsøk på å forstå hverandres perspektiver.

I masteroppgaven er *dialog* begrenset til å omfatte faglig samtale mellom elever under utforskende problemløsning. Å inkorporere gruppearbeid og dialog i masteroppgaven var et forsøk på å ta hensyn til at muntlige ferdigheter både er en av fem grunnleggende ferdigheter som undervisningen skal legge til rette for, og at vurdering i faget skal ta hensyn til den muntlige kompetansen som eleven viser. I tillegg var det av praktiske hensyn da dette ga meg en mulighet til å studere problemløsningen, da individuell problemløsningen, uten tilgang til arbeidene eller intervju med elevene, hadde vært vanskelig å få innblikk i. I påfølgende avsnitt vil Mercers tre typer for elevdialog, bli presentert. Disse er benyttet som tre av fire av masteroppgavens kategorier for analyse av elevenes dialoger. Dette er beskrevet nærmere i avsnitt 3.5.

Dialogtyper i lys av forskningen til Mercer

Mercer skiller mellom tre ulike typer elevdialoger (Kolstø, 2016b, s. 116-117; Mercer, 1996; Mercer & Littleton, 2007). Disse er *støttende dialog*, *konfronterende dialog* og *utforskende dialog*.

I *støttende elevdialog* bygger elevene videre på hverandres utsagn, uten å vurdere hverandres innspill kritisk. I slik dialog konstrueres det gradvis en felles kunnskap ved at deltagerne samler sammen det de kan. Denne kategorien kjennetegnes av gjentakelser, bekreftelser og utdyping, og interaksjonstypen bygger på solidaritet og tillit. Det deles ideer og informasjon, og det nås en felles konklusjon, men det er lite konstruktiv konflikt og elevene utfordrer ikke hverandres forslag, noe som fort kan resultere i at elevene ikke ser poenget i å forsvare sine meninger eller begrunne sine forslag.

Konfronterende dialog kjennetegnes av uenigheter og individuelle avgjørelser, og det er gjennomgående få forsøk på å bruke hverandres kunnskap, gi hverandre konstruktiv kritikk eller komme med videre forslag til andres ideer. I en slik type samtale kommer elevene gjerne med korte og mer konfronterende påstander, slik som «Jo, det er sånn» eller «Nei, det er ikke sånn», heller enn gjentakelser og utdypinger av andres forslag som man finner igjen i støttende samtaler. Elever som holder en konfronterende dialog, vil i større grad ha et konkurranserettet fokus; informasjon vises frem, men ikke med mål om å deles, motstridende meninger blir motarbeidet og ikke tatt hensyn til, og elevene jobber generelt i forsvarsmodus.

I *utforskende dialog* er elevene kritisk til hverandres ideer og kommer med konstruktive tilbakemeldinger. Påstander og forslag legges frem for felles diskusjon, men ulikt fra i konfronterende dialog blir disse påstandene og forslagene møtt med kritiske holdninger eller begrunnede motforslag. For å forhindre at slik dialog går over til konfronterende dialog må elevene først og fremst ønske å oppdage og utvikle nye og bedre ideer (Kolstø, 2016a). Kategorien kjennetegnes av en kombinasjon av utfordringer og forespørsler om avklaring, med svar som tilbyr forklaring og begrunnelser. Utforskende

dialog er avhengig av at elevene følger visse grunnregler for diskusjon. Kolstø (2016a, s. 117) benytter følgende oversettelse av Mercer sine grunnregler for utforskende elevdialog:

- Vi deler ideer vi får og hører på hverandre.
- Vi snakker en om gangen.
- Vi respekterer hverandres meninger.
- Vi forklarer og begrunner ideene våre.
- Når vi er uenige, spør vi «hvorfors?».
- Vi forsøker å bli enige til slutt.

Mercer selv fremhever utforskende dialog som særlig effektiv for læring (Mercer, 1996; Mercer & Littleton, 2007). Kolstø (2016a) påpeker at effekten av opplæring i utforskende samtale er undersøkt av flere forskere, og at det er funnet at dette fremmer læring og resonneringsferdigheter som forbindes med utviklende tenking.

2.5 Støttestrukturer

Utforskende arbeid innebærer at elevene til en viss grad må få frihet til å utforske og utforme arbeidet til sitt eget (Knain, Bjønnes & Kolstø, 2019, s. 70). Der noen faglig sterke elever kan være redd for at utforskende arbeid ikke gagnar deres læringsutbytte i positiv retning, vil det kunne være faglig svake elever, som mangler motivasjon for skolearbeid, som får økt glede, innsats og læringsutbytte (Angell et al., 2019; Knain & Kolstø, 2019). Det er med andre ord flere vurderinger som må gjøres dersom utforskende arbeid skal inkorporeres i undervisningen. Hmelo-Silver et al. (2007) hevder at bruk av støttestrukturer (scaffolding) utgjør et hovedskille mellom utforskende arbeid, og problemløsning, som fungerer og som ikke fungerer. Støttestrukturer er støtte som lærere tilbyr elever for å hjelpe dem gjennom en oppgave. Støttestrukturene kan være forslag og hint, men det kan også være fysiske hjelpemidler (Collins, Brown & Newman, 1987, s. 19; Hmelo-Silver et al., 2007, s. 101). Som vist ved bruk av det originale begrepet «scaffolding» er støttestrukturer her brukt om de samme begrepene som under Vygotsky ble oversatt til stillasbygging og støttestillaser. I masteroppgaven er det besluttet å bruke begrepet *støttestrukturer* da jeg anser dette som et mer dekkende begrep.

Hmelo-Silver et al. (2007, s. 100) viser til noen fordeler som bruk av støttestrukturer fører med seg. For det første gir det elevene mulighet til å delta i komplekse oppgaver som uten støttestrukturer hadde vært utenfor deres evner, ved at en støttestruktur kan være å dele opp store og sammensatte oppgaver til flere og mindre deloppgaver som er tilgjengelig for elevene i deres proksimale utviklingszone. For det andre opplever elever som får veiledning og hint, uten eksplisitt å bli gitt løsningen, å få bedre problemløsningsferdigheter. Et viktig element i dette er å gi elevene støttestrukturer som legger opp til at elevene får en forståelse for hvordan en oppgave kan løses, i

tillegg til at de får innblikk i begrunnelsen for bruk av løsningsmetoden (Hmelo-Silver et al., 2007). Et tredje poeng som Hmelo-Silver et al. (2007) uthever er at støttestrukturer ikke bare kan veilede elevene gjennom komplekse oppgaver, men også rette deres fokus mot sentrale aspekter i arbeidet. Dette kan være viktigheten av å utvikle og vurdere motforslag, utvikle forklaringer og reflektere over prosessen (s. 101). Brukt riktig kan altså støttestrukturer i problemløsning og utforskende arbeidsmåte resultere i at elevene engasjerer seg i forsøk på å finne helhetlige meninger med komplekse oppgaver. I tillegg til at de kan bli oppmuntret til å utvikle egen tenking- og refleksjonsevner (Hmelo-Silver et al., 2007). Det vil i påfølgende avsnitt bli gitt en kort beskrivelse av et par mulige støttestrukturer for utforskende arbeid.

Den viktigste faglige støtten en lærer kan tilrettelegge for under utforskende arbeid er utforskende samtale mellom elevene (Angell et al., 2019, s. 209). Angell et al. (2019) begrunner dette med forskningen til Mercer og Littleton (2007), som viste at utforskende samtaler der deltakerne deler forslag, etterspør begrunnelser, lytter til hverandre og arbeider sammen for å finne løsninger, fremmer læring. Videre skriver Angell et al. (2019) at elever som har faglige spørsmål som de har strevet med under utforskningen, kan få økt utbytte av samtaler med lærer i ettertid, og at en effektiv måte å legge opp til dette er å ha delingsøkter hvor elevene deler sine forslag eller løsninger med klassen i etterkant av øktene. Angell et al. (2019) skriver at dette vil være særlig viktig for å få med elever fra alle faglige nivåer. Dette stemmer overens med funnene fra forskning om produktiv feiling (Kapur, 2008, 2015). Under slike delingsøkter kan lærer notere stikkord fra forslagene på tavlen, slik at ulike forklaringer kan vurderes, sammenliknes og diskuteres, og at lærer får anledning til å gi tilbakemeldinger og informasjon som hele klassen kan ha nytte av (Angell et al., 2019).

I tillegg bør elevene få oppgaver og støttestrukturer som utvikler deres ideer og innsikt i prosedyrekunnskap og fagets tenke- og arbeidsmåter (Angell et al., 2019, s. 210). I utforskende arbeid peker Angell et al. (2019) på at støttestrukturer for dette kan være å samle inn forslag til for eksempel forskningsspørsmål og deretter gjennomgå dem i fellesskap med vekt på hva som kjennetegner gode forskningsspørsmål, gi maler for planlegging av utforskningen, eller å gi tydelige vurderingskriterier knyttet til produktet for utforskningen. Dersom det er ønskelig at elevene skal fokusere på utvikling av kunnskap heller enn et enkelt sluttprodukt, er det nødvendig at de får underveisvurderinger som legger opp til dette, som en integrert del av læringsprosessen (Marshall, Horton & Smart, 2009, s. 505).

Dersom elevene ikke er vant til å arbeide med lengre utforskende arbeid kan det legges opp støttestrukturer som strukturerer arbeidsprosessen. Dette kan være for eksempel maler for planlegging og gjennomføring, milepæler, krav til loggføring og godkjenning av delprodukter (Angell et al., 2019). Videre skriver Angell et al. (2019) at mange elever vil forsøke å redusere graden av

kompleksitet i oppgaven det jobbes med ved å senke ambisjonene eller ved direkte avskrift av ferdige metoder og svar. For å hjelpe elevene til å få mer oversikt over arbeidet kan man tilby gjennomgang av sentrale begreper innledningsvis til arbeidet, skissere en prosjektplan, utlevere nødvendig informasjon, gi ideer til hypoteser, metoder og fremstillinger, samt støtte til tolkning av resultater. Dersom målet er å utvikle elevenes autonomi og medbestemmelse må derimot slik støtte begrenses (Angell et al., 2019).

Knain et al. (2019, s. 70-72) tar for seg begrepene *punktstyring* og *rammestyring*. Punktstyring knytter de til tradisjonell lærerstyrt undervisning hvor lærer styrer innhold og fremdrift gjennom å gi elevene dedikerte småoppgaver. Dette kan for eksempel være å lytte til introduksjon av nye begreper og løsningsmetoder, løse oppgaver relatert til kapittelet, delta i gruppe- og helklassesamtaler, eller å gjøre forsøk. I klasserom med utforskende arbeid blir denne punktstyringen gjerne erstattet av rammestyring (Knain et al., 2019). I undervisning med rammestyring settes det rammer for arbeidet i form av tidsfrister og krav til underveis- og sluttprodukter. Det benyttes også støttestrukturer for å sørge for at elevene kommer seg fra start til slutt.

Da det i klasserom med utforskende arbeid legges opp til bruk av støttestrukturer for at elevene skal komme seg fra start til slutt, er en del av masteroppgavens diskusjonsdel knyttet til bruk av støttestrukturer i problemløsning. Teorien i dette delkapittelet la grunnlaget for diskusjonen om bruk av helklassegjennomgang som mulig støttestruktur i de to observerte øktene.

3 Metode

I dette kapittelet blir det gitt en utdypelse av prosessen bak utformingen av forskningsspørsmålene, samt en begrunnelse for valg av en kvalitativ tilnærming. I tillegg blir det gitt en presentasjon av grunnlaget for datainnsamlingen og utvalget i prosjektet. Videre blir det gitt en beskrivelse av transkripsjonsprosessen, analyseprosessen og utviklingen av kategorier. Etter dette vil validiteten, reliabiliteten og generaliserbarheten til masteroppgavens analyse og resultater blir presentert. Kapittelet avsluttes med en diskusjon rundt etiske betraktninger som ble gjort i prosjektet.

3.1 Forskningsspørsmål

Grønmo (2016, s. 74) skriver at en problemstilling alltid vil involvere et eller flere spørsmål, enten i form av rene spørsmål, temaformuleringer eller påstander. Dette betyr likevel ikke at alle spørsmål kan betraktes som problemstillinger (Grønmo, 2016). For at et spørsmål skal kunne betraktes som en problemstilling må det ifølge Grønmo (2016) oppfylle tre kriterier. For det første må det rette søkelys mot interessante og vesentlige forhold i samfunnet, for det andre må det åpne for nye studier av de vektlagte samfunnsforholdene, og for det tredje må det bidra til at den samlede forskningen om gitte samfunnsforhold kan bli videreført på en meningsfylt måte (Grønmo, 2016).

Ytre begrensninger

Innledningsvis var hensikten med prosjektet å se på *hvordan problemløsningsoppgaver i fysikk kan endres* for å gjøre dem til en integrert del av utforskende arbeidsmetode i klasserommet. Denne tanken ble vurdert som for kompleks for god datainnsamling gitt tidsrammen for prosjektet og de begrensningene som smittesituasjonen og stengte skoler brakte med seg. En slik problemstilling hadde krevd uttesting av flere ulike metoder hos et variert utvalg elever, helst i sammenheng med intervju av lærer og elever, og dette var ikke mulig å gjennomføre i praksis. Det opprinnelige forskningsspørsmålet ble dermed lagt til side. Det ble i stedet arbeidet med noen spesifikke endringer for klassiske fysikkoppgaver som det var ønskelig å teste ut hos elevgrupper. Endringene gikk ut på å fjerne noe informasjon fra oppgavene, samt støttestrukturen som ledende delspørsmål gir elevene. Resulterende problemløsningsoppgaver blir betegnet som *ustrukturerte fysikkoppgaver* i masteroppgaven. Også med endelig forskningsspørsmål hadde det vært ønskelig å ha intervju med elevene for å få innblikk i deres faglige bakgrunn og tanker om slike oppgaver, i tillegg til intervju med lærerne for å kunne diskutere hva de syntes om bruk av slike oppgaver. Da dette ikke var mulig å gjennomføre ble disse aspektene utelatt fra masteroppgaven.

Endelig forskningsspørsmål

Forskingsspørsmålene ble presentert innledningsvis i masteroppgaven, men vil her bli repetert. Som nevnt er begrepet *dialog* i masteroppgaven begrenset til å være elever sine faglig relevante samtaler under utforskende problemløsning.

1. Hva karakteriserer de ulike fasene av utforskende arbeidsmåte og hvordan fremkommer disse i gruppene når de holder på med ustrukturerte fysikkoppgaver?
2. Hva karakteriserer elevenes dialogtyper og hvordan fremkommer disse hos elevene i de observerte gruppene?

Foreløpige og endelige forskningsspørsmål har vært med på å legge grunnlaget for valg av tilnærming, datamateriale og videre analysing. Endelig forskningsspørsmål knyttet til å studere fasene av utforskende arbeid og elevdialogtypene under problemløsning med ustrukturerte fysikkoppgaver ble formulert i samarbeid med veileder. Målet med disse forskningsspørsmålene er å, basert på et empirisk grunnlag, kunne vurdere om slike oppgaver kan fungere som en del av en utforskende undervisningspraksis, med vekt på dybdelæring og muntlige ferdigheter. I tillegg var det ønskelig å kunne studere eventuelle uoverensstemmelser mellom øktene slik de foregikk og arbeid slik nye læreplaner legger opp til at arbeid skal foregå.

I lys av Grønmo (2016) sine kriterier for problemstillinger retter masteroppgaven seg mot et nåtidsaktuelt forhold i samfunnet ettersom de nye læreplanene fremmer krav om utvikling av muntlige ferdigheter og utforskende arbeid i undervisningen. I tillegg legger forskningsspørsmålene opp til en liten studie av ett mulig aspekt innen arbeidet med å gjøre elevers problemløsning mer utforskende. Det vil derfor være gunstig med en større studie av enda flere elevers arbeid med ustrukturerte fysikkoppgaver, i tillegg til flere studier av andre mulige endringer rettet mot å gjøre problemløsning til utforskende problemløsning.

3.2 Valg av tilnærming til forskningsspørsmål

Kvantitativ- og kvalitativ metode

I forskning som foregår i samfunnet, og herunder skolen, benyttes samfunnsvitenskapelig metoder (Christoffersen & Johannessen, 2012, s. 16). I samfunnsvitenskapelig metode skiller det mellom to ulike hovedtyper av forskningsmetoder; kvantitativ og kvalitativ (Grønmo, 2016; Patton, 2002). Patton (2002, s. 13) skriver at hvorvidt man skal gå for kvalitativ eller kvantitativ metode er avhengig av hva man ønsker å finne svar på. Til tross for at forskningsmetodene er ulike, er ikke metodene gjensidig ekskluderende, da de har ulike styrker som kan utfylle hverandre (Patton, 2002). Grønmo (2016)

avklarer at til tross for bruk av begrepet *metode* i samfunnsforskningen, referer begrepsparet kvalitativ/kvantitativ i første omgang til egenskaper ved *datamaterialet* som samles inn og analyseres. Dersom datamaterialet kan uttrykkes i form av tall og mengder, kan dataen karakteriseres som kvantitativ, og den karakteriseres som kvalitativ dersom det ikke kan det (Grønmo, 2016). Der en kvantitativ tilnærming gjør det mulig å undersøke et stort antall individer og trekke generaliserte slutninger fra datamaterialet, vil en kvalitativ tilnærming i stedet gi mulighet til å undersøke et emne i dybden, men da uten at funnene fra datamaterialet er statistisk generaliserbare. Kvantitativ- og kvalitativ metode brukes derfor ofte i en kombinasjon (Hoy, 2010; Patton, 2002).

I et kvantitativt forskningsdesign benyttes det tilfeldige utvalg som er representative for en populasjon. Designet kjennetegnes av hypotesetesting med vekt på variabelkontroll og systematikk, og målinger og statistikk vil være sentrale elementer (Hoy, 2010, s. 2). Hoy (2010) skriver at målet med en slik metode er å kunne fremstille empiri med matematiske modeller. Forskere bak et prosjekt med kvalitativt forskningsdesign vil i motsetning til dette være opptatt av å skaffe seg dybdeinnsikt i menneskelig oppførsel (Patton, 2002). Menneskers valg og væremåte vil være preget av konteksten de er i. Patton (1985, gjengitt i Merriam, 1998, min oversettelse) forklarer det slik:

[Kvalitativ forskning] er å legge en innsats i å forstå situasjoner som en del av en bestemt kontekst og deres interaksjoner der. Denne forståelsen er et sluttpunkt i seg selv, slik at forskningen ikke nødvendigvis forsøker å forutsi hva som kanskje kan skje i fremtiden, men heller å forstå situasjonen akkurat slik den er ... og å kunne overføre dette til andre som er interessert i akkurat disse omgivelsene på en troverdig måte (s. 6).

Ettersom kvalitativ forskning fokuserer på prosess, mening og forståelse, vil produktet fra en slik studie være rike beskrivelser (Merriam, 1998, s. 8). Videre skriver Merriam (1998) at resultatene i slike studier derfor forekommer som ord og bilder, i stedet for tall og statistikk som i kvantitativ forskning.

Forskerens forforståelse og valg av kvalitativ tilnærming

I kvalitativ forskning er forskeren sitt eget forskningsinstrument (Merriam, 1998, s. 20; Patton, 2002, s. 14). Dette vil si at det er forskeren selv som fungerer som instrument for innsamling og analysing av data (Merriam, 1998). Merriam (1998) påpeker at selv om dette kan ha sine fordeler, er det også en begrensning i at instrumentet er menneskelig. Det kan for eksempel gjøres feil, man kan gå glipp av muligheter for datainnsamling eller personlige oppfattelser som forskeren sitter med kan forstyrre forskningen. Som forsker i et kvalitativt forskningsstudie er det derfor viktig at man er bevisst på sin egen forforståelse som man tar med seg inn i analyseringen og tolkningen av datamaterialet (Nilssen, 2012, s. 61). Forforståelsen består av det teoretiske rammeverket for studien, i tillegg til forskerens erfaringer, verdier, kunnskaper, forskningsfilosofier og holdninger. Denne forforståelsen er et

nødvendig utgangspunkt, da det gir forskeren noen startideer om retningen for undersøkelsene (s. 68). Som forsker må man likevel være forberedt på muligheten for at studien gir datamateriale som ikke nødvendigvis stemmer overens med den forforståelsen man sitter med. Et kvalitativt forskningsdesign bør derfor ideelt sett være fleksibelt og respondere til endringer i prosessen (Merriam, 1998, s. 8). Gadamer (2001, gjengitt i Nilssen, 2012, s. 70) bruker det greske begrepet «atopon», om noe som faller utenfor vår forforståelse og som dermed får oss til å undre, bli nysgjerrig og stille spørsmål. I møtet med noe uforklarlig konfronteres forskeren med utilstrekkeligheten av sin egen forforståelse, og forskeren må gi datamaterialet mulighet til å komme til ordet og presentere seg selv. Som forsker kan man altså ikke kontrollere materialet, men man må snarere anse forskningen som et samspill mellom forskeren og datamaterialet i en pågående kunnskapsprosess som er i stadig utvikling (Nilssen, 2012, s. 69, 72).

I lys av ønsket om fullstendig transparens i masteroppgaven vil jeg her legge til en kommentar om min oppfatning av skolens rolle i utdanning som er relevant for prosjektet. Jeg har en generell tanke om at skolen bør legge opp til at elevene bør få være aktive i egen læring og at det å forstå sammenhenger i faget bør ha en naturlig plass i undervisningen. For å hindre at jeg gjennom åpen koding satte opp kategorier som kunne støtte at elevene hadde fruktbart utforskende arbeid på falskt grunnlag ble masteroppgavens kategorier satt opp basert på teori, og datamaterialet ble analysert i lys av disse kategoriene, og ikke omvendt. Dette synet kan likevel ha påvirket hvordan jeg har arbeidet. Samtidig er dette ikke nye tanker i utdanningsvitenskapen, og de er ikke helt uten teoretiske grunnlag.

I min studie ble det benyttet en kvalitativ tilnærming for å studere problemløsningsøktene. Grunnet samfunnssituasjonen med Covid-19 har datainnsamlingen vært offer for både nedstenging av skoler og antallsbegrensinger i klasserommene. Ideelt sett ville det ha blitt benyttet deltakende observasjon, lydopptak og intervju. Det vil være begrenset hvor mye man kan få ut av hva noen sier, og Patton (2002, s. 21) peker på at direkte deltagelse og observasjon muligens er den beste forskningsmetoden. Slik samfunnssituasjonen har vært, var derimot lydopptak eneste mulighet. Beslutning om en kvalitativ tilnærming henger sammen med forskningsspørsmålet for prosjektet. En kvalitativ tilnærming gir mulighet for en grundig gjennomgang av elevsamtalene som er tatt opp i forbindelse med prosjektet. Det vil da være anledning for å analysere lydopptak og transkripsjoner flere ganger med ulike innfallsvinkler, og dermed få et bedre innblikk i ulike aspekter som foreligger ved bruk av endringene.

Innholdsanalyse

Hsieh og Shannon (2005, s. 1277, min oversettelse) skiller mellom tre distinkte tilnærminger til forskningen innen kvalitative metoder; *konvensjonell*-, *direkte*- eller *summativ innholdsanalyse*. I masteroppgavens analyse har det blitt benyttet eksisterende teori om utforskende arbeidsmåte og

dialogtyper til å utvikle egne kategorier. Dette referer Hsieh og Shannon (2005, s. 1281) til som direkte innholdsanalyse. Målet med en slik tilnærming er å verifisere eller utvide et teoretisk rammeverk eller en teori. Den eksisterende teorien kan bidra til å spisse forskningsspørsmålet eller den kan være med på å bestemme retningen for utvikling av koder. En styrke ved direkte innholdsanalyse er at allerede eksisterende teori kan styrkes og videreutvikles. På den andre siden vil bruk av eksisterende teori sette begrensninger for hvor objektivt det er mulig å tilnærme seg datamaterialet som skal analyseres ettersom forskeren kan ha en større sjanse for å lete etter, og finne, beviser i materialet som støtter, heller enn svekker, en teori (Hsieh & Shannon, 2005, s. 1283). Som bidrag til utvikling av teori er prosjektet i masteroppgaven lagt opp til å se på muligheten for å utvide teori om utforskende arbeidsmåter til å gjelde også for problemløsning med ustrukturerte fysikkoppgaver. Det presiseres at prosjektet er en innledende studie og som videre forklart i avsnitt 3.6 forsøker det ikke å generalisere funnene og bekrefte slik bruk av teorien, men snarere å undersøke om teorien er tilstrekkelig for de to kontekstene som undersøkes i masteroppgaven.

Av hensyn til transparens er oppgavens teoretiske rammeverk presentert i kapittel 2. Utvikling av kategorier fra teori er forklart i avsnitt 3.5.

3.3 Datainnsamling og utvalg

Datagrunnlag

Datamaterialet som legger grunnlaget for masteroppgaven består av én skoletime med lydopptak fra gruppearbeid hos en lærlingebedrift og én time med lydopptak fra en gruppe på en privatistskole som jobbet med oppgavene utenfor standard undervisningstid, samt lydopptak fra én undervisningstime på privatistskolen hvor noen elever gikk gjennom sine løsninger i plenum med lærer til stedet. Privatistene arbeidet med oppgavene utenfor standard undervisningstid da skolen kjører et intensivprogram med gjennomgang av hele fagpensumet på svært kort tid. Det var derfor ikke rom for å bruke en av undervisningstimene deres, i tillegg til undervisningstimen som ble brukt på gjennomgang, på at elevene skulle løse oppgavene.

Statistisk- og ikke-statistisk utvelgelse

Patton (2002, s. 244) skriver at det ikke er noen bestemte regler for størrelsen på et utvalg i kvalitativ forskning, men at dette avhenger av hva det er ønskelig å finne ut av, hensikten med forskningen, risikoer og nytteverdi, ønsket troverdighet, samt tilgjengelig tid og ressurser. Gitt det samme tidsrommet kan en forsker studere en begrenset mengde egenskaper eller erfaringer fra et stort antall individer, og fra dette få en breddeforståelse av et fenomen, eller studere færre individer med en mer åpen holdning til funn, og dermed søke og oppnå dybdeforståelse av disse individene (Patton, 2002). Med tidsaspektet tatt i betraktning, og at det var ønskelig å se på flere aspekter ved

problemløsningsøktene, ble det besluttet at oppgaveløsning fra to grupper var tilstrekkelig for masteroppgavens formål.

Merriam (1998) skriver at det er to grunnleggende metoder for å bestemme seg for utvalg til kvalitative studier; statistisk- og ikke-statistisk utvelgelse. Valg av deltagere til prosjektet i masteroppgaven minner om det Patton (2002, s. 243, min oversettelse) referer til som formålsrettet utvalg. Denne inngår som det Merriam (1998) kaller ikke-statistisk utvelgelse, og er ifølge han den mest egnede varianten av ikke-statistisk utvelgelse (s. 61). En slik tilnærming skiller seg fra det Patton (2002, min oversettelse) referer til som tilfeldig sannsynlighetsutvelgelse, som går inn under kategorien statistisk utvelgelse. I sistnevnte vil størrelsen og fordelingen på utvalget gi innsikt i forskningfunnenes generaliserbarhet (Merriam, 1998; Patton, 2002). Studien av et mindre antall individer kan være vel så interessant, men noe mer komplisert å forholde seg til om man ønsker å generalisere studiens funn (Patton, 2002, s. 245). Ved formålsrettet utvalg blir utvalget bestemt etter strategiske og gjennomtenkte beslutninger med mål om å finne relevante informasjonsrike situasjoner som kan si noe om det forskeren ønsker å forstå og få innsikt om (Merriam, 1998; Patton, 2002). Ut ifra masteroppgavens forskningsspørsmål ble det søkt etter utvalg som kunne gjennomføre økter hvor det skulle arbeides med ustrukturerte oppgaver som krevde fysikkfaglige kunnskaper eller utregninger. Det var ingen krav om at utvalget måtte bestå av elever fra programfagene fysikk 1 eller fysikk 2 på studiespesialiserende program. Gruppene som ble valgt ut til prosjektet i masteroppgaven ble valgt både på grunn av tilgjengelighet og deres tilknytning til fysikkfaglige opplæringssituasjoner.

Deltakernes bakgrunn

Opptakene fra lærlingebedriften er gjort i slutten av 2020 mens lærlingene jobbet med en oppgave som var relevant for deres tid som elektrolærlinger. Opptakene fra privatistiskolen ble gjort tidlig i 2021 mens de løste, og gikk gjennom, omskrevde oppgaver fra lærebok i fysikk 1. Lærlingene har gjennomgått to år med videregående elektroopplæring, med unntak av én elev som hadde realfaglig bakgrunn fra studiespesialiserende program. Bedriften tar i utgangspunktet inn elever med gode karakterer i elektro, yrkesfaglig matematikk og gym. Det var blant lærlingene som jobbet med oppgaven til stedet en elev som hadde noe lavere karakterer, men da gruppen ble delt i to og jeg kun hadde tilgang til lydopptak uten navn er det uvisst om denne eleven var i gruppen jeg har benyttet lydopptak fra. Privatistene skulle gå opp til eksamen i fysikk 1, men det er ukjent om disse hadde hatt faget tidligere og tok det opp for å forbedre karakteren eller om de tok faget for første gang.

Formulering av oppgaver

Hos bedriften var det lærer som sto for oppgaven lærlingene skulle jobbe med, og han var selv til stedet under problemløsningsøkten. Oppgaven lærlingene jobbet med ble gitt med en figur. Oppgaven var relevant for deres praksis, men det var en stund siden lærlingene hadde jobbet med relevant pensum.

Det ble ikke gitt noe krav om annet arbeid enn at de skulle jobbe med oppgaven som ble gitt. Hos privatistene sto jeg for oppgavene som ble gitt ut. Disse oppgavene tok utgangspunkt i oppgaver fra pensumboken skolen benyttet. I tillegg til å fjerne strukturering fra oppgaven ble konteksten for oppgavene noe endret for at elevene ikke skulle kunne gjenkjenne dem umiddelbart. Eksempelvis ble det i den ene oppgaven endret fra et fly som kjørte mot en tordensky til et tog som kjørte mot en vegg. I disse oppgavene ble det ikke gitt noen figurer. Lærer var ikke til stedet i denne økten, da den foregikk utenfor standard undervisningstid. Ulikt fra lærlingene fikk privatistene beskjed om at de i neste time skulle presentere sine løsningsmetoder. Oppgavene som ble gitt til elevene er gitt i vedlegg 2.

Begrensninger ved datainnsamling og datamateriale

All datainnsamling har foregått etter godkjenning fra NSD (Norsk senter for forskningsdata), og alle deltakere har gitt samtykke til bruk av anonymiserte transkripsjoner av lydopptak i ferdig masteroppgave. Grunnet situasjonen med Covid-19, og for å begrense smittefaren, er datamaterialet samlet inn av lærerne og elevene selv, hvorav jeg gav oppfølging og veiledning underveis. Det var altså ingen «forsker» til stedet da opptakene ble gjort, men det kan tenkes at lydopptaker og vissheten om at noen skulle høre på samtalene deres kan ha påvirket situasjonen. Videre var lærer ved privatisteskolen mer deltakende under felles gjennomgang enn opprinnelig ønsket. Dette kommer av at privatisteskolen ikke har obligatorisk oppmøte, og under pandemien har et tilbud til sine elever om å sitte hjemme og følge undervisningen over sanntidsvideo. For å sørge for at også elevene hjemme fikk med seg det som foregikk i undervisningen måtte lærer derfor gjenta elevinnspillene som kom frem i klasserommet. Denne delen av datainnsamlingen ble derfor utelatt fra masteroppgavens analyse, men ble transkribert og studert for å se om det var noen klare fordeler og ulemper ved å bruke tid på felles gjennomgang etter oppgaveløsningsøktene.

3.4 Transkribering

Transkripsjonsprosessen er en fortolkningsprosess hvor tale og dialog skal omgjøres til skriftlige tekster (Kvale & Brinkmann, 2009, s. 204). Nilssen (2012, s. 47) fremhever noen viktige grunner til hvorfor en forsker bør transkribere sitt eget datamateriale, og peker på at det utenom tidsaspektet ikke er noen fordeler med å la andre gjøre transkripsjonene for en. For det første er det en viktig del av analyseprosessen, og gjennom lytting til materialet kan forskeren få tanker som kan komme godt med i analyseringen, samt at man underveis kan få ideer til koding av materialet. Videre vil det å transkribere selv resultere i at man blir bedre kjent med materialet enn dersom man kun får presentert en ferdig transkripsjon (Nilssen, 2012). Jeg har selv transkribert alle lydopptak som er gjort i forbindelse med denne oppgaven. Alle transkripsjonene ble gjort etter samme mal, og hadde samme «regler» for transkribering og for bruk av tegn og markeringer, noe som Kvale og Brinkmann (2009, s. 207) påpeker som viktig.

Ferdigtranskribert datamateriale baserte seg på i overkant av to timer med lydopptak, og dette resulterte i totalt 36 sider og 15832 ord. Transkripsjonen foregikk i to trinn for å sikre korrekte gjengivelser av sitater. Lydopptakene ble innledningsvis gjennomgått og alt som ble sagt på lydopptakene ble skrevet ned. Det ble deretter lyttet til lydopptakene parallelt med at de transkriberte tekstene ble lest for å oppdage feil eller fylle inn for mangler eller spesielle tonefall i transkripsjonene. I forkant av transkripsjon var tema og foreløpige forskningsspørsmål klare, men det ble gjort endringer i disse underveis som transkripsjonene ble gjennomført. Parallelt med transkripsjon av lydopptakene ble utviklingen av kategorier for analysering påbegynt.

Kvale og Brinkmann (2009) påpeker at forskjeller mellom talespråk og skrevne tekster kan gi både prinsipielle og praktiske problemer. Videre skriver de at oversettelse fra talespråk til skriftspråk krever at det gjøres en rekke valg og beslutninger underveis. Blant annet må det avgjøres om hvorvidt man ønsker å formulere det skriftlige dokumentet som en mest mulig korrekt gjentakelse av det muntlige språket, eller om man ønsker å transformere det til en mer skriftlig form. Under transkripsjon av lydopptakene ble det klart at det muntlige språket mellom elevene i mye større grad var preget av ufullstendig setningsoppbygging enn det som det er naturlig å bruke i skriftlige tekster. Blant annet var det flere steder hvor elevene begynte på en setning, men stoppet opp underveis og startet på en ny setning i stedet. For å unngå å risikere å miste viktige aspekter i datamaterialet, som var relevante for masteroppgaven, ble det derfor besluttet at transkripsjonene skulle uttrykke så mye som mulig av de muntlige trekkene fra lydopptakene. Dette resulterte i at for eksempel pauseord som «mhmm» og «eh» ble notert.

For å sikre anonymiteten til forskningsdeltakerne er alle transkripsjoner skrevet på bokmål, og deltakerne er markert med J for jenter eller G for gutter, i tillegg til en nummerering. I en samtale med tre jenter er det for eksempel benyttet J1, J2 og J3. I opptak hvor lærer har vært til stedet i samtalen er dette markert med L. Det ble hos lærlingene noen ganger kun brukt G uten nummerering, da det ikke var mulig å høre hvilken av guttene som snakket. For å skille mellom når gruppen snakker i fellesskap eller når det var tydelig at gruppen hadde delt seg i mindre grupper og hadde separerte samtaler ble dette markert. Der samtalen er delt er det benyttet «parallelsamtale 1» og «parallelsamtale 2». På denne måten var det mulig å se et klart skille mellom hvilke utsagn som hørte til hvilken samtale, også bare ved å lese transkripsjonene.

Til tross for at det under transkripsjonsprosessen ble gjort forsøk på å fremheve ulike tonefall, eksempelvis ved å (kommentere i parentes) om noe ble sagt på en undrende eller spørrende måte eller ved å markere direkte opplesinger av tekst i *kursiv*, vil ikke transkripsjonene inneholde den samme mengden informasjon som de originale lydklippene. Det ville vært en umulig oppgave å gi en fullstendig gjengivelse av tonefall i alle deler av alle lydklipp, og kun muntlige trekk som har vært særlig

tydelige er inkludert i ferdig transkripsjon. Det var likevel et gjennomgående mål at transkripsjonene skulle bli en så god gjengivelse av lydopptakene, og at analysen skulle gi et så riktig bilde av problemløsningsøktene, som mulig. Lydopptakene ble ytterligere hørt gjennom en tredje gang sammen med transkripsjonene før det endelige analysearbeidet ble påbegynt.

En fullstendig oversikt over tegn som ble benyttet i transkripsjonene er gitt i tabell 3.

3.5 Analyse

Analysen av datamaterialet ble gjennomført i to runder. Den innledende analyseringen undersøkte problemløsningsøktene på bakgrunn av teori om *faser av utforskende arbeidsmåter* (Dewey, 1910; Kolstø, 2018; Pedaste et al., 2015), mens den andre analyseringen undersøkte elevenes problemløsning i henhold til teori om *elevdialoger* (Mercer, 1996; Mercer & Littleton, 2007).

Kategorisering av datamaterialet er en sentral aktivitet i den kvalitative analyseprosessen (Nilssen, 2012, s. 78). Det første steget i prosessen er ifølge Patton (2002, s. 463) å utvikle et klassifiseringssystem eller et kodeskjema. Videre skriver han at identifisering, koding, kategorisering, klassifisering og navnsetting av data er en metode for å unngå kaos og forvirring, og som fungerer som et verktøy for å fange essensen i datamaterialet. I forbindelse med masteroppgaven ble det utviklet syv kategorier til oppgavens første analyse, og fire kategorier til oppgavens andre analyse. En *kategori* defineres som en samling eller klasse av fenomener med bestemte felles egenskaper (Grønmo, 2016, s. 268).

Patton (2002, s. 465) påpeker at det er to kriterier for kategorier som må være oppfylt. Det første kriteriet er at det må være intern homogenitet, og det andre er at det må være ekstern heterogenitet. Med intern homogenitet menes det at data som plasseres i samme kategori må ha en meningsfull og naturlig sammenheng, mens ekstern heterogenitet viser til at de ulike kategoriene må ha klare og tydelige forskjeller mellom seg. Videre presiserer han at kategorisystemet må være tilstrekkelig for hele datamaterialet før det kan bli ansett som komplett. Med andre ord må alle utsagn kunne bli plassert i en av de oppsatte kategoriene (Patton, 2002, s. 466). Kategoridiagrammene for masteroppgaven er basert på teori, og det er min oppfatning at krav om intern homogenitet i kategoriene er tilfredsstillende. Ekstern heterogenitet ble bekreftet gjennom praktisk analyse av data.

De syv fasene som er brukt som kategorier for utforskende arbeid ble utviklet med utgangspunkt i faser for utforskende arbeidsmåte presentert av Pedaste et al. (2015) og Kolstø (2018). Disse er presentert i kapittel 2.3. I tillegg ble Dewey (1910) sin forklaring av en komplett tankerekke, se avsnitt 2.1, benyttet. I den andre runden av analysen ble sekvenser fra gruppearbeidene undersøkt ytterligere,

denne gangen med vekt på dialog i lys av arbeidet til Mercer (Mercer, 1996; Mercer & Littleton, 2007), presentert i avsnitt 2.4.

Hver av de to analysene resulterte i flere gjennomganger av datamaterialet. I første runde ble sekvenser som passet til beskrivelsene av kategoriene markert med koder for de oppsatte kategoriene. Kodene besto av enkle bokstavkombinasjoner som var lett å finne igjen ved senere gjennomganger. Deretter ble datamaterialet gjennomgått igjen for hver av de individuelle kategoriene, og ved sekvensene som var markert med koden for den aktuelle kategorien som ble analysert ble det notert ned noen beskrivende ord som oppsummerte innholdet i sekvensen. Eksempler på beskrivelsene som ble notert ned er «kritiske spørsmål uten motforslag» og «kritiske spørsmål med motforslag». Datamaterialet ble så gjennomgått ytterligere en gang hvor de ulike beskrivelsene ble vurdert og sortert i underkategorier for den aktuelle kategorien. Eksempler på resulterende underkategorier for de ulike kategoriene er presentert i kapittel 4. En beskrivelse av kategoriene og utviklingen av dem vil bli gitt i påfølgende avsnitt.

Kategorier for faser av utforskende arbeid i problemløsning med ustrukturerte fysikkoppgaver

I utvikling av kategorier for analysering av utforskende arbeid i elevenes problemløsning ble det tatt utgangspunkt i teori om utforskende arbeid (Kolstø, 2018; Pedaste et al., 2015). Hensikten med denne delen av analysen var å få et innblikk i hvordan elevene jobber i forhold til de ulike fasene av utforskende arbeidsmåte når de holder på med ustrukturerte fysikkoppgaver. Det ble utledet generelle faser for utforskende arbeid, som ble videre modifisert slik at de passet til problemløsning med oppgaver. Fra artikkelen til Pedaste et al. (2015) ble *konseptualisering*, *investigering* og *konkludering* vurdert som relevante for masteroppgavens første analyse. *Orientering* ble utelatt som kategori ettersom dette ble ansett som å være arbeid som foregår i forkant av økten. Videre ble også *diskutering* utelatt fra første analyse, da det ble bestemt at analyse av elevenes dialoger skulle foregå i en egen runde.

Kategoriene for den første analysen startet med en bearbeiding av fasene presentert av Pedaste et al. (2015). Fra fasen *konseptualisering* ble Pedaste et al. (2015) sin underkategori *spørsmålsstilling* omskrevet til masteroppgavens kategori «*Oppgavetolkning*», denne var også inspirert av Polya (2014) sin vektlegging av at elevene må ha en *forståelse* av problemet før de kan løse det. Tilsvarende ble underkategorien *hypotesegenerering* og *planleggingsaspektet* av fasen *investigering* fra Pedaste et al. (2015) slått sammen til masteroppgavens kategori «*Metodeforslag*», som også tar hensyn til Polya (2014) sin vektlegging av *planlegging*. Fra de to gjenværende delene av fasen *investigering* ble «*Gjennomføring*» videreført som kategori for masteroppgaven, denne er videre overlappende med Polya (2014) sitt tredje trinn av problemløsning. Den andre delen, *innsamling og analysering av data*,

ble notert ned for senere bearbeiding som kategori. Pedaste et al. (2015) sin fase *konkludering* ble opprinnelig satt opp som de to kategoriene *tentative svar* og *endelige svar*, og ble forsøkt slått sammen med siste del av *investigering* som analysering av foreløpige og endelige svar. Ved påbegynt analysering av datamaterialet ble dette fort oppklart som utilstrekkelig. Det ble gjort pendlinger mellom teori og empiri i et forsøk på å finne relevante kategorier for de resterende delene av materialet. Det ble til slutt bestemt at kategoriene skulle utvikles og defineres med fullt utgangspunkt i teori og testet mot empirien heller enn delvis utviklet fra empirien. Utviklingen av kategorier har således vært en teoretisk tankeprosess. For videre nyansering av kategoriene ble arbeidet til Kolstø (2018), basert på blant annet konseptet en komplett tankerekke av Dewey, benyttet. Fra arbeidet til Kolstø (2018) ble den oppsatte fasen *innledende observasjoner og eksisterende kunnskap* delt opp og videreført som to kategorier i masteroppgaven. Den første av dem, *innledende observasjoner*, ble ansett som overlappende med den allerede oppsatte kategorien «*Oppgavetolkning*». Den andre delen, *eksisterende kunnskap*, som var definert som å finne frem relevant kunnskap for problemet, ble til de to kategoriene «*Innhente informasjon*» og «*Forkunnskap*». De to fasene *testing* og «*Konsistensvurdering*» (Kolstø, 2018) erstattet den foreløpige kategorien *konkludering* hentet fra (Pedaste et al., 2015), parallelt med at *testing* ble spisset inn som «*Metodetesting*». Disse kategoriene var i tillegg i samsvar med Polya (2014) sitt fjerde og siste trinn; *se tilbake på*. Endelige kategorier, med beskrivelser, er listet opp i tabell 1.

Tabell 1: Oversikt over kategorier, med definisjoner, for faser av utforskende arbeidsmåte i problemløsning.

Kategorier	Betydning
<i>Innhente informasjon</i>	Elevene leter frem, leser eller formulerer med egne ord, informasjon fra andre kilder, og vurderer dens relevans som verktøy for pågående problemløsning.
<i>Forkunnskap</i>	Elevene gjør forsøk på å huske eller knytte kunnskap og erfaringer de allerede besitter til pågående problemløsning.
<i>Oppgavetolkning</i>	Elevene gjør forsøk på å utvikle egen forståelse for oppgavekonseptet.
<i>Metodeforslag</i>	Elevene kommer med forslag eller spørsmål til hvordan oppgaven kan løses eller forenkles slik at den er på elevenes nivå eller formler blir tilgjengelig.
<i>Gjennomføring</i>	Elevene bruker metoden for å finne testbare resultater.
<i>Metodetesting</i>	Elevene tester metode ved ny gjennomgang og vurdering av trinn i gjennomført metode.
<i>Konsistensvurdering</i>	Elevene vurderer overensstemmelsen mellom resultatene og oppgavetekst, erfaringer, andre kilder, med mer.

Kategorier for dialogtyper i problemløsning med ustrukturerte fysikkoppgaver

Kategoriene for analysen av elevenes dialogtyper under problemløsningen følger Mercer sine tre kategorier for elevdialoger; «*Støttende-*», «*Konfronterende-*» og «*Utforskende dialog*» (Mercer, 1996; Mercer & Littleton, 2007). Hensikten med denne delen av analysen var å få et innblikk i kvaliteten på elevenes problemløsning og for å kunne se hvordan elevenes dialoger stilte seg i forhold til utforskende arbeid. Mercer sine tre kategorier, til tross for at han selv presiserer at disse ikke er ment til å forenkle noe så kompleks som dialog, ble derfor ansett som tilstrekkelig for en analysering av hovedaspektene ved samtalene. Det presiseres at det i denne masteroppgaven ikke er gjort finanalyse av alle elementene i samtalene, men at det ble gjort vurderinger av hovedtrekkene i dialogene hvor elevene diskuterte samme emnet underveis i problemløsningen. Ved analysering av datamaterialet ble det lagt til en kategori «*Utfasende innspill*» da det flere ganger ble observert at elever kom med innspill som ikke ble videre fulgt opp av noen i gruppen og som dermed ikke passet inn i en av de tre dialogtypene. Endelige kategorier, med beskrivelser, er listet opp i tabell 2. De ulike kategoriene ble i tillegg sortert i et flytdiagram for lettere å kunne fange essensen i dialogene og plassere dem under de ulike kategoriene. Flytdiagram er illustrert i figur 3.

Tabell 2: Oversikt over kategorier for elevers dialogtyper, med definisjoner, i problemløsning med ustrukturerte fysikkoppgaver.

Kategorier	Betydning
<i>Utfasende innspill</i>	Utsagn som ikke blir videre forfulgt av noen i gruppen.
<i>Støttende dialog</i>	Elevene er bekreftende til andres utsagn og bygger videre på første forslag, uten noen kritiske innvendinger til forslaget.
<i>Konfronterende dialog</i>	Uenigheter innad i gruppen, og stadig gjentakelse av eget synspunkt uten forsøk på å engasjere seg i andres forslag.
<i>Utforskende dialog</i>	Det blir lagt frem påstander til felles diskusjon, og elevene er kritiske og konstruktive til hverandres innspill. Forslag blir utfordret og begrunnet.

3.6 Reliabilitet, validitet og generaliserbarhet

Datamaterialet som samles inn til et samfunnsvitenskapelig forskningsprosjekt kan anses som et produkt, og som alle andre produkter kan datamateriale ha ulik kvalitet (Grønmo, 2016, s. 237). Grønmo (2016) skriver at et datamateriale som har høy kvalitet for én problemstilling, ikke nødvendigvis er av høy kvalitet for en annen problemstilling. Et eksempel på dette er at det kan bli samlet inn data som er svært godt egnet til å *beskrive* et fenomen, men at det samme datamaterialet ikke nødvendigvis er egnet til å besvare en problemstilling om å forklare *årsaken* til fenomenet.

I masteroppgaven var det ønskelig å studere elevenes problemløsning og dialoger når de holdt på med ustrukturerte fysikkoppgaver. Forskningsspørsmålene var derfor rettet mot å skulle beskrive problemløsningsøktene slik de foregikk i lærings situasjoner med slik oppgaver i gruppearbeid. Det ble derfor etterstrebet at prosjektet skulle samle inn data fra autentiske gruppearbeid. De ustrukturerte fysikkoppgavene som elevene ble bedt om å løse var basert på oppgaver tilknyttet fagene som elevene tok for å tilrettelegge for en naturlig opplærings situasjon. Videre var det tenkelig at tilstedeværelsen av lydopptaker kunne påvirke elevenes deltakelse og innsats, og dermed skape en kunstig lærings situasjon. Det var dog ingen som kommenterte lydopptakerens tilstedeværelse, og det ble gjort en vurdering av at nytteverdien til lydopptakeren derfor overgikk eventuelle påvirkninger denne kunne ha.

Reliabilitet

En studie sin reliabilitet går på hvor pålitelig datamaterialet er. En generell definisjon av en studies reliabilitet går på graden av samsvar mellom de ulike datainnsamlingene dersom det med samme undersøkelsesopplegg hadde blitt samlet inn data om et fenomen flere ganger (Grønmo, 2016, s. 242). Kort oppsummert er reliabiliteten til en studie avhengig av reproduserbarheten til studiens funn (Cohen, Manion & Morrison, 2017, s. 199; Merriam, 1998, s. 205-206). Grønmo (2016) presenterer flere typer reliabilitet, men han legger vekt på de to hovedtypene *stabilitet* og *ekvivalens*. Stabilitet referer til graden av samsvar mellom datamaterialer om samme fenomen dersom datamaterialene er samlet inn med utgangspunkt i samme undersøkelsesopplegg, men på forskjellige tidspunkt. På den andre siden går ekvivalens ut på om det er samsvar mellom datamaterialene om et fenomen fra uavhengige datainnsamlinger gjort på samme tidspunkt. En slik tilnærming til reliabilitet bygger på en antakelse om at det eksisterer én enkel virkelighet, og at å studere den gjentatte ganger vil gi samme resultater (Merriam, 1998, s. 205). Merriam (1998) påpeker at et problem med et slik syn på reliabilitet i samfunnsvitenskapelige studier er at menneskelig oppførsel er i stadig endring. I masteroppgaven ble det gjennomført to uavhengige datainnsamlinger. Konteksten for de to datainnsamlingene var ulike ettersom både elevgruppe og oppgave var forskjellig i de to tilfellene. Målet med datainnsamlingene

var ikke å finne nøyaktig de samme beskrivelsene av elevers problemløsning, men det var ønskelig å finne naturlige variasjoner. Reliabilitet i form av disse definisjonene av stabilitet og ekvivalens ble derfor ikke oppsøkt i denne oppgaven.

I kvalitativ forskning er forskeren sitt eget forskningsinstrument (Patton, 2002, s. 14). I kvalitative studier vil undersøkelsesopplegget derfor være preget av forskerens analyse og tolkninger, som igjen er avhengig av konteksten datainnsamlingen foregår i. Det vil derfor ikke være praktisk mulig å gjennomføre datainnsamling basert på helt nøyaktig samme undersøkelsesopplegg (Grønmo, 2016, s. 249). I masteroppgaven er det teoretiske rammeverket for studien presentert, samt at det er gjort beskrivelser av utvalg, analyse og endelige kategorier. Det er derfor mulig for andre forskere å gjennomføre nye studier *preget* av undersøkelsesopplegget som ble benyttet i denne studien.

Merriam (1998) påpeker at det for kvalitative studier er mer meningsfullt å snakke om studiens *konsistens* heller enn den tradisjonelle måten å betrakte reliabilitet. Med dette mener han at i stedet for å kreve at andre forskere skal få samme resultater, bør man som forsker legge opp til at utenforstående skal kunne være enig i resultatene, gitt det datamaterialet som er innsamlet. Med andre ord, at det er samsvar mellom datamaterialet og resultatene. Grønmo (2016) skriver at en tilnærming til å styrke en studies reliabilitet, med en slik definisjon, er å gjennomgå innsamlet datamateriale flere ganger. For å styrke en studies reliabilitet i form av ekvivalens kan man da sammenlikne beskrivelser av de samme forholdene av ulike forskere. Ideelt sett hadde dette blitt gjennomført i forbindelse med masteroppgaven, men grunnet tidsaspektet og at jeg har jobbet med dette prosjektet alene har dette ikke blitt gjort. Det har imidlertid ved flere anledninger blitt gjennomført diskusjoner med veileder og medstudenter for å vurdere kategoribeskrivelser og sekvenser av datamaterialet i lys av disse kategoriene. Videre kan man styrke studiens reliabilitet i form av stabilitet ved å gjennomgå datamaterialet med kritiske blikk ved flere tidspunkt (Grønmo, 2016). I masteroppgavens analyse ble datamaterialet gjennomgått ved flere anledninger. Lydklippene ble lyttet til flere ganger i transkriberingsprosessen, og ble også lyttet til nærmere analyseringen av materialet for å ha en klarere oppfatning av tonefall i transkripsjonene. Videre ble de ferdige transkripsjonene gjennomgått i flere runder med vurdering for plassering i de ulike kategoriene.

Validitet

Validiteten til en studie er et mål på gyldigheten til datamaterialet for den problemstillingen som skal undersøkes (Grønmo, 2016, s. 251). Grønmo (2016) understreker at en studie kan ha høy reliabilitet, uten å nødvendigvis ha høy grad av validitet. Med dette menes det at det kan bli gjort flere datainnsamlinger som stemmer god overens med hverandre, uten at disse nødvendigvis er relevante for det som det er ønskelig å studere. Cohen et al. (2017) skiller mellom indre- og ytre validitet. Den

indre validiteten er avhengig av at beskrivelser av bestemte hendelser eller datasett som presenteres, faktisk kan støttes av data i prosjektet (Cohen et al., 2017). Med andre ord er den avhengig av at studiens funn stemmer overens med virkeligheten (Merriam, 1998, s. 201). I masteroppgaven er det benyttet teori til å utvikle og beskrive relevante kategorier for studiens analyse. I kapittel 4 blir det presentert ulike beskrivelser for underkategorier av de oppsatte kategoriene, alle støttet av eksempler fra datamaterialet. Merriam (1998) skriver at virkeligheten er konstruert av mennesker, og at man som forsker vil komme nærmere denne virkeligheten når man er sitt eget forskningsinstrument, enn dersom det ble lagt inn et mellomledd med andre forskningsinstrumenter. I følge Merriam (1998, s. 203) er derfor indre validitet en styrke ved kvalitativ forskning. Den ytre validiteten referer til hvorvidt det er mulig å generalisere studiens funn. Med andre ord er denne avhengig av om funnene er overførbare til andre situasjoner enn dem som ble studert i prosjektet (Cohen et al., 2017, s. 186; Merriam, 1998, s. 207). Cohen et al. (2017) skriver at det i kvalitativ forskning ofte er den indre validiteten som vektlegges ettersom slik forskning ikke nødvendigvis søker å generalisere funn, men heller å gi en nøye og fullstendig beskrivelse av et fenomen.

Generaliserbarhet

Firestone (1993, s. 16, min oversettelse) skiller mellom tre måter å generalisere en kvalitativ studie på; *fra-utvalg-til-populasjon*, *analytisk generalisering* og *case-til-case*. I mangel på oversettelse som anses som tilstrekkelig dekkende er originalbegrepet «case» beholdt. *Fra-utvalg-til-populasjon*, som er en metode som baserer seg på å hente ut et mindre, tilfeldig utvalg av en større populasjon, er vanligvis ansett som den sterkeste generaliseringsmetoden (Firestone, 1993). En slik generalisering krever dog en stor relevant populasjon, og et stort tilfeldig utvalg fra denne populasjonen som skal analyseres. Det er derfor ikke relevant for denne masteroppgaven. I motsetning til *fra-utvalg-til-populasjon* er ikke analytisk generalisering avhengig av utvalg og populasjon. Firestone (1993) skriver at ved analytisk generalisering etterstreber forskeren å generalisere et sett med resultater til en større teori ved å tilby bevis som støtter, nyanser og utvider, men ikke enstydig beviser, teorien. Når man vil generalisere til en teori benytter man først denne teorien til å lage prediksjoner, og deretter bekrefter prediksjonene. (Firestone, 1993). I forbindelse med masteroppgaven ble det, som tidligere forklart, satt opp kategorier til analysing av datamaterialet basert på eksisterende teori om utforskende arbeidsmåter og dialogtyper. Deretter ble materialet kodet etter disse kategoriene. Masteroppgaven har ikke hatt som formål å generalisere funnene, men heller å beskrive øktene til de to gruppene slik de foregikk. Oppgavens resultater presentert i kapittel 4 beskriver ulike deler av datamaterialet og belyser at det i øktene som ble analysert *forekom* sekvenser med kjennetegn på de ulike kategoriene. Funnene støtter altså teorien, da den fungerer i kontekstene som ble undersøkt i denne masteroppgaven. Masteroppgavens funn tilfører nyanser til teorien ved å vise frem ulike måter elevene arbeider i fasene,

i tillegg til at det med bakgrunn i empiri ble lagt til en dialogtype for innspill som ikke ble fulgt opp av gruppen. Funnene vil likevel ikke være tilstrekkelig for å si noe endelig om denne teoriens gyldighet i kontekst med ustrukturerte fysikkoppgaver generelt. Videre studier vil med fordel kunne gjennomføres for å bidra til å ytterligere belyse eventuell bruk av slik teori i kontekster hvor det arbeides med ustrukturerte oppgaver. Den siste metoden som er fremhevet av Firestone (1993) er case-til-case. Case-til-case-generalisering oppstår når en som leser studien vurderer å benytte ideer fra den i egne situasjoner. En slik overføring gjøres av den som leser studien og som vurderer om presenterte resultater kan gi bedre innblikk i konteksten de selv befinner seg i. Forskeren bak studien har derfor et ansvar om å gi detaljerte og gode beskrivelser av sin «case» slik at leseren har et godt grunnlag for å vurdere hvorvidt denne «casen» er tilsvarende sin egen «case» (Firestone, 1993, s. 17). For å legge opp til en slik generalisering har det i masteroppgaven blitt gitt beskrivelser av utvalg, kontekst for innsamling, benyttede fysikkoppgaver, utvikling av kategorier og analyseprosessen. Andre masterstudenter, forskere eller lærere kan benytte disse beskrivelsene til å gjøre grundige vurderinger om hvorvidt dette er overførbart til deres situasjon.

3.7 Etske betraktninger

Når det kommer til kvalitativ forskning skriver Nilssen (2012, s. 144) at det vil være etiske hensyn, dilemmaer og betraktninger gjennom hele prosessen som man som forsker må forholde seg til. Videre peker hun på kravet om respekt for menneskeverdet, integritet, frihet og medbestemmelse, som er overordnede punkter for de etiske retningslinjene som har blitt utarbeidet av NESH (Den nasjonale forskningsetiske komité for samfunnsvitenskap og humaniora).

I Norge kan forskere få assistanse fra NSD (Norsk senter for forskningsdata) til å avgjøre om eventuelle forskningsprosjekt innfrir kravene i personvernlovgivningen. Det første steget i datainnsamlingen til masteroppgaven var derfor å sende inn en søknad til NSD for behandling. Merriam (1998, s. 215) påpeker at observasjoner som blir gjort uten at deltakerne er klar over at de blir observert eller hva de observeres for gir grobunn for etiske dilemmaer. Nilssen (2012) skriver at informert samtykke skal sikre at deltakerne deltar frivillig og at de er så godt informert om hensikten med forskningen som mulig. I forbindelse med søknaden til NSD ble det utarbeidet et samtykkeskjema, se vedlegg 1, som skulle bli gitt til lærerne og elevene som skulle delta i prosjektet. I samtykkeskjemaet ble det informert om formålet med prosjektet, hvilke data det var bruk for, hvordan dataen skulle samles inn, og hvordan dataen skulle håndteres. Det ble også informert om forskningsdeltakernes rettigheter underveis i prosjektet, som deres mulighet til å trekke seg fra studien, og at all fremstilling av data i transkripsjoner og ferdig masteroppgave skulle bli anonymisert. Hos privatistene var det helt frivillig om de ønsket å hente seg en lydopptaker (som var levert til skolen i anledning prosjektet) når de arbeidet med oppgavene utenfor undervisningstiden, eller om de ville løse oppgavene uten opptaker til stedet. Hos

lærlingene ble lydopptak gjort i klasserommet, men det var likevel anledning for elevene til å ikke være med på lydopptakene dersom de ikke ønsket å delta. Alle deltakere som er registrert av lydopptakerne har signert samtykkeskjema.

Nilssen (2012) viser til Bogdan og Biklen som fremhever at forskningen må unngå å resultere i skade eller merbelastning for deltakerne. Lydopptakene som ble gjort i forbindelse med prosjektet er gjort mens elevene holdt på med oppgaver som var relevante for deres fag, slik at det ikke skulle bli en ekstra belastning for elevene i deres hverdag å delta i prosjektet. Dette er også årsaken til at gruppene i prosjektet har arbeidet med ulike oppgaver. Min intensjon med forskningsprosjektet har ikke vært å kritisere noen av elevene, men å undersøke gruppenes problemløsningsøker med ustrukturerte fysikkoppgaver akkurat slik de foregikk, for å kunne gjøre vurderinger av bruk av ustrukturerte fysikkoppgaver som en del av en utforskende undervisningspraksis. Datamateriale som fremhever sekvenser hvor elevene har hatt «utfordringer» er tatt med for at de skulle kunne analyseres, og er altså ikke ment som kritikk mot elevene. Nilssen (2012) påpeker at det vil være vanskelig å opprettholde deltakernes anonymitet på lokalt plan, da for eksempel lærerne vil være klar over hvilke elever som har deltatt. Jeg anså det likevel som nødvendig for masteroppgavens formål å ha med disse sekvensene for å kunne si noe om bruk av ustrukturerte oppgaver i undervisning.

Selv vet jeg ikke hvem som er med i lydopptakene, da det ble samlet inn samtykkeskjema fra flere elever enn akkurat dem som har vært med i de to lydopptakene jeg studerte. I transkripsjonene ble det heller ikke benyttet navn. Det ble i stedet benyttet koder med bokstaver og tegn. Lydopptakene som ble gjort har kun vært tilgjengelig for meg, og vil bli slettet ved prosjektets slutt. Dette har bidratt til å sikre deltakernes anonymitet utenfor klasserommene. Anonymiserte transkripsjoner har vært tilgjengelig for veileder i løpet av prosjektet, og disse vil, etter søknad hos NSD, kunne bli lagret hos Universitet i Bergen til eventuell bruk for andre masterstudenter.

Et annet etisk dilemma som fremheves av Merriam (1998, s. 216) relateres til datainnsamling og databehandling. I kvalitativ forskning er forskeren, som nevnt, sitt eget forskningsinstrument (Patton, 2002). Hva som er viktig og ikke viktig er derfor nesten utelukkende opp til forskeren å bestemme, og forskeren kan derfor bli påvirket til å utelukke data som er motstridende med eget synspunkt (Merriam, 1998). Min intensjon med forskningsprosjektet har vært å undersøke praksisene med slike oppgaver for å kunne gjøre vurderinger av bruk av ustrukturerte fysikkoppgaver som en del av undervisningen. Jeg ønsket å få en dypere forståelse av hvordan slike oppgaver kan bidra og hvor de kan gi en mangelfull praksis hos elevene. Merriam (1998) påpeker at der hvor data kun delvis støtter prediksjonene, bør det tilbys nok data til at den som leser rapporten kan trekke sine egne slutninger. Det har i masteroppgaven blitt etterstrebet å gi full transparens for datamaterialet. Jeg har i oppgaven

derfor prøvd å få frem at det var situasjoner hvor slike oppgaver så ut til å gi godt samsvar med nye læreplaner og at det var situasjoner hvor elevene møtte på vanskeligheter og praksisene kom til kort i forhold til enkelte punkter.

4 Resultater og funn

Forskningsspørsmålene det er søkt å besvare i masteroppgaven er formulert til følgende:

- a) Hva karakteriserer de ulike fasene av utforskende arbeidsmåte og hvordan fremkommer disse i gruppene når de holder på med ustrukturerte fysikkoppgaver?
- b) Hva karakteriserer elevenes dialogtyper og hvordan fremkommer disse hos elevene i de observerte gruppene?

I dette kapittelet vil det bli gitt en forklaring av tegnene som er benyttet i transkriberingsprosessen. Deretter vil kategoriene for første analyse bli presentert, sammen med eksempler på underkategorier fra transkripsjonene for å gi en nyansering av hvordan innholdet i de teoretiske kategoridefinisjonene er tolket. Deretter vil kategoriene, med tilhørende eksempler på underkategorier, for den andre analysen bli presentert.

Gjennom presentasjonen av funnene som er gjort i forbindelse med masteroppgaven vil det flere ganger legges frem utdrag fra de transkriberte lydopptakene. Utdragene er hentet direkte fra transkriberte filer og vil derfor inneholde tegn og kommentarer fra transkripsjonsprosessen. For å tydeliggjøre sentrale poenger om de ulike kategoriene vil deler av uttalelsene som ikke er relevante bli utelatt. Dette kan for eksempel være at et lengre utsagn eller en sekvens er tydelig delt og skifter innhold underveis. I presentasjonen av funn betegner *utsagn* eller *elevutsagn* det som én elev sier før ordet går videre til en annen elev, mens *sekvens* er en lengre samling av elevutsagn. Der deler av uttalelsene er klippet ut er dette blitt markert med (-). Tabell 3 gir en fullstendig oversikt over tegn som er benyttet i transkripsjonene.

Tabell 3: Oversikt over tegn, og forklaring av disse, som ble benyttet i transkripsjon.

Tegn	Forklaring
J	Det er en jente som snakker. Etterfulgt av nummerering dersom flere
G	Det er gutt som snakker. Etterfulgt av nummerering dersom flere
L	Det er lærer som snakker
/	En elev blir avbrutt av en annen elev, hvorav den nye eleven overtar samtalen
// tekst tekst //	Elevutsagn innenfor innramming, som tilhører samme samtale, foregår parallelt med hverandre
Parallelsamtale 1	Elevene deler seg inn i mindre grupper innad i gruppen og holder to tydelig separerte samtaler Markerer overgang fra delte samtaler tilbake til én felles samtale i gruppen
Parallelsamtale 2	
Helsamtale	
*	Indikerer kort pause 3-5 sekunder
**	Mellomlang pause 5-10 sekunder
***	Lang pause > 10 sekunder
(tekst)	Informasjon om kontekst
(-)	Indikerer at deler av uttalelsene er utelatt
<i>Kursiv</i>	Direkte opplesing av tekst
STORE BOKSTAVER	Indikerer at en elev la ekstra trykk på et ord.

4.1 Kategorier for faser av utforskende arbeid i problemløsningen

Pedaste og kolleger introduserte fem overordnede faser for utforskende arbeidsmåte (Pedaste et al., 2015). For første analyseringsrunde ble diskusjon- og orienteringsfasene fra dette arbeidet utelatt. Ved analyse av det empiriske materialet ble det tydelig at forskningsspørsmålet var tjent med en nyansering av Pedaste sine faser for å fange opp alle aktivitetene i elevenes problemløsning. Til dette ble det hentet inspirasjon fra arbeidet til Kolstø (2018). Dette resulterte i følgende syv kategorier, der hver kategori er en fase av utforskende arbeid:

Tabell 4: Kategorier for analysing av elevenes arbeid i lys av utforskende arbeidsmåte

Kategori
<i>Innhente informasjon</i>
<i>Forkunnskap</i>
<i>Oppgavetolkning</i>
<i>Metodeforslag</i>
<i>Gjennomføring</i>
<i>Metodetesting</i>
<i>Konsistensvurdering</i>

Det må her presiseres at til tross for bruk av begrepet *faser*, er det ikke krav om at elevene må gjennom de ulike fasene i kronologisk rekkefølge. Fasene symboliserer ulike aktiviteter som elevene beveger seg fritt mellom gjennom hele problemløsningsøkten. Skifte av fase kan skje hyppig, og en elev kan

arbeide inn og ut av to eller flere faser i samme elevutsagn. For eksempel kan en elev både arbeide mot å utvikle sin egen forståelse av oppgaven samtidig som han eller hun kommer med forslag til hvordan problemet kan løses, eller en elev kan forsøke å bruke sine forkunnskaper til å komme med forslag til metode i form av å foreslå en formel samtidig som han eller hun søker bekreftelse om formelen er husket korrekt.

Videre følger en presentasjon av slik hver fase ble observert i problemløsningsøktene. Definisjoner av de ulike kategoriene er gitt i tabell 1. I hver kategori vil det bli presentert ulike underkategorier, for å nyansere hvordan jeg har tolket innholdet i kategoriene, alle illustrert med et eksempel fra transkripsjonene. I påfølgende delkapittel er fasene som kategori markert med *kursiv* for å kunne skilles fra standard betydning av ordene, som «*forkunnskaper*» og «*forkunnskaper*», hvorav førstnevnte betegner kategorien.

Innhente informasjon

Innhente informasjon ble vurdert som relevant kategori da det ble observert eksempler på dette i datamaterialet. Det ble videre funnet at samtaler med innhenting av informasjon noen ganger fremstår som opplesing og vurdering av teori, mens det andre ganger var kjennetegnet av gjengivelse av innhentet informasjon med egne ord.

Underkategori 1: Opplesing av informasjon og vurdering av dens relevans

Eksempel: Informasjon blir hentet inn av privatistene i form av opplesing, og det blir gjort en vurdering av denne informasjonen sin relevans for pågående oppgave.

J1: Vent da. *Et legeme fortsetter i sin tilstand av ro eller sin tilstand av bevegelse med konstant rettlinjet fart så lenge ikke kreftene tvinger den til å endre denne tilstanden. Så summen av kreftene er lik null når vi er i konstant.* Men ja, jeg vet ikke om det hjelper oss

J3: Nei (mer samtykkende nei), det med Newton går vel mer på kraft og sånn.

I dette eksempelet holder privatistene på med tog-oppgaven, og J1 finner frem informasjon som hun tester for mulig bruk ved å henvende seg til gruppen og lese opp informasjonen direkte fra kilden, hvorav J3 vurderer forslaget som irrelevant for pågående problemløsning.

Underkategori 2: Innhenting av informasjon og formulering med egne ord

Eksempel: En lærling henter inn informasjon og formulerer den med egne ord ved å knytte informasjonen til pågående oppgave.

G: Fant dere ut hvordan dere fant newton om til kilo?

J2: Jeg fant bare det på nettet

G: Oja, jeg fant, du deler for eksempel 3900 newton på 9,8.

I dette eksempelet finner en lærling frem relevant informasjon, men ulikt fra det første eksempelet blir ikke informasjonen lest opp slik den står opprinnelig i kilden. Her velger lærlingen i stedet å knytte informasjonen han fant direkte til oppgaven de holdt på med ved å formulere informasjonen med egne ord som en del av oppgavekonteksten.

Både eksempelet i underkategori 1 og i underkategori 2 kan minne om forslag til videre arbeid. Det første eksempelet blir ansett som en del av en leteprosess, og anses ikke som et forslag til videre arbeid da J1 selv uttrykker usikkerhet rundt informasjonens relevans. Det andre eksempelet blir heller ikke ansett som forslag til videre arbeid, da det er en oppklaring av en liten del av et større arbeid ved raskt søk i tilgjengelige kilder. Begge eksemplene inneholder samtaler hvor elevene jobber aktivt med informasjon fra andre kilder, og er derfor plassert i kategorien *innhente informasjon*.

Det ble generelt observert lite arbeid i denne fasen hos begge gruppene. Begge underkategoriene ble funnet hos privatistene, mens kun underkategori 2 ble observert hos lærlingene.

Forkunnskap

Datamaterialet bekreftet at kategorien *forkunnskap* var relevant for analysen da det ble funnet flere eksempler på samtaler som passet beskrivelsen av denne fasen. Det ble funnet at samtaler med forkunnskaper noen ganger gikk på å bygge opp en felles kunnskap ved deling av dem, mens det andre ganger foregikk som aktive vurderinger av overførbarheten til forkunnskapene til pågående problemløsning.

Underkategori 1: Bygging av felles kunnskap gjennom deling av individuelle forkunnskaper

Eksempel: Lærlingene bygger opp sin felles kunnskap gjennom å dele bruddstykker av hva de husker fra tidligere oppgaver.

J2: Var det på den ene oppgaven som vi gjorde, så tegnet vi jo, da var det bare et enkelt spenn da med en liten vinkel. Og så tegnet vi tilbake, og så bare, tilbake igjen liksom, speilvendt bilde, da fikk vi mye mindre enn summen av alle kreftene (Bekreftelse fra de andre). Så det var noe med tegningen, men vi tegnet aldri med tre spenn.

(-)

G: Det var et eller annet sånn, du skulle lage en målestokk

J2: Ja

G: Og så skulle du bruke

J2: Gjøre kreftene om til cm

G: Og så skulle du tegne sånn ut, og å inn

I dette eksempelet fremmer J2 en parallell til tidligere oppgaveløsning ved at hun husker at det ble benyttet en form for tegning ved tilsvarende oppgaver. Dette blir fulgt opp av en annen lærling som

husker begrepet «målestokk» fra arbeidet med slik tegning, noe som gjør at J2 husker enda et bruddstykke av arbeidet ved at de kunne tegne kreftene som mål med cm. Som videre resulterer i at G husker hvordan tegningen skulle lages.

Underkategori 2: Vurdering av forkunnskapers overførbarhet til pågående arbeid

Eksempel: Privatistene gjør en vurdering av hvorvidt egenskapene fra en tidligere oppgave kan overføres til pågående arbeid.

- J1: Har vi ikke gjort noe liknende nesten?
J3: Jo, med et fly
J1: Ja
J3: Men det var vel lyd og sånn da. Det er vel ikke det som
J1: Men da var det en annen konstant, var det ikke?
(-)
J3: Vi hadde jo en oppgave med det flyet, og da var det jo at den sendte, ja den sendte ut en radarpuls da
J2: Men det er, det spiller ingen rolle tror jeg.
(-) (elevene diskuterer hva de husker fra oppgaven, og går deretter inn og kontrollerer dette ved å se på egen utregning fra tidligere oppgave)
J1: Ja for den har vi jo delt på 2!
(-)
J2: Men hvis vi gjorde det på den der, og fikk rett svar, så må vi jo kunne gjøre det her og
J1: Mmhm
J2: For det sto jo ikke noe i den oppgaven som tilsier at vi ikke kunne gjort det. Det er jo egentlig akkurat samme oppgave da nesten.

I dette eksempelet blir det trukket en parallell til en oppgave gruppen hadde arbeidet med tidligere. Mellom utsagnene som er presentert i eksempelet ble fremgangsmåten de hadde benyttet i den andre oppgaven gjennomgått av gruppen. For kontekst hadde gruppen støtt på et problem om hvorvidt lysets totale strekning fra toget og frem til veggen, og så tilbake til toget, kunne deles på to for å finne avstanden «tog-vegg» da toget vil bevege seg fremover i tidsintervallet lyset bruker frem og tilbake. Gruppen gjorde deretter en vurdering om at den andre oppgaven var såpass lik pågående oppgave at dersom det kunne gjøres i den så måtte det samme være gjeldende for denne oppgaven.

Eksempelet i underkategori 1 viser en sekvens hvor elevene ikke bruker annet enn sin egen hukommelse for å komme frem til relevant helhetlig kunnskap, og er derfor plassert i kategorien *forkunnskaper*. Eksempelet i underkategori 2 kan i større grad minne om en kombinasjon av *forkunnskaper* og *innhente informasjon*. Sekvensen er likevel plassert i kategorien *forkunnskaper* da elevene først gikk gjennom hva de husket og diskuterte dette i seg selv, hvorav de blant annet diskuterte seg frem til at de i den andre oppgaven mente å huske at de delte på to, selv om de ikke

helt forsto logikken i at de kunne gjøre det. Gruppen benyttet altså muligheten til å slå opp i egne utregninger først når de gikk inn for å bekrefte sine forkunnskaper.

Både i privatistenes og i lærlingenes problemløsning ble det observert flere tilfeller av samtaler kodet til *forkunnskaper*. I begge gruppene la enkeltelever flere ganger frem bruddstykker av sine forkunnskaper, etterfulgt av at disse bruddstykkene ble slått sammen til en større helhet i fellesskap, som vist i underkategori 1. Sekvenser som den vist i underkategori 1 ble i tillegg til deling av bruddstykker fra tidligere oppgaver, observert som deling av kunnskap om teoretiske elementer som for eksempel en oppklaring av hva μ betydde. Ved analysering av datamaterialet var det likevel et klart skille som viste seg. Privatistene la ofte fra seg oppgaven og diskuterte og vurderte forkunnskapene i seg selv før de eventuelt ble overført til oppgaven. Et eksempel på dette er gitt i underkategori 2, hvor det mellom de presenterte utsagnene ble gått gjennom fremgangsmåten som elevene hadde brukt i oppgaven de hadde arbeidet med tidligere. Lærlingene arbeidet i langt større grad med andre faser av problemløsningen parallelt med at det ble forsøkt å huske og dele relevant forkunnskap. Eksempelet i underkategori 3 av *metodeforslag* illustrerer en kombinasjon av bruk av forkunnskaper og å komme med forslag til metode.

Oppgavetolkning

Datamaterialet bekreftet at *oppgavetolkning* var en relevant kategori for analysen da det ble funnet flere eksempler på arbeid i denne fasen. Ved analysering av materialet ble det funnet at tolkning av oppgaven noen ganger foregikk som oppbygging av forståelse gjennom felles arbeid, mens det andre ganger var kjennetegnet av at det ble stilt spørsmål om oppgaveformuleringen til gruppen, med eller uten forslag til videre arbeid.

Underkategori 1: Bearbeide oppgavetekst gjennom lesing, tolkning og beskrivelse med egne ord

Eksempel: Oppgaven blir bearbeidet av privatistene gjennom flere omganger med lesing, tolkning og beskrivelse med egne ord.

- J2: Okei men her er casen da, at først, med tidspunkt A så blir det sendt ut en laser, nei den blir sendt ut, *laseren blir slått på og det sendes ut en lyspuls i tidspunkt A*.
- J1: Mhmm.
- J2: Og så vil den der lyspuls bli sendt bort til veggen og bli reflektert tilbake igjen. Og den når da tilbake på toget 26,2 (μ s senere)
- (-)
- J2: Ja, og på den tiden så har jo toget flyttet seg og liksom, det har jo ikke stoppet opp, det kjører jo. Emmh. Og så ved et nytt tidspunkt B
- J3: To sekund etter
- J2: Så. To sekund etter på en måte, A ble sendt ut, så blir det sendt ut en ny, og den kom tilbake 21,4. Gad. Jeg vet ikke hvordan jeg skal tegne opp alle disse.

- (-)
- J1: Ja for den beveger seg videre
- J2: Toget beveger seg jo videre, toget er ikke i ro
- J1: Så den er ikke lik liksom
- J2: Nei sånn at B'en, nei lysgreien vil ikke treffe tilbake igjen i A, den vil jo, toget vil jo
- (-)
- J1: Men det er jo et poeng, for det blir jo en slags A, og så en A_1 der den kommer tilbake, og så B og B_1 liksom
- J2: Mhmm, (lav snakking) som vil si at der blir A_1 og B. Han (lyspulsen) vil jo komme tilbake til A_1 , men så vil den nok kjøre litt til før den sender ut en ny. Fordi at, med tanke på at det er snakk om så få sekund her, så går jo denne lyspulsen sinnsykt fort sant så til den blir reflektert, så vil den jo fortsatt kjøre en strekning til sendes ut en ny lyspuls, siden det ble sendt. Det er to sekunder fra den første til den andre blir sendt ut sant
- J1: Mhmm
- J3: Det vil jo være 2 sekund fra, si A_1 da, til B. Fra
- J1: Nei det er fra A til B tror jeg. For det står her *Nøyaktig 2 sekund fra den første pulsen blir sendt ut sendes det ut en ny puls*
- J3: Okei
- J2: Så det er 2 sekunder mellom A og B da.

I dette eksempelet blir deler av oppgaveteksten lest opp, og privatistene gjør forsøk på å formulere oppgavesituasjonen og sin tolkning av den med egne ord. Det blir forsøkt å lage en tegning av situasjonen, hvorav privatistene blir enig om at det må tegnes inn et punkt A for hvor toget er når lyspulsen settes på, et punkt A_1 for hvor toget er når lyspulsen kommer tilbake, og tilsvarende punkter B og B_1 for hvor toget er i forbindelse med den andre lyspulsen. J3 konkluderer så med at det er to sekunder mellom når den første lyspulsen registreres til den andre sendes ut, hvorav J1 kommer med en annen tolkning av informasjonen fra oppgaveteksten.

Underkategori 2: Stille spørsmål for å klargjøre oppgavesituasjonen

Eksempel: En privatist benytter seg av spørsmål til gruppen i prosessen med å klargjøre oppgavesituasjonen.

- J1: Med triller den oppover sant?
- (-)
- J1: Men v_0 vil være 0 meter per sekund?
- (-)
- J1: Men er ikke det topp, farten til det her på toppen, er ikke det, vi skal jo finne farten, v vil jo være når den er her, etter 3 sekund, vil ikke det være farten? (-)
- (-)
- J1: Men vil farten være den samme opp som ned? Fordi oppover blir den jo dyttet /
- (-)
- J2: Du har en sånn her, her er skråplanet (bruker tegning eller fysiske hjelpemidler), og så er dette min lekebil

J1: Sånn elektrisk?

I dette eksempelet blir det, ulikt fra i eksempel 1, ikke delt forslag til tolkninger av oppgaveteksten, men stilt spørsmål om den. J1 er usikker på hvordan oppgavesituasjonen utspiller seg og stiller spørsmål til resten av gruppen for å sjekke om hun har forstått den rett.

Både sekvensen i eksempel 1 og i eksempel 2 er kategorisert som *oppgavetolkning* da de viser direkte forsøk på å skaffe en forståelse av oppgavekonteksten, enten ved deling av egen tolkning til felles bruk, eller ved å søke bekreftelse for egen tolkning.

Underkategori 3: Stille spørsmål for å klargjøre oppgavesituasjonen i kombinasjon med å gi forslag til videre arbeid

Eksempel: En lærling benytter seg av spørsmål til gruppen i prosessen med å klargjøre oppgavesituasjonen, i kombinasjon med å gi forslag til videre arbeid.

G3: Nå spør jeg sikkert litt dumt her, men for å finne ut av kreftene, må vi finne ut hvor vi skal plassere bardunen først da? Vet vi hvor bardunen SKAL være da eller må vi finne ut av det?

Her stiller G3 spørsmål om oppgaveformuleringen ved å uttrykke tvil om oppgaven gir tilstrekkelig informasjon om plasseringen av bardunen eller om dette må bestemmes av lærlingene før kreftene kan beregnes. Lærlingen forsøker altså å skaffe seg en forståelse av hvorvidt oppgaven stiller krav til både utregning av krefter og til bestemmelse av plassering av bardunen, eller om plasseringen er bestemt i oppgaveformuleringen, men han fremmer på samme tid et forslag om at plassering av bardunen vil kunne være en del av fremgangsmåten de må gjennom dersom dette ikke er fastsatt i oppgaven. Sekvensen kan altså anses som en mulig kombinasjon av de to kategoriene *oppgavetolkning* og *metodeforslag*, men er kodet som *oppgavetolkning* da forslag om fremgangsmåte i større grad blir ansett som en oppklaring av egen tolkning av oppgaven enn et konkret forslag om at dette er en egenskap de må gå i gang med å finne.

Ved analysering av datamaterialet ble det notert ned et internt skille i denne kategorien. Eksempelet i underkategori 1 og 2 viser sekvenser som ble kodet som ren *oppgavetolkning*. Det ble funnet flest sekvenser med dette hos privatistene. Hos lærlingene ble tilsvarende sekvenser observert, men da som kortere sekvenser med vekt på rask oppklaring av egen tolkning av oppgaven. Eksempelet i underkategori 3 viser en sekvens som ble ansett som *oppgavetolkning med forslag til videre arbeid*. Det ble funnet flest eksempler på dette i problemløsningen til lærlingene. Hos privatistene var det et fåtall observasjoner av dette, men generelt var deres samtaler tydeligere delt i arbeid med de to fasene *oppgavetolkning* og *metodeforslag*.

Metodeforslag

Metodeforslag ble bekreftet som relevant kategori ved at det ble funnet flere eksempler på dette i datamaterialet. Det ble videre funnet at samtaler i *metodeforslag* noen ganger fremsto som forslag til fremgangsmåte eller antakelser i arbeidet, og andre ganger som vurdering av disse forslagene.

Underkategori 1: Forslag til fremgangsmåte og/eller antakelser for videre arbeid

Eksempel 1: En privatist kommer med forslag om fremgangsmåte og antakelse for videre arbeid.

- J2: Og så skal vi finne farten i C, som er ukjent, og så har vi tiden som er 0,5 sekund, og det var da jeg lurte på om vi kunne finne akselerasjonen fra, siden vi har fått oppgitt farten når han slipper den (lekebilen) og sånn, om vi kan finne akselerasjon fra A til B og tenke at akselerasjonen fra B til A må være den samme bare motsatt rettet.

I dette eksempelet fra skråplanoppgaven har J2 allerede tegnet en hjelpetegning med punkt A i bunnen av skråplanet, punkt B der den snur og punkt C der lekebilen har kommet ned igjen etter totalt 3 sekunder. J2 kommer så med et forslag til at gruppen kan angripe oppgaven ved å først finne akselerasjonen fra A til B og deretter anta at akselerasjonen ned igjen mellom punkt B og C er den samme, men med motsatt fortegn.

Underkategori 2: Vurdering av forslag til fremgangsmåte og forenkling/antakelser

Eksempel: Forslag til fremgangsmåte og forenkling blir vurdert av en annen lærling i gruppen.

- G3: Vi kan vel ikke se bort fra ene bardunen til å begynne med, bare for å finne retningen til to av de? Så har vi i hvert fall gjort noe.
- J1: Ja
- G3: Så kan vi regne ut med den andre bardunen etter at vi har funnet ut kreftene om vi bare har to barduner.
- (-)
- G3: Greier du, hvis vi ser vekk i fra den på 1800, greier du å regne ut kreftene i bardunen mens det jeg tar bardunen på de to andre alene?
- J1: Jeg tok vekk den ene i sted, og da kom det, ja da tok jeg vekk den, 1200
- G3: Okei! Kan du prøve å ta vekk den på 1800?
- J1: Jeg tror ikke det har noe å si, vi må jo regne med alle spennene.

I dette eksempelet kommer G3 med forslag til en forenkling av oppgaven og hvordan de kan jobbe videre ved bruk av denne forenklingen på tilsvarende måte som J2 i eksempel 1. I denne sekvensen, ulikt fra J2 sitt utsagn i eksempel 1 som i ettertid ble benyttet av gruppen uten innvendinger, blir forslaget vurdert som utilstrekkelig, og forslaget blir ikke videre fulgt opp av gruppen.

Eksemplene i underkategori 1 og 2 viser konkrete forslag til antakelser og fremgangsmåte for videre arbeid, og er derfor begge kategorisert som *metodeforslag*.

Underkategori 3: Forslag til fremgangsmåte ved å søke bekreftelse for forkunnskaper

Eksempel: En lærling kommer med forslag om fremgangsmåte ved å søke bekreftelse for sine forkunnskaper om krefter og formler.

J1: Så da skal vi finne F_B da. Det var vel det som sto for kraft var det ikke?

G1: Ja. Stemmer det

J1: Og formel for det er F_H delt på cosinus (noe usikker i stemmen) for vinkel?

G1: Ja.

J1: Så da må vi finne cosinusen til vinkel

I dette eksempelet blir det fremmet forslag til videre arbeid, men innledende forslag fremstår i større grad som usikre. Eksempelet viser hvordan J1 søker bekreftelse for kunnskap hun allerede besitter, og sekvensen kan derfor minne om kategorien *forkunnskaper*. Sekvensen er likevel plassert i kategorien *metodeforslag* da det hovedsakelig blir delt forslag til videre arbeid, og fordi J1 etter å ha fått bekreftet sine forkunnskaper kommer med et konkret forslag til videre arbeid basert på dette. Sekvensen kan delvis sees på som tilsvarende som forslagene i eksemplene i underkategori 1 og 2 ved at det legges frem et forslag og at forslaget gjennomgår korte vurderinger i form av «ja», men er tatt med som eget eksempel for å illustrere at elevers forslag ikke alltid kommer som rene klare forslag fremlagt med full selvtillit i tonefallet.

Ved analysing av datamaterialet ble det satt opp et internt skille i kategorien. I underkategori 1 og 2 er det eksemplifisert med sekvenser som ble kodet til rene *metodeforslag*, mens underkategori 3 viser *metodeforslag ved søk av bekreftelse på forkunnskaper*. Alle underkategoriene ble observert hos begge gruppene. Det ble observert flest eksempler på underkategori 1 hos privatistene, hvor det gikk mye tid til å diskutere hva som kunne bli gjort, og hvilke antakelser de skulle gjøre. Her ble det også observert et par sekvenser tilhørende underkategori 2. Hos lærlingene ble disse underkategoriene hovedsakelig observert som kortere utsagn eller sekvenser. Det ble hos begge gruppene observert et fåtall av kombinasjonen *metodeforslag med innslag av forkunnskaper*, som vist i eksempelet i underkategori 3, men dette var mest fremtredende hos lærlingene.

Gjennomføring

Datamaterialet bekreftet *gjennomføring* som relevant kategori da det ble funnet flere eksempler som passet beskrivelsen av kategorien. Videre ble det funnet at samtaler i *gjennomføring* noen ganger fremsto som rene diskusjoner om utregninger med verdier fra oppgaveteksten, mens det andre ganger var kjennetegnet av forklaring eller bruk av tegning.

Underkategori 1: Utregninger med verdier fra oppgaven

Eksempel: Privatistene gjør utregninger med verdier fra oppgaven for å finne en løsning.

- J3: Da fikk jeg, fikk du 6420?
J1: Jeg fikk 6360
J2: (ler) Okei
J3: Okei, hvilke tall har du brukt?
J1: 21,2 gange 10 opphøyd i minus
J2: 21,4!
J1: Åå typisk, det er der jeg har feil
J2: Og det skulle bli?
J3: 6420 delt på 2, som blir

I dette eksempelet har privatistene på forhånd kommet frem til en plan for hvilke beregninger som må utføres, og setter her inn verdier for variablene i de ulike delene av planen. Sekvensen viser deler av overgangen fra plan til resultat og er derfor kategorisert som *gjennomføring*.

Underkategori 2: Tegning med verdier fra oppgaven

Eksempel: Lærlingene lager tegning med verdier fra oppgaven for å finne en løsning.

- G: Det (tegningen) blir ikke fin. Men den 1200 og 19 her, den er jo 90 grader
J2: Ja. Jeg få låne linjal
G: Så vi tar den 3900 3,9 cm. For eksempel høyre i 90 grader, og så tar vi den 1200 90 grader ned, og så har du 1800 129.
(-)
G: Tegnet opp. Så du tar 3,9 til høyre i rett strek
J2: Kor, oppe liksom, rett ut?
G: Ja oppe tror eg
J2: Og så bent ut

J2: Og så?
G: Og så tar du den 120 rett ned, 90 grader
J2: 90 grader

J2: Ja
G: Og så fra slutten av den streken
J2: Ja

G: Så tar du 129 grader, emmh, og så skal du ha i FRA midten eller noe sånn, så skal du ha 1,8, og så /

I dette eksempelet benytter lærlingene tegning som hjelpemiddel til å finne en løsning på oppgaven. Gruppen har ikke satt opp en plan på forhånd, og tar planleggingen underveis i problemløsningen. Sekvensen kan derfor anses som å ha elementer fra *metodeforslag*, men er kategorisert som gjennomføring ettersom elevene benytter verdier fra oppgaven og bruker tegningen aktivt til å finne en løsning heller enn å diskutere hvordan de kan gå frem for å finne en løsning.

Underkategori 3: Forklaring til gjennomføring underveis i prosessen med å finne en løsning

Eksempel: En lærling forklarer deler av sin gjennomføring til resten av lærlingene underveis i arbeidet med å finne en løsning.

J1: Jeg har tegnet sånn tegning holdte på si, ikke med den, så her har vi den på 3,9, der er den 1,2 og 1,8. Og så har eg tatt 3,9 og flyttet den opp til 1,8 (J2 bekreftende). Og så har jeg tatt fra det punktet, til midten, som var 2,4 cm, og så blir det 2,4 ut der og. Så da blir det vel 2400 newton.

I dette eksempelet forklarer en lærling hvordan hun lagde sin tegning til lærlingene i eksempel 2, som etter den presenterte sekvensen kom til et punkt hvor tegningen deres ikke ga mening for dem lengre. Utsagnet ble en form for gjennomgang av hennes metode, og kan derfor minne om kategorien *metodetesting*. Utsagnet ble likevel kategorisert som *gjennomføring* da det ble ansett som et bidrag til å finne en felles løsning i gruppen, heller enn en gjennomgang av metoden i seg selv for å få bekreftelse eller for å vurdere de ulike elementene.

Ved analysering av datamaterialet ble det funnet eksempler på underkategori 1 og 3 hos begge gruppene. Begge gruppene hadde generelt korte sekvenser med aktiv utregning med verdier. Det ble observert et par eksempler av forklaring av gjennomføring, som presentert i eksempel av underkategori 3 hos lærlingene, men dette var mest fremtredende hos privatistene, særlig når de arbeidet med skråplanoppgaven. Begge gruppene benyttet seg av tegning i problemløsningen, men hos privatistene ble dette i hovedsak brukt til å skaffe en forståelse av oppgavekonseptet. Sekvenser som tilhører underkategorien 2 av *gjennomføring* var derfor i mye større grad observert i problemløsningen til lærlingene.

Metodetesting

Datamaterialet bekreftet *metodetesting* som relevant kategori da det ble funnet flere eksempler på dette. Videre ble det funnet at samtaler med testing av metode noen ganger fremsto som samtaler med gjennomgang med mål om å få bekræftelse, mens det andre ganger var kjennetegnet av kritisk gjennomgang av de ulike stegene i benyttet metode for å finne eventuelle feil.

Underkategori 1: Forklaring av metode og testing mot andres kunnskap

Eksempel: En privatist forklarer metoden som er benyttet etter at hun har funnet en løsning på oppgaven, og tester den opp mot en annen privatist sine kunnskaper.

J2: (-) Og da tenker vi fra B til C her, og da vet vi at v 'en vil (være) farten i C etter tre sekund. Men vi bruker v_0 , som er i B, og den vil jo være 0 meter per sekund, og så vil vi ha akselerasjonen, som er minus 2,04, vi valgte jo positiv retning oppover. Og. Vi vet jo at farten da skal være negativ nedover på en måte.

(-)

J2: Synes du det høres logisk ut? Synes du det høres ut som en logisk måte å gjøre det på eller tenker du at vi skal gjøre det på en annen måte?

I dette eksempelet forklarer J2 hva hun har gjort, og tester deretter holdbarheten til metoden ved å etterspørre meningen til J1.

Underkategori 2: Gjennomgang av metode med søk etter mulige feil

Eksempel: Privatistene gjennomgår benyttet metode og søker etter mulige feil.

J2: Okei, men hvis vi bare tenker litt sånn hva vi har gjort, så da har vi funnet strekningen, emmh, med å ta lysfarten og ganget med tiden, som denne lyspulsen har tatt

(-)

J2: Og så har vi delt det på 2 for å finne halvparten da ja, for å si det sånn. Og så har vi gjort det samme fra B og til veggen og funnet halvparten. Og så har vi funnet forholdet mellom de, og det forholdet vil jo være det samme, selv om toget har forflyttet seg

J3: Ja

J2: Og så har vi tatt det forholdet som vi har funnet, og delt på tiden som er 2 sekund

J3: Ja

J2: Det sier jo seg selv hvor feilen ligger her, fordi de to sekundene er jo fra A til B. Vil ikke forholdet, vil ikke

J1: Skal vi dele på en annen tid mener du?

J3: Men da finner vi jo hvor fort, det er jo det vi har å gå ut ifra, hvor fort den beveger seg, fra A til B. For vi bruker forholdet mellom den strekning, den har forflyttet seg 720 meter fra A til B, og da må vi dele på

J2: Er det det den har forflyttet seg fra A til B?

J3: Ja fordi vi har jo funnet, strekning fra A til veggen og fra B til veggen

J2: Ja

J3: Og det er jo 2 sekund fra A til B. Og når vi ser på differansen mellom strekning A og strekning B, så finner vi jo hvor langt den har forflyttet seg

I dette eksempelet har gruppen fått et resultat som ikke virker logisk for dem. Bakgrunnen for denne sekvensen er presentert under *konsistensvurdering*. Gruppen gjennomgår derfor metoden de har benyttet og leter etter mulige feil som kan ha resultert i resultatet de satt med. J2 fremmer et forslag om en mulig feil de kan ha gjort, hvorav dette blir fulgt opp av J1 med spørsmål om alternativ metode, etterfulgt av at J3 forsvarer benyttet metode.

I eksemplene i både underkategori 1 og 2 foregår det en form for testing av gyldigheten til metoden som er benyttet. Selv om testene er ulike, er begge sekvensene kategorisert som *metodetesting* da de anses å ha samme mål; å vurdere metoden i seg selv.

Underkategori 1 og 2 ble kun observert hos privatistene.

Konsistensvurdering

Konsistensvurdering ble betraktet som relevant kategori for analysen da det i datamaterialet ble funnet eksempler som passet beskrivelsen av kategorien. Det ble videre funnet at samtaler med *konsistensvurdering* fremsto i ulike former. Noen ganger ble dette observert som sammenlikning og vurdering med egne forkunnskaper, mens det andre ganger ble observert som sammenlikning, vurdering eller rask testing mot annen tilgjengelig informasjon.

Underkategori 1: Sammenlikne og vurdere egne resultater opp mot egne forkunnskaper og/eller innhentet informasjon

Eksempel: Privatistene sammenlikner og vurderer sine resultater opp mot egne forkunnskaper og innhentet informasjon.

J3: Fra meter per sekund til, ja, da får vi 1296 kilometer i timen. Men det er jo et fly, nei ikke et fly, et tog mener jeg

J2: Ja

J3: Er ikke det helt sykt mye?

J1: Jo det høres

J3: 1296 kilometer i timen?! Det hørtes drøyt mye ut men

J1: Vi kan søke opp farten på tog

(-)

J1: Men når du kjører til Voss med tog, du kjører ikke fortere enn bilene på andre siden, og de kjører 80 kilometer i timen

J2: Men 1296 kilometer i timen

J1: Det er jo sånn

J2: Det er jo megalyntog // Det er jo helt insane

(-)

- J1: Men meter per sekund, hvor fort går lys liksom, det er vel mye raskere enn det igjen
- (-)
- J1: 200, det står her på, vent da, på, nei gud nå forsvant det, men det sto på viten at om 30 år har vi 200 kilometer på togene våre
- J2: Så
- J3: Så den oppgaven er heeelt ute av realiteten eller så har vi gjort noe feil en plass

I dette eksempelet har privatistene kommet frem til at farten på toget er 1296 km/t. Gruppen gjør deretter vurderinger opp mot sine egne forkunnskaper, først med kommentarer om at det høres veldig fort ut, og deretter ved å sammenlikne farten til dette toget med egne erfaringer fra å sitte på tog til Voss. Når resultatet ikke stemmer overens med dette gjør de et ytterligere forsøk på å sjekke for muligheten av at resultatet kan være reelt ved å søke opp farten på tog på internett. Da resultatene ikke gir mening i lys av dette heller kommer de til en konklusjon om at enten opererer oppgaven med rare verdier, eller så har de en feil i metoden de har benyttet. Sekvensen over ble etterfulgt av gjennomgang av benyttet metode, presentert under *metodetesting*.

Underkategori 2: Rask test av resultat mot lærers kunnskap om oppgaven

Eksempel: Lærlingene tester sine resultater mot tilgjengelig informasjon i form av lærer sin kunnskap om oppgaven.

- J1: Da har jeg i hvert fall kommet frem til at kreftene i bardunen er 602 kg.
- J2: Mhm
- J1: Hvis det gir mening
- (-)
- G: Er det (svaret) riktig?
- L: Det er i alle fall riktig fremgangsmåte.

I dette eksempelet har J1 kommet frem til et resultat i problemløsningen sin, og gjør en rask test av gyldigheten til svaret ved å forhøre seg med lærer. Lærer gir tilbakemelding på at *metoden* er korrekt. Det blir ikke gitt noe videre bekreftelse eller avkreftelse av lærlingens resultat i lydopptaket.

Både sekvensen i eksempelet av underkategori 1 og av underkategori 2 er kategorisert som *konsistensvurdering* da de søker å undersøke gyldigheten til resultatet i seg selv. Underkategori 2 er derimot presisert som en *test* av resultatet, da lærlingene selv ikke gjorde en *vurdering* av det.

På en generell basis ble denne kategorien observert i langt større grad hos privatistelevene enn hos lærlingene, spesielt når det ikke var overensstemmelse mellom resultatet og forkunnskaper og annen informasjon. Underkategori 1 er kun observert hos privatistene, mens underkategorien 2 kun ble observert hos lærlingene.

4.2 Kategorier for elevdialoger under problemløsningen

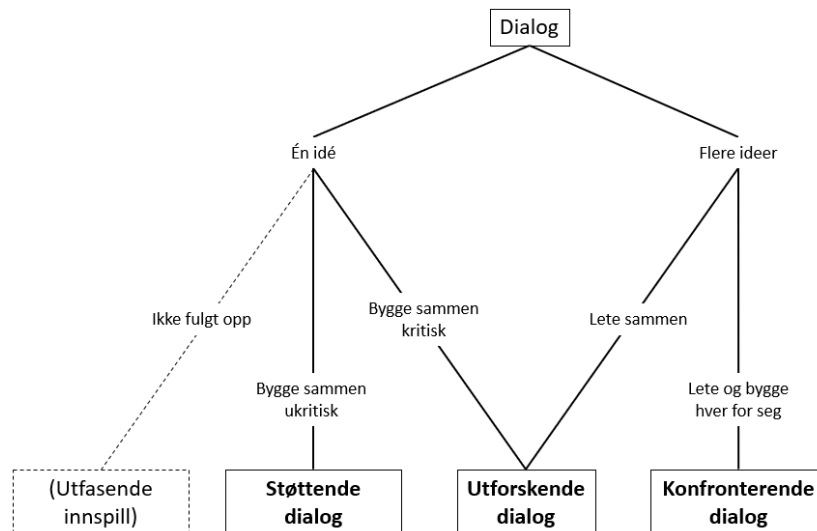
I utviklingen av kategoriene for den andre analysen ble det tatt utgangspunkt i eksisterende teori om elevdialoger (Mercer, 1996; Mercer & Littleton, 2007). Beskrivelser og kjennetegn på de tre dialogtypene presentert av Mercer ble notert ned, og det ble utviklet et flytdiagram som ble benyttet til analysing av datamaterialet. Flytdiagrammet er vist i figur 3.

I masteroppgavens andre analyse er det benyttet følgende fire kategorier, der hver kategori er en dialogtype.

Tabell 5: Kategorier for analysing av elevenes dialoger.

Kategori
<i>Utfasende innspill</i>
<i>Støttende dialog</i>
<i>Konfronterende dialog</i>
<i>Utforskende dialog</i>

En kommentar til kategorien *utfasende innspill* er at denne ikke er hentet fra Mercer sine kategorier, men ble lagt til som kategori underveis i analysen da det ble gjort flere observasjoner som ikke ble ansett som dialog mellom flere elever. Mercer sine kategorier er i utgangspunktet ikke ment til å fungere som et kodesystem for å redusere noe så komplekst som dialog til tre enkle kategorier (Mercer & Littleton, 2007, s. 62). Disse er likevel benyttet i masteroppgaven. Hensikten med å analysere elevenes dialoger var å få et innblikk i kvaliteten på problemløsningsøktene heller enn å få dybdeinnsikt i dialogstrukturene i seg selv. De tre kategoriene *støttende-*, *konfronterende-* og *utforskende dialog* ble derfor ansett som tilfredsstillende nok til å kunne analysere tilstrekkelige mengder av datamaterialet for å kunne si noe om dette.



Figur 3: Flytdiagram for analysering av elevenes dialoger

Også i denne delen av analysen vil det i hver kategori presenteres underkategorier med eksempler for å nyansere min tolkning av de teoretiske kategoridefinisjonene.

Utfasende innspill

Utfasende innspill ble ansett som relevant kategori for analysen da datamaterialet ga flere eksempler på at elevers innspill ikke ble fulgt opp av gruppen. Videre ble det funnet at slike innspill kunne forekomme som spørsmål, raske forslag uten begrunnelse eller som forslag med begrunnelse.

Underkategori 1: Spørsmål

Eksempel: En privatist stiller et spørsmål som ikke blir besvart av gruppen

- J1: Var det to ganger den lyspulsen?
 J3: Hmm?
 J1: De sendte på tidspunkt A

Underkategori 2: Forslag uten begrunnelse

Eksempel: En privatist kommer med et forslag uten begrunnelse til videre arbeid.

- J3: Da er det egentlig bare å velge tidspunkt A da

Underkategori 3: Forslag med begrunnelse

Eksempel: En lærling kommer med et lengre forslag med begrunnelse for videre arbeid.

- G3: Nå husker jeg hvordan vi regner ut kreftene i bardunen. Sånn jeg ser det. Så vil jo ene linjen til hver stolpe, den ene veien, på grunn av at det er jo 3, 3000 * 5 newton (3500), og da kommer vel (bardunere) for den linjen mest vel, for den er jo tyngst. («Mhm» fra noen andre). Og da er det jo 1800 newton i denne (samme) retningen, så da vil jo, tenker å bardunere mest på den linjen som veier mest da, og så finne ut kor hen vi skal

plassere bardunen, for å så finne ut kreftene i bardunen. For da vet vi jo ingenting om kreftene i bardunen før vi plasserer den en plass.

Ingen av innspillene som ble plassert i denne kategorien ble videre brukt eller diskutert i gruppene, med unntak av korte tilbakemeldinger som «mhmm» eller «det kan være». Som vist i eksemplene av underkategori 1, 2 og 3 var slike innspill alt fra korte spørsmål til lengre forslag.

Alle de tre underkategoriene ble observert hos begge gruppene.

Støttende dialog

Datamaterialet ga flere eksempler på *støttende dialog* og dialogtypen ble derfor vurdert som en relevant kategori for analysen. Det ble videre funnet at dialoger som ble plassert i denne kategorien noen ganger var kjennetegnet av bekreftelser alene, mens det andre ganger fremsto som videre bygging på første idé som ble presentert.

Underkategori 1: Bekreftelse av idé

Eksempel: Privatistene kommer med ren bekreftelse av en idé, uten alternative forslag eller spørsmål.

- J2: Det er jo det jeg mener, jeg mener, vi skal drite i det som har skjedd her, men vi skal v_1 oppi punktet her, nå skal vi tenke når den er på vei ned igjen, sant?
- J1: Ja
- J2: Vi setter v der til å være 0, for der er den i ro
- J3: Mhmm
- J2: Og så skal vi finne farten i C, som er ukjent, og så har vi tiden som er 0,5 sekund, og det var da jeg lurte på om vi kunne finne akselerasjonen fra, siden vi (-)
- J3: Mhmm
- J2: Skjønner?
- J1: Ja
- J3: Ja jeg er enig

I dette eksempelet kommer J2 med et forslag til videre arbeid, hvorav forslaget verken blir møtt med spørsmål om utdyping eller oppklaring, eller alternative motforslag.

Underkategori 2: Aksept av første idé og videre bygging uten modifikasjoner

Eksempel: Lærlingene aksepterer første forslag og bygger videre på dette uten modifikasjoner.

- J1: Så da skal vi finne F_B da. Det var vel det som sto for kraft var det ikke?
- G1: Ja. Stemmer det
- J1: Og formel for det er F_H delt på cosinus (noe usikker i stemmen) for vinkel
- G1: Ja.
- J1: Så da må vi finne cosinusen til vinkel

- J2: Ja og får finne cosinus så tok vi tangens, da er det motstående delt på hosliggende, og da blir det 2 delt på 1
- J1: Ja.
- J2: Som er 2
- J1: Mhm (typisk bekreftende)
- J2: Så det er tangens invers
- J1: Ja. Cosinusen da er 0,44

I dette eksempelet kommer J1 med et forslag om at gruppen må finne cosinus til vinkel for å kunne gjøre den nødvendige utregningen. Dette blir godtatt av gruppen, og blir blant annet plukket opp av J2 som fortsetter på denne idéen uten spørsmål eller forslag om forbedringer på idéen.

Underkategori 3: Aksept av første idé og videre bygging med modifikasjoner

Eksempel: En privatist aksepterer første forslag om videre arbeid, men foreslår modifikasjoner til forslaget

- J2: Men, men da har vi funnet, så da har vi funnet strekningen fra A til veggen
- J3: Og så når vi finner strekningen fra punkt B til veggen, så kan vi finne farten med å sammenligne den forflytningen med 2 sekund
- J1: Eller ta sånn minus den ene og den andre, og så dele på tid (litt spørrende)

I dette eksempelet godtar gruppen forslaget som J3 legger frem ved at det er en forflytning som skal sammenlignes med den oppgitte tiden på 2 sekunder for å finne farten. Slik J3 formulerer seg virker det derimot som at det er strekningen fra punkt B (hvor toget sender ut den andre lyspuls) til veggen som skal sammenliknes med 2 sekunder. J1 godkjenner idéen om at det er en forflytning som skal sammenliknes med tiden, men kommer med forslag til en mindre endring av idéen ved at forflytningen som skal brukes er differansen i strekning mellom punkt A og punkt B.

Felles for utsagnene og sekvensene i eksemplene i underkategori 1, 2 og 3 er at de alle bygger på én hovedidé. De tre sekvensene ble ansett som ukritisk bygging på denne ene ideen, og fra figur 3 ble de derfor plassert i kategorien *støttende dialog*. Sekvensen i underkategori 3 ble innledningsvis vurdert som en mulig *utforskende dialog*, men endte til slutt opp i kategorien *støttende dialog* da J1 ikke stiller seg kritisk til hovedidéen fremmet av J3.

Det ble funnet et par eksempler på sekvenser på underkategori 1, i både korte og lengre versjoner, hos begge gruppene. Hos begge gruppene var sekvenser som underkategori 2 den mest hyppige formen for *støttende dialog*, men det ble likevel ikke observert veldig mange slike samtaler i noen av gruppene. Det ble dog observert flere liknende sekvenser, særlig hos privatistene, men da med tilstedeværelsen

av kritiske spørsmål til hovedideen. Sekvenser som i eksempelet av underkategori 3 var svært lite observert, og var ikke å finne i problemløsningen til lærlingene.

Konfronterende dialog

Datamaterialet bekreftet *konfronterende dialog* som relevant kategori da det ble funnet et par eksempler på sekvenser som hadde konfronterende trekk. Videre ble det funnet at samtaler med konfronterende trekk fremsto som gjentakelser av eget synspunkt.

Underkategori 1: Gjentakelse av egne synspunkter uten forsøk på å engasjere seg i andres forslag

Eksempel: To privatister gjentar sine egne synspunkter og gjør ingen reelle forsøk på å ta til seg den andres forslag.

- J2: Okei, men det vi skal finne ut her er jo farten. Må vi kanskje, må vi finne noe strekning?
- (-)
- J1: Ja fordi hvis vi skal bruke bevegelseslikningene til slutt, så må vi jo ha, vi har jo sikkert t. Tror du ikke? Siden det er sekund det handler om
- (-)
- J1: Så da må vi jo ha hvert fall, vi må ha, vi får sikkert t, og så må vi ha, v_0 , v. Vi må hvert fall ha en del av de.
- (-)
- J1: Og vi vet jo ikke hvilken av de vi må ha, men vi kan jo se underveis hva vi kan få ut av det vi vet.
- J2: Mhhmm. Ja. Men vi må egentlig finne ut, strekning det beveger seg, i hvert fall litt, mellom de forskjellige

I dette eksempelet legger J2 frem et forslag om at de må finne en strekning dersom de skal kunne finne en fart. J1 på sin side gjentar at de må finne noen variabler, men at de ikke vet hvilke. Sekvensens siste utsagn viser at J2 igjen gjentar at det er strekningen som må bli funnet, uten å bygge videre på at det kanskje trengs noe mer. I denne sekvensen blir det altså presentert flere ideer, men verken J1 eller J2 gjør et aktivt forsøk på å finne ut av det sammen. De holder på sin egen idé, og leter etter en plan hver for seg. Fra diagrammet i figur 3 ble derfor denne kategorisert som en *konfronterende dialog*.

Ved analysering av datamaterialet ble det gjort lite observasjoner på konfronterende dialog. Det ble funnet et fåtall eksempler på dialoger med konfronterende trekk som den i eksempel 1 hos privatistene. Det var imidlertid ingen observerte tilfeller hos lærlingene.

Utforskende dialog

Det ble funnet flere eksempler på utforskende dialog i datamaterialet, og *utforskende dialog* ble derfor vurdert som en relevant kategori for analysen. Videre ble det funnet at samtaler med utforskende dialog noen ganger fremsto som samtaler med kritiske spørsmål til en idé uten at det ble presentert noen alternative forslag, mens det andre ganger fremsto som kritiske spørsmål til en idé i kombinasjon med at det ble delt alternative forslag. En siste observert form av utforskende dialog i datamaterialet var kjennetegnet av at det ble presentert alternative forslag, men uten bruk av kritiske spørsmål. Kritiske spørsmål er her definert som spørsmål som viser at en elev tar aktiv del i forslag fra andre elever.

Underkategori 1: Kritiske spørsmål og forklaring relatert til én idé

Eksempel: En privatist stiller kritiske spørsmål til en idé uten å komme med alternative forslag.

- J3: Fart er lik, hvis vi bruker den formel fart er lik strekning delt på tid.
J2: Ja
J3: Og så finner vi strekning
J2: Fart gange tid?
J3: Mhmm
J2: Men vi har ikke farten
J3: Det.. Vi finner jo
J2: Oja vi bruker lysfarten?
J3: Ja
J2: Ja, hvorfor bruker vi den egentlig?

I dette eksempelet blir det lagt frem én hovedidé ved at J3 kommer med forslag til at fart kan regnes ut med formelen «strekning delt på tid». J2 inntar en aktivt svarende rolle og ber om oppklaring og utdypelse når hun ikke forstår forslaget til J3. Denne sekvensen er plassert i kategorien *utforskende dialog* da J2 inntar en aktivt svarende rolle og utfordrer idéen til J3 ved å stille spørsmål og be om begrunnelser. I figur 3 vises dette som utforskende dialog via én idé.

Underkategori 2: Kritiske spørsmål og alternative forslag

Eksempel: Privatistene stiller kritiske spørsmål til presenterte forslag og det legges frem alternative forslag som diskuteres videre.

- J3: At den er så mange, men så delte vi på
J1: 2
J3: 2
J1: Men det kan vi ikke gjøre her kan vi?
J3: //Den går jo frem og tilbake
J1: Eller gjør det? //
J3: //Det er jo så langt den tar før den kommer frem og tilbake

- J1: Men fordelingen vil jo ikke være lik? //
- (-)
- J2: Hva. Hva mener du, hvorfor skal vi ikke dele på 2?
- J1: For da er kanskje den lysgreien her. Fordi, halvveis er liksom ikke i veggen
- (-)
- J2: Men hvorfor delte vi på 2 i den andre oppgaven da?
- J3: Det er jo fordi, når vi ikke deler på 2 har vi jo strekning både frem og tilbake, vi skal jo bare ha strekning frem til veggen
- J2: Men her hadde vi delt på 2?
- J3: Ja
- J2: Og hvorfor har vi gjort det?
- J3: Nei det er jo fordi at hvis vi ikke deler på 2, så får vi dobbelt så lang strekning.
- J2: Men da skal vi jo kunne gjøre det her og
- J3: Vi skal jo bare finne avstanden fra flyet og til veggen
- J2: Da skal vi jo bare kunne gjøre det her og da.
- J1: Nei vi finner ikke den nøyaktig.
- J2: Men hvis vi finner der /
- J3: Men hvordan skal vi finne nøyaktig da?

I dette eksempelet stilles det både kritiske spørsmål og det presenteres alternative idéer. Sekvensen starter med at J3 fremmer en idé om at gruppen kan dele strekningen lyset beveger seg frem til veggen og tilbake på to for å finne strekningen kun frem til veggen, fordi de hadde gjort det i en annen oppgave. Dette blir møtt med at J1 stiller seg kritisk til om det er mulig å tenke slik i den oppgaven de holder på med, og kommer med et alternativt forslag om at fordelingen mellom strekningen til veggen og tilbake fra veggen ikke er lik da toget har forflyttet seg fremover i mellomtiden. Videre i sekvensen følger det flere kritiske spørsmål, forklaringer og begrunnelser mens gruppen sammen leter etter en god løsning på om dette er en mulig antakelse å gjøre. Denne sekvensen er kategorisert som *utforskende dialog* da den bygger på flere idéer, og det blir stilt kritiske spørsmål i leting etter det beste alternativet. I figur 3 vises dette som utforskende dialog via flere ideer.

Underkategori 3: Alternative forslag med begrunnelse

Eksempel: En lærling inntar en aktiv svarende rolle og presenterer et alternativt forslag med begrunnelse, uten bruk av kritiske spørsmål.

- J1: Hadde vi hatt lengdene så tror jeg det hadde vært lettere
- J2: Ja.
- G3: Vi trenger jo sikkert ikke lengdene når vi har kreftene. (Bekreftelse fra andre) For lengdene bruker vi vel jo når vi skal regne ut de kreftene i. Men nå vet vi det jo allerede

I dette eksempelet presenteres det en idé som følges opp av en alternativ idé uten at det blir stilt noen kritiske spørsmål. Sekvensen anses derfor som å bygge på flere idéer, og plasseres i kategorien

utforskende dialog da G3 sitt forslag kommer som et begrunnet motforslag til J1 sin idé, og derfor tolkes som et bidrag til felles vurdering og leting. Også denne sekvensen er plassert i utforskende dialog gjennom flere ideer i henhold til figur 3.

Ved analysering av datamaterialet ble det funnet flere eksempler på alle tre underkategoriene av utforskende dialog hos begge gruppene. Det ble på en generell basis observert et par flere tilfeller av kritiske spørsmål i kombinasjon med motforslag hos privatistene. Sekvenser som i eksempel 1 og 3 ble stort sett observert som kortere sekvenser hos begge gruppene, mens sekvenser som i eksempel 2 ble observert som en del lengre i problemløsningen til privatistene enn hos lærlingene.

5 Diskusjon

Masteroppgavens formål er å karakterisere elevenes praksis og dialoger når de holder på med ustrukturerte fysikkoppgaver, for å kunne gjøre en vurdering av om slike oppgaver kan legge opp til samsvar mellom undervisning og nye læreplaner.

Det ble i avsnitt 2.3 poengtert at tradisjonelle «kokebokforsøk» har null frihetsgrader (Angell et al., 2019; Gyllenpalm et al., 2010). Angell et al. (2019) skriver at fysikkbokoppgaver ofte har en tredelt inndeling, hvor oppgitt data, metode og resultat ofte er begrenset av oppgaveteksten, formler i kapittelet og bokens fasitdel. Jeg anser derfor denne typen oppgaver som tilsvarende til «kokebokforsøk». Elevenes kognitive ferdigheter var et av aspektene som det ble sett på i TIMMS Advanced, og som Angell et al. (2019) konkluderte med er det derfor ikke tilstrekkelig å gi elevene oppgaver som kun legger opp til reproduisering og formelinnsetting, men at det må legges opp til flere frihetsgrader. Det ble i dette prosjektet forsøkt å la elevene arbeide med oppgaver hvor valg av metode er mer åpent for elevene ved at det ikke er gitt en ledende strukturering i form av deloppgaver med utledning av en og en variabel. Hmelo-Silver et al. (2007) viser til at å dele opp og strukturere større og komplekse oppgaver til mindre deloppgaver som elevene kan ta for seg en etter en kan være en grei støttestruktur for elevene. I denne masteroppgaven er dog denne støttestrukturen fjernet, og det var derfor aktuelt å vurdere alternative støttestrukturer som kunne ha vært brukt.

Jeg vil i dette kapittelet trekke frem noen av de sentrale funnene fra analysen. Jeg vil begynne med å gi en kort oppsummering av masteroppgavens resultater som ble presentert i detalj i kapittel 4, i tillegg til en kort beskrivelse av min helhetsoppfatning av hvordan de to problemløsningsøktene stilte seg i forhold til kategoriene som ble benyttet. Bakgrunnen for masteroppgavens analyse var å kunne studere elevenes problemløsning, og i ettertid kunne identifisere styrker og svakheter i øktene i forhold til samsvar mellom disse og krav til arbeid i læreplanen. Etter dette vil jeg derfor kommentere problemløsningsøktene i lys av punktene for sentrale forutsetninger for læring og dybdelæring (Ludvigsen et al., 2014) og konseptet dobbel refleksjonsbevegelse (Dewey, 1910), for å se om øktene i seg selv la opp til praksiser som kan gi dybdelæring (Kolstø, 2018). I tillegg vil jeg fremheve noen utfordringer i øktene som jeg noterte kunne være hindringer for samsvar mellom øktene og læreplanene etter fagfornyelsen. Utfordringene vil legge grunnlaget for en diskusjon rundt hvordan helklassegjennomganger i etterkant av øktene kunne fungert som støttestruktur for større grad av *constructive alignment* i de to undersøkte kontekstene, dersom øktene hadde foregått under læreplaner fra LK20.

5.1 Oppsummering av resultater og funn

I masteroppgavens første av to analyser ble det utviklet syv relevante kategorier med utgangspunkt i teori om utforskende arbeidsmåte (Kolstø, 2018; Pedaste et al., 2015), mens det i den andre analysen ble benyttet tre relevante kategorier med utgangspunkt i teori om elevdialoger (Mercer, 1996; Mercer & Littleton, 2007), samt en kategori som ble til etter påbegynt analysering.

I påfølgende avsnitt har fasene som kategorier blitt markert med *kursiv*.

Faser av utforskende arbeid i problemløsning med ustrukturerte fysikkoppgaver

Når elevene *innhentet informasjon* var dette kjennetegnet av opplesing og vurdering av teori, samt gjengivelse av innhentet teori med egne ord. Arbeid i *forkunnskaper* var kjennetegnet av felles kunnskapsbygging ved deling av gruppemedlemmenes individuelle forkunnskaper, samt vurdering av overførbarheten av disse forkunnskapene til pågående oppgave. Når elevene drev med *oppgavetolkning* ble dette noen ganger observert som arbeid kjennetegnet av oppbygging av forståelse gjennom felles arbeid i gruppen, mens det andre ganger var kjennetegnet av spørsmål til oppgaveformuleringen med eller uten forslag til videre arbeid, hvorav spørsmål med forslag til videre arbeid ble ansett som en kombinasjon av *oppgavetolkning* og *metodeforslag*. Når elevene arbeidet i *metodeforslag* ble dette noen ganger gjort i form av at det ble gitt forslag til bruk av fremgangsmåte eller antakelser, og andre ganger i form av vurderinger av disse forslagene. Arbeid med *gjennomføring* var kjennetegnet av utregninger med verdier fra oppgaven, samt forklaring og bruk av tegning. Elevenes *metodetesting* var kjennetegnet av gjennomgang enten med søk etter bekreftelse fra gruppen eller med søk etter mulige feil. Når de drev med *konsistensvurdering* var dette kjennetegnet av sammenlikning og vurdering av overensstemmelse mellom resultat og egne forkunnskaper, eller mellom resultat og tilgjengelig informasjon.

Dialogtyper i problemløsning med ustrukturerte fysikkoppgaver

Sekvenser som ble kategorisert som *utfasende innspill* var kjennetegnet av at elever kom med forslag som ikke ble fulgt opp av gruppen. *Støttende dialog* ble noen ganger observert som rene bekreftelser, og andre ganger som videre bygging på første forslag, med eller uten modifikasjoner. *Konfronterende dialog* slik den er beskrevet av Mercer var ikke særlig fremtredende i datamaterialet, men det ble observert sekvenser med konfronterende trekk hos privatistene ved at de i noen situasjoner gjentok egne synspunkt flere ganger uten å gjøre reelle forsøk på å engasjere seg i andres forslag. Dersom elevene hadde *utforskende dialog* var dette kjennetegnet av at de stilte kritiske spørsmål, med eller uten alternative forslag, eller at de kom med alternative forslag med begrunnelse, uten bruk av kritiske spørsmål.

Utforskende faser og dialogtyper hos lærlingene

Min helhetsoppfatning av problemløsningen til lærlingene i korte trekk er at de hovedsakelig holdt seg til *gjennomføringsfasen* i problemløsningsøkten, og at arbeid i de andre fasene fungerte mest som små avbrekk fra denne fasen. Arbeid i *oppgavetolkning* hadde et merkbart skille i gruppen. De fleste i gruppen gikk rett på å prøve å finne kreftene i seg selv. Lærlingen referert til som G3, hang seg derimot opp i hvilke informasjon som egentlig ble gitt i oppgaven og hva som var omfanget av det som måtte finnes. Dette kom til uttrykk ved at han stilte seg spørrende til om plassering av bardunen var bestemt i oppgaveteksten, eller om dette også måtte bestemmes av gruppen før de kunne beregne kreftene. Når det kom til *metodeforslag*, hadde gruppen en kortsiktig tilnærming. De satt ikke opp noen langsiktig plan som de deretter fulgte opp med gjennomføring, men lagde i stedet et og et steg etter hvert som de arbeidet. I tillegg til vektlegging av arbeid med *gjennomføring* var det en del samtaler registrert som *forkunnskaper* da de forsøkte å løse nåværende oppgave med å prøve og huske hva de hadde gjort på en tilsvarende oppgave tidligere. Gruppen gjorde ingen forsøk på *metodetesting*, men gjorde en rask test av gyldigheten til resultatet ved å spørre lærer om det var korrekt. Når det kommer til dialogtyper tok lærlingene i størst grad i bruk *støttende dialog*, men det ble også observert flere *utfasende innspill* og *utforskende dialoger*. *Konfronterende dialog* var ikke fremtredende hos denne gruppen. En annen generell kommentar når det kommer til lærlingenes dialoger er at disse var preget av et hverdagslig språk, for eksempel ble ordene «streker» og «tegning» mye brukt, i stedet for de faglig relevante begrepene «vektorer» og «vektorregning».

Det kan virke som at denne gruppen taklet mangelen på ledende struktur gjennom å tilnærme seg oppgaven stegvis, og at de bygget veien mens de gikk. Ingen i gruppen hadde en klar formening om alle trinnene som måtte gjøres, og gruppen gikk heller ikke inn for å legge en langsiktig plan. Derimot gjorde gruppen i etterkant av hvert steg som ble foreslått, eller etter eventuell gjennomføring av ulike steg, en drøfting av hvilke steg som kunne se ut til å virke logiske for å kunne komme seg videre fra der de nå sto, og hvilke som ikke gjorde det.

Utforskende faser og dialogtyper hos privatistene

Min oppsummerte forståelse av privatistenes problemløsning var noe ulikt enn den hos lærlingene. Her prioriterte gruppen i større grad å fordele tiden mellom flere faser, og det var et tydeligere skille mellom når de arbeidet i de ulike fasene. Gruppen brukte mye tid på *oppgavetolkning*. I tillegg brukte de mye tid på *metodeforslag* ved at de ofte diskuterte hva de kunne gjøre for å løse oppgavene ved å bruke innhentet teori og forkunnskaper. Til tross for at gruppen hadde et par sekvenser som viste at de vurderte forslagene som ble presentert, var disse vurderingene sjeldent relatert til å undersøke om betingelsene for bruk av foreslåtte fysiske prinsipper var oppfylt. Hos privatistene ble selve

gjennomføringsfasen oppfattet som korte økter. Gruppen brukte, i tog-oppgaven, mye tid på *metodetesting* og *konsistensvurdering*, samt at de prøvde seg på andre metoder for å se om dette gav andre svar. I skråplan-oppgaven gjorde gruppen vurderinger av resultat og benyttet metode, men brukte her mindre tid på disse fasene. Hos denne gruppen ble det benyttet mye *utforskende dialog*, særlig i tog-oppgaven hvor de var usikre på hvordan de skulle gå frem. Som hos lærlingene ble det også observert *utfasende innspill*, og det ble flere ganger benyttet *støttende dialog*. I tillegg ble det observert et fåtalls dialoger med *konfronterende trekk*.

Det kan virke som at privatistene taklet kunnskapen om at det var en mangel på struktur i oppgavene ved å bruke mer tid på å diskutere flere trinn de trodde de måtte gjennom. De la mye arbeid i å finne den planen som virket mest logisk å forfølge, før de faktisk gikk inn for å benytte verdier til å gjennomføre noen av trinnene i planen. Gruppen uttrykte også en del problemer med å forholde seg til at det skulle bli funnet flere elementer, dette kommer blant annet frem i utsagnet «Åå fy, den oppgaven var uuh, det er så vanskelig når vi ikke får oppgitt «finn først det og så finn det og finn det»» som ble sagt av privatisten kalt J2.

5.2 Læring og utfordringer for constructive alignment

Vurdering av lærlingenes læring og utfordringer for constructive alignment

Som nevnt legger Ludvigsen et al. (2014) i sin rapport frem noen punkter som de mener må være oppfylt for at elevene skal oppnå læring. I avsnitt 2.1 ble seks av disse punktene, som alle er sentrale forutsetninger for dybdelæring, presentert. I dette avsnittet vil jeg diskutere hvordan øktene til lærlingene stilte seg i forhold til fem av disse. Det sjettede punktet – orientering mot mål og progresjon – vil diskuteres i et senere avsnitt. Et av punktene Ludvigsen et al. (2014) fremhever er at elevene må få anledning til å delta i kommunikasjon og samarbeid. Da problemløsningen la opp til gruppearbeid blir denne ansett som tilrettelagt for. Gruppen arbeidet mye likestilt, og alle medlemmene fikk presentert noen av sine synspunkter i løpet av økten. I tillegg var lærer tilbakeholdende i problemløsningen. Med bakgrunn i dette virker det rimelig å si at alle i gruppen fikk være, eller i hvert fall delvis være, aktiv og deltakende i egen læring i denne problemløsningen. Angående å gi elevene oppgaver som baserer seg på deres forkunnskaper ble det gjort et forsøk på å ta hensyn til dette ved å la lærlingene jobbe med en oppgave som var relevant for elektrofaget. Uten mer kunnskap om lærlingene sitt faglige ståsted, er det vanskelig å si noe om hvor oppgaven som ble gitt er i forhold til deres utgangspunkt. Ut ifra lydopptak og de samtalene som ble observert er det likevel min oppfatning at oppgaven ble ansett som utfordrende av lærlingene.

Med unntak av *metodetesting* ble alle fasene av utforskende arbeid observert hos lærlingene. Når det kommer til konseptet dobbel refleksjonsbevegelse, presentert i avsnitt 2.1 og illustrert i figur 1,

vurderer jeg det derfor som at elevene har gjennomgått den første av de to bevegelsene – induksjon. Grunnlaget for å si dette er at de genererte en mulig løsning (forklarende idé) på oppgavespørsmålet (uforklart observasjon) ved å bruke sine erfaringer, forkunnskaper og andre kilder. Når det kommer til induksjonsprosessen fremhever Dewey (1910) viktigheten av flere forslag for å forhindre forhastede konklusjoner. Det ble gjort observasjoner av *utforskende dialog*, men ut ifra dette ble mindre bruk av utforskende dialog ansett som en hovedutfordring hos lærlingene. Denne konklusjonen har også rot i læreplanens vektlegging av at elever skal få utvikle sine muntlige ferdigheter og få se verdien av å lytte til andre samtidig som de argumenterer for egne synspunkter (Kunnskapsdepartementet, 2020c). Ettersom læreplanen legger opp til at elevene skal lære fagbegreper ble i tillegg lærlingenes hverdagslige språk og mangel på bruk av fagbegreper notert som en utfordring for constructive alignment.

Den andre refleksjonsprosessen i konsept en dobbel refleksjonsbevegelse – deduksjon – bygger på utledning av konsekvenser av den mulige «forklaringen», etterfulgt av en vurdering av samsvar mellom disse konsekvensene og nye observasjoner. En annen hovedutfordring hos gruppen lå derfor i det arbeidet som ikke ble prioritert, nemlig *metodetesting* og *konsistensvurdering*. Lærlingene utviklet ikke noen mulige konsekvenser for løsningen sin, og gjorde ingen vurderinger av løsningen. Mangel på observasjoner av *metodetesting* kan tyde på at slike oppgaver ikke legger opp til tilstrekkelig utforskende arbeid i seg selv. I tillegg kan mangel på deduksjonsprosessen antyde at oppgaven ikke la opp til en praksis som er forenelig med dybdelæring. Den eneste lærlingen som kom frem til et resultat før lydopptaket ble avsluttet kom frem til at kreftene i bardunen var 602 kg. Det kunne vært ideelt å få i gang arbeid i *metodetesting* og *konsistensvurdering*, for å sørge for at lærlingene også gjennomgikk deduksjonsbevegelsen. Dette kunne vært interessant for å se hvordan lærlingene hadde vurdert gyldigheten av dette resultatet og om de eventuelt kunne vurdert løsningsstegene sine og funnet hvilken del av metoden som ga resultatet i kilo. En kommentar til dette er at jeg ut ifra lydopptaket har en mistanke om at lærlingen først fant kreftene i newton (N), men deretter gjorde dette om til kilo fordi det var noe de husket å ha hatt noe om. Her kunne det vært god anledning til å skape en diskusjon rundt når man skal og ikke skal gjøre om mellom newton og kilo, samt hvordan benevninger kan brukes til å sjekke eget arbeid.

Vurdering av privatistenes læring og utfordringer for constructive alignment

På tilsvarende måte som hos lærlingene blir den andre forutsetningen for dybdelæring som Ludvigsen et al. (2014) peker på – deltakelse i kommunikasjon og samarbeid – ansett som tilrettelagt for ved at privatistene ble satt til å arbeide i grupper. Også her arbeidet gruppen relativt likestilt, og alle gruppemedlemmene fikk mulighet til å komme med sine synspunkter og bygge videre på disse, slik at det virker rimelig å anta at alle privatistene fikk være, eller delvis være, aktive i egen læringsprosess.

En kritisk leser vil kanskje kunne innvende at privatistene virket mer delt i skråplan-oppgaven og at privatisten referert til som J1 ikke fikk anledning til å arbeide tilstrekkelig med sin forståelse før resten av gruppen hadde fullført og kunne gi henne løsningen. Det så her ut til at J1 med fordel kunne ha arbeidet mer med oppgaven før løsningen ble presentert, men på samme tid gikk hun inn for å stille spørsmål både for å få en forståelse av oppgaven og av løsningen som ble presentert. Det antas derfor at hun har gjort en innsats for å ta aktiv del i egen læring. Også i denne gruppen gir mangel på kunnskap om privatistenes nivå og forkunnskaper vanskeligheter med å fastslå hvorvidt oppgaven lå på rett nivå for dem. Ut ifra diskusjonene som oppsto i gruppen virker det derimot som en rimelig antakelse at oppgavene, særlig tog-oppgaven, ga dem utfordringer som gjorde at de måtte strekke seg. Angående å ta utgangspunkt i privatistenes forkunnskaper ble dette forsøkt å ta hensyn til ved å gi dem oppgaver som var omskrivninger fra lærebok i faget de fulgte og som dermed krevde fysikk de skulle ha vært igjennom. Når det kommer til punktet om å få hjelp til å se sammenhenger, som en forutsetning for læring, blir dette betraktet som tilrettelagt for ved at privatistene fikk omskrivninger som la opp til at de skulle kunne være virkelighetsnære. For eksempel ble en opprinnelig oppgave om farten til et fly byttet ut til farten til et tog. Dette vil bli videre diskutert senere.

Det ble hos privatistene gjort observasjoner av arbeid i alle fasene for utforskende arbeidsmåte, både når de holdt på med tog-oppgaven og i problemløsning med skråplan-oppgaven. Når det kommer til konseptet dobbel refleksjonsbevegelse, igjen illustrert i figur 1, vurderer jeg det her som at elevene gjennom problemløsningen med de to oppgavene praktiserte begge de to refleksive bevegelsene. Det ble i begge oppgavene utviklet løsninger til oppgavespørsmålet (induksjon) og deretter utledet mulige konsekvenser (deduksjon). For eksempel ble det i tog-oppgaven formulert en konsekvens ved at de antok at dersom farten de fant skulle være rett så måtte denne stemme overens med farten tog har i virkeligheten. De gikk deretter inn for å vurdere samsvaret mellom sine resultater og forkunnskaper og annen tilgjengelig informasjon i lys av denne konsekvensen. Da disse ikke stemte overens gikk gruppen inn for å vurdere metodene sine for å se om de kunne finne nye løsninger som gav bedre samsvar. En kommentar her er at oppgaven privatistene fikk utdelt hadde en skrivefeil i oppgitte verdier, slik at utregnet fart ble vesentlig høyere enn den reelle farten tog har. I skråplan-oppgaven gjennomgikk gruppen de samme refleksive bevegelsene, men her vurderte de resultatet sitt som samsvarende med forkunnskaper og de gjennomgikk dermed ikke prosessene på nytt. Tilstedeværelsen av begge de refleksive bevegelsene og arbeid i alle de utforskende fasene kan tyde på at privatistene kan ha hatt en praksis som er forenelig med dybdelæring, og at slike oppgaver kan legge opp til arbeid som er tilstrekkelig utforskende.

Det ble generelt observert en god del *utforskende dialog*, men det ble ved flere anledninger, som nevnt, gjort observasjoner av *utfasende innspill*, *støttende dialog* og *konfronterende dialog*. En hovedutfordring for denne gruppen var derfor å holde seg til utforskende dialog, ikke bare når de var usikre på hva andre mente, men også når de var uenige, delvis enige eller helt enige. I denne økten var en av tingene jeg noterte meg at gruppen ikke la vekt på å diskutere om betingelser for bruk av fysiske prinsipper var oppfylt. Jeg anser dette som en utfordring for samsvar mellom problemløsningen og læreplaner da dette vil kunne stå i veien for det som i læreplanen skrives om at elevene skal få kunne utvikle forståelse for viktige konsepter og sammenhenger (Kunnskapsdepartementet, 2020b).

5.3 Konsekvenser for undervisning: Hvordan kunne helklassegjennomgang gi større grad av constructive alignment?

Støtte til å gjøre utforskende arbeid

Som beskrevet i avsnitt 2.3 skiller Gyllenpalm et al. (2010) mellom tre læringsutfall fra utforskende arbeidsmåter; kunnskap om hvordan forske, kunnskap om forskning i samfunnet, og kunnskap om det naturvitenskapelige fenomenet som utforskes. Da det i læreplanen for fysikk ved fagfornyelsen vektlegges at elevene skal få arbeide utforskende antar jeg derfor at elevene gjennom fysikkundervisningen skal få kunnskap om alle disse. Angell et al. (2019) presiserer at bruk av utforskende arbeidsmåter i undervisning anerkjenner behovet for utvikling av forskningskompetanse og kritiske holdninger hos elevene. Videre skriver de at utforskende arbeidsmåte har størst effekt på elevenes læring når elevene utvikler forklaringer, samt presenterer, begrunner og diskuterer disse forklaringene, i tillegg til at lærer hjelper til med å knytte forklaringene til forkunnskaper og faglige begreper. Med utgangspunkt i et konstruktivistisk læringsperspektiv med Piaget sine teorier, se avsnitt 2.1, vil elevene gjennom presentasjoner av egne og andres metoder kunne ende opp med et behov for ekvilibrium mellom egne forestillinger av oppgaven og presentasjonen andre gir, og elevene vil kunne måtte modifisere eller utvide sine kognitive skjema i møte med andre synspunkter enn sine egne. Med ønsket om at elevene skal få mest mulig læring fra undervisningen har dette lagt grunnlaget for diskusjonen rundt bruk av helklassegjennomgang som støttestruktur hos de to observerte gruppene.

Hmelo-Silver et al. (2007) påpeker at en av hensiktene med å bruke støttestrukturer er å rette elevenes fokus mot sentrale aspekter ved faget. Om de to første læringsutfallene fremhevet av Gyllenpalm et al. (2010) – kunnskap om å utforske og kunnskap om forskning i samfunnet – tenker jeg at elevene gjennom å måtte presentere sine metoder kunne fått verdifull lærdom rundt hvordan det å resonnerer og gjøre kritiske vurderinger av egne metoder og resultater er en del av det å drive med forskning. Dette tenker jeg ettersom de for eksempel kan være overbevist om resultatene sine, men likevel bli konfrontert med blant annet mangel på oppfyllelse av betingelser for fysiske prinsipper de har

benyttet, og at resultatene derfor gjerne ikke er tilstrekkelig likevel. Videre tenker jeg at det hadde vært en gylden anledning for dem til å få innblikk i at det ikke bare er én korrekt måte å gjøre vitenskap på, da ulike grupper kan ha brukt ulike metoder uten at noen av dem nødvendigvis er feil, og at det i forskning generelt alltid vil være viktig med god argumentasjon for benyttet metode for å kunne overbevise om egne resultater. Samtidig ville dette kunne gjort dem oppmerksomme på at ikke all forskning som publiseres nødvendigvis er god forskning, og at et viktig verktøy for å kunne ta stilling til hvilke forskning man finner troverdig ligger i det å gå inn og vurdere metodene bak de aktuelle forskningene. Læringsutfall med kunnskap om fysiske fenomener vil betraktes i andre avsnitt.

Støtte til bruk av fagbegreper

I læreplanen for fysikk heter det at elevene gjennom å jobbe utforskende kan bli oppmuntret til å samarbeide med andre om å bruke blant annet fagbegreper (Utdanningsdirektoratet, 2021). Som nevnt presiserer Angell et al. (2019) at bruk av utforskende arbeidsmåter har størst effekt på elevenes læring når elevene utvikler forklaringer, samt presenterer, begrunner og diskuterer disse forklaringene. I tillegg til dette fremhever de viktigheten av at lærer hjelper til med å knytte forklaringene til forkunnskaper og faglige begreper. En utfordring for constructive alignment som jeg registrerte fra problemløsningsøktene var, som nevnt, at det var svært lite bruk av fagbegreper. Som forklart i avsnitt 2.1, skiller Vygotsky mellom to typer begreper; spontane og vitenskapelige. Fosnot (2013) poengterer at vitenskapelige begreper må videreutvikles fra elevenes spontane begreper. Dette stemmer overens med det Angell et al. (2019) skriver om at elevenes spontane begreper vil kunne være et godt startpunkt for klasseromsaktiviteter, dersom formålet med disse aktivitetene er å videreutvikle elevenes begreper til vitenskapelige begreper. De viser til begrepet *internalisering*, som Vygotsky benyttet om prosessen med å bli i stand til å bruke begreper og ideer som tankeredsaker først etter å ha lært disse i sosiale sammenhenger. I Vygotskys teorier er utvikling av elevenes språk et mål i seg selv. Ettersom læreplanen legger opp til bruk av aktiviteter som skal fremme elevenes bruk av fagbegreper tenker jeg at denne teorien kan være relevant. Mercer og Littleton (2007) skrev om Vygotskys bruk av begrepet støttestillas (*scaffolding*), om det å støtte elevene i å komme opp til et nivå de ikke hadde kommet til på egenhånd. I masteroppgaven ble det i stedet bestemt å bruke begrepet støttestruktur. Den viktigste faglige støttestrukturen en lærer kan tilrettelegge for er ifølge Angell et al. (2019) utforskende samtale mellom elevene. Dette vil bli videre diskutert i neste avsnitt. Som skrevet i avsnitt 2.1 påpeker Dewey at tradisjonell undervisning med innledende presentasjon av begreper og definisjoner er uheldig, da det fremhever deduktiv tenking i undervisning og oppgaver. Han mener at elevene ved en slik undervisning ikke får mulighet til å bli kjent med observasjoner og fakta som skaper behovet for informasjonen før de blir bedt om å lære den (Kolstø, 2016b). En mulig tolkning av konsekvenser av dette er at elevene ikke skal få noe faglig gjennomgang på forhånd. Dette

kan nok også fungere bra dersom man legger opp til at behovet for ny informasjon kommer fra bruk av interessevekkende forsøk. Jeg tror ikke dette vil være like relevant når behovet for faglige begreper kommer fra problemløsning hvor elevene må ha noe kjennskap til relevante fysikkprinsipper for å klare og starte på oppgavene. Slik jeg ser det vil det likevel kunne være mulighet for en oppdeling av fremleggelse av teori ved å ikke nødvendigvis vektlegge selve de tekniske fagbegrepene, men heller fokusere på innholdet i dem første gang de presenteres. Når det kommer til bruk av helklassegjennomgang av oppgavene etter problemløsningsøkter, hvor elevene har fått mulighet til å utvikle spontane begreper om det aktuelle temaet på forhånd, tror jeg at dette kunne vært en fin anledning for lærer til å legge opp til internaliseringsprosesser. I en slik helklassegjennomgang kunne han eller hun ha bygd videre på elevenes spontane begreper og plassert de vitenskapelige begrepene i relevante kontekster som elevene nå allerede kjente til. For eksempel klarte privatistene å arbeide med oppgaven ved å bruke hverdagsord som «streker», selv om det de arbeidet med egentlig var «vektorer». Her hadde ikke lærer trengt å legge mye vekt på at lærlingene skulle lære seg selve begrepet «vektorer» før problemløsningen, så lenge de hadde fått innsikt i hvordan vektorer fungerer. I oppgaven lagde lærlingene seg forklaringer med dette spontane begrepet «streker», og lærer kunne i en helklassegjennomgang tatt utgangspunkt i disse forklaringene for å videreutvikle elevenes ordforråd med begrepet «vektorer».

Støtte til bruk av utforskende dialog

En hovedutfordring hos begge gruppene var lite eller mindre bruk av utforskende dialog. Dette er uheldig da utforskende dialog er særlig effektiv for læring (Mercer, 1996; Mercer & Littleton, 2007). Wells og Arauz (2006) påpeker at deltakerne i en dialog må gjøre aktive forsøk på å forstå hverandres prinsipper dersom dialogen skal være tilfredsstillende. Dette samsvarer også med Bakhtin (1998) sine tanker om at en lytter kun vil kunne si seg enig eller uenig, komme med reelle tilbakemeldinger eller benytte seg av uttalelsen dersom han eller hun inntar en aktivt svarende rolle. Som nevnt i innledningen er muntlige ferdigheter en av fem grunnleggende ferdigheter som elevene skal få utvikle i undervisningen, som en del av deres faglige kompetanse og som verktøy for læring og faglig forståelse (Kunnskapsdepartementet, 2020a). I tillegg poengteres det i overordnet del av læreplanen at elevene gjennom skolen skal få lære verdien av å takle motstand gjennom bruk av lyttende dialog, og at de skal få erfaring i å arbeide mot felles løsninger gjennom å lytte til andre samtidig som de argumenterer for egne synspunkter (Kunnskapsdepartementet, 2020c). Flere forskere har funnet at å la elever få trening i utforskende samtaler kan fremme deres læring og resonneringsferdigheter (Kolstø, 2016a). I tillegg skriver Angell et al. (2019), som nevnt, at tilrettelegging for utforskende dialog mellom elevene er den viktigste faglige støtten en lærer kan gi elevene under utforskende arbeid. En mulighet for å legge opp til at elevene skal ha utforskende dialoger er selvfølgelig å be dem følge Mercer sine foreslåtte

grunnregler for slik dialog. Grunnreglene er presentert i sin helhet i avsnitt 2.4. Jeg tror likevel ikke at dette vil gi noen garanti for at elevene følger reglene når de holder på med problemløsning. Som poengtert av Kolstø et al. (2019) vil det være nødvendig at elevene får trene på den kompetansen det faktisk er ønskelig at de skal bli gode på. Her tenker jeg at gjennomgang av oppgavene i helklasse kunne vært et godt utgangspunkt for både å gi elevene innblikk i hvordan reglene kan fungere i praksis, i tillegg til at de kunne fått trening i å faktisk bruke dem. Dersom elevene blir vant til å stille spørsmål, lytte til hverandre og å måtte begrunne sine valg er det mulig at de kunne tatt denne kunnskapen og måten å arbeide på inn i videre problemløsning. Denne tanken uttrykkes også i læreplanen hvor det presiseres at elevene gjennom å formulere spørsmål, søke svar og å uttrykke sin egen forståelse på ulike måter kan lære seg å ta en aktiv rolle i egen læring og utvikling (Kunnskapsdepartementet, 2020d).

Støtte til bruk av selvforklaring

Som forklart i avsnitt 2.2 er det vanskelig å gi konkrete definisjoner på begrepene *problem* og *problemløsning*, ettersom hva som anses som en utfordring er individuelt fra person til person. Angell et al. (2019) skriver at oppgaver i fysikk vil være kvantitative eller kvalitative problemer som må løses på en systematisk måte. Om problemløsning skrev Hmelo-Silver et al. (2007) at dette er situasjoner hvor elevene blant annet får lære faglig innhold og strategier. Som nevnt i læreplanen er det presisert at elevene skal få mulighet til å tilegne seg kunnskap på selvstendig vis (Kunnskapsdepartementet, 2020d). Som forklart i avsnitt 2.2 konkluderer Renkl (1997) med at det å utvikle selvforklaringsferdigheter hos et individ påvirker dets evner til å drive med problemløsning. I de observerte elevdialogene noterte jeg meg følgende utfordringer; Lærlingene praktiserte ikke vurdering av løsningsstegene sine, og begge gruppene hadde mangel på vurdering av om betingelser for de fysiske prinsippene som de tok i bruk var oppfylt. Dette er uheldig ettersom elever som er gode på problemløsning generelt reflekterer over begge disse aspektene (Angell et al., 2019; Renkl, 1997).

I de analyserte situasjonene arbeidet ikke lærlingene i *metodetesting* og de la minimal innsats i *konsistensvurdering*. Det å gå gjennom og vurdere løsningsmetode og resultat i etterkant av ferdig utregning er et av de fire trinnene som Polya (2014) fremhever som en viktig del av all problemløsning. Samtidig er dette en fase av problemløsningen som selv de flinkeste elever ofte hopper over (Polya, 2014). Jeg tror at en helklassegjennomgang etter problemløsningsøkten kunne vært positivt for lærlingene ved at det hadde sørget for at de minst én gang hadde gått gjennom og vurdert sine metoder og svar. En slik gjennomgang kunne altså resultert i at lærlingene hadde fått praktisert også den andre prosessen i den doble refleksjonsbevegelsen. Dette hadde vært ønskelig da læreplanen legger opp til at elevene skal oppnå dybdelæring og få utviklet sin forståelse for sammenhenger i faget, noe Kolstø (2016b) skriver at elevene kan få gjennom refleksjonsprosessen. Hos privatistene ble

arbeid i disse fasene, særlig i tog-oppgaven, vektlagt i relativ stor grad. Det at privatistene brukte mye tid på dette kan skyldes at de var klar over at de dagen etterpå skulle presentere løsningene sine for klassen og derfor var ekstra nøye på å kontrollere løsningene sine. Privatistene snakket en del om oppgaven de tidligere hadde arbeidet med, hvor svaret de hadde fått hadde stemt overens med fasit. De anså derfor svaret som greit, til tross for at et raskt googlesøk hadde gitt dem indikasjoner på at dette svaret var veldig høyt i forhold til farten som passasjerfly har i virkeligheten. Dette gjør at jeg sitter med to tilleggstanker om selve oppgaveformuleringene. Den første er at mangel på fasit kan ha gjort at privatistene gikk inn for å vurdere svarene sine mot andre kilder i større grad enn dersom de hadde hatt tilgang på fasit. Den andre er at bruk av oppgaver som er mer «virkelighetsnære» kan ha gitt opphav til flere diskusjoner om resultat og metode i gruppen. Privatisten betegnet som J1 knyttet for eksempel umiddelbart hastigheten på toget med hastigheten hun føler toget har til Voss, fordi hun da kunne sammenlikne med hastigheten på bilene ved siden av, som hun hadde en god formening om hva var. Hastigheten på fly kan derimot være vesentlig vanskeligere å vurdere og relatere til da man ikke har samme mulighet til å sammenlikne med kjente hastigheter. I gjennomgangen i helklasse hos privatistene var det flere som hadde reagert på dette, og dette gav opphav til diskusjoner om metode og resultater også her.

En annen «utfordring» for constructive alignment som ble notert var, som nevnt, mangel på refleksjon rundt betingelser for bruk av fysiske prinsipper og formler. I privatistenes problemløsning ble det for eksempel tidlig bestemt at de skulle bruke bevegelseslikningene i sine oppgaver, men det ble derimot ikke vektlagt å diskutere at bruk av disse krever at det er konstant akselerasjon. En tilleggskommentar er dog at gruppen antok konstant akselerasjon og brukte dette videre. Jeg velger her å kommentere det som en utfordring fordi jeg oppfattet valget om å benytte konstant akselerasjon som en forenkling og ikke i tilknytning til at bevegelseslikningene ikke kunne vært benyttet dersom det ikke var det. Angell et al. (2019) og Wittwer og Renkl (2010) peker på at man som lærer kan øke elevenes utbytte ved å støtte dem i å utvikle gode selvforklaringsvaner. Jeg tror at en elev, som ikke har fått en fullstendig forståelse for fysikk, kan ha vanskelig for å både skulle finne ut hvilke fysiske prinsipper som er aktuelle, og hvilke betingelser som er gjeldende for de enkelte prinsippene eller formlene. Samtidig anser jeg dette som veldig sentralt i fysikkfaget. I gjennomgangen i helklasse på privatisteskolen var lærer svært opptatt av å legge vekt på betingelsene for de fysiske prinsippene som gruppene fortalte at de hadde brukt, og stilte blant annet spørsmålene «Og hva må vi anta for at vi skal kunne benytte bevegelseslikningene?» eller «Husker du hvilke betingelser som måtte være oppfylt for å bruke det (prinsipp)?». Her hadde det vært mulig å gi støttestrukturer i form av å gi elevene hjelpemidler som skal stimulere til effektiv refleksjon, som Angell et al. (2019) påpeker som viktig. Dette kunne for eksempel vært konkrete beskjeder om at de ved bruk av fysiske prinsipper i

problemløsningen skal skrive ned hvilke betingelser som gjelder for disse og om betingelsene er oppfylt. Jeg tror likevel at dette for mange elever vil være en meget kompleks del av oppgaven, og som poengtert av Angell et al. (2019) vil flere elever i møte med for komplekse oppgaver ty til direkte avskrift av ferdige metoder. Jeg tror et slikt krav om å måtte skrive ned hvilke fysiske prinsipper som brukes og hvilke betingelser som er gjeldende for dem vil kunne resultere i at flere elever finner frem til prinsipper i boken og skriver ned noen setninger de finner uten å egentlig forstå hva som menes med dem. For ordenhets skyld kan jeg her nevne at jeg tror dette for mange elever også kunne fungert fint.

Wittwer og Renkl (2010) skriver at elevenes læring og utvikling kan bli hindret dersom de lager seg mangelfulle eller ukorrekte selvforklaringer. Angell et al. (2019) fremhever derfor at det kan være en fordel dersom elevene får modellert gode eksempler på selvforklaring. Da en utfordring som jeg noterte meg fra gruppene var mangel på vurdering av løsningssteg og oppfyllelse av betingelser for fysiske prinsipper, tror jeg en helklassegjennomgang hadde fungert bra for begge gruppene. Her kunne lærerne styrt elevenes presentasjoner inn på sentrale aspekter, som vurdering av løsningssteg og betingelser for fysiske prinsipper, og på den måten gitt dem trening i slik selvforklaring til bruk i videre problemløsning. Tanken bak dette har rot i det Vygotsky kalte internalisering, videre forklart i avsnitt 2.1. Samtidig hadde lærer kunne kontrollert for gale eller mangelfulle selvforklaringer.

Støtte til forbedring av løsning og forståelse

Dersom man legger opp til helklassegjennomgang vil det med stor sannsynlighet være forskjeller i hvordan de ulike gruppene har arbeidet. Noen grupper kan ha fått til oppgaven og vurdert gyldigheten av svaret sitt grundig, andre kan ha kommet frem til et svar og sagt seg fornøyd med en gang de fikk satt to streker under noe, mens andre igjen kanskje ikke har kommet frem til en løsning i det hele tatt. Her ville det kunne vært mulighet for lærer til å samle inn ulike forslag fra ulike grupper, som han eller hun kunne notert ned på tavlen til felles diskusjon i klassen. Som Polya (2014) understreker vil det alltid være mer man kan gjøre med et problem, enten ved at man kan gå inn for å forbedre løsningen eller at man går inn for å forbedre egen forståelse av løsningen. For lærlingen som kom frem til at kreftene i bardunen var 602 kg kunne en slik gjennomgang blant annet gitt en forbedring av løsningen, og et innblikk i når man skal regne om fra kilo til Newton og omvendt. For privatistene, som etter mye diskusjon gikk med på å dele avstanden «tog-vegg-tog» på to for å finne avstanden «tog-vegg», uten å egentlig forstå hvorfor de kunne gjøre dette, ga en gjennomgang anledning til å forbedre egen forståelse av løsningen. Gjennomgangen i helklasse for privatistene viste blant annet at privatistene fikk oppklart at dette var en rimelig antakelse grunnet den svært korte tiden det var snakk om og at toget ikke beveger seg nevneverdig fremover i disse tidsintervallene. Hos lærlingene, hvor ikke alle fikk til oppgaven, tror jeg også at en slik helklassegjennomgang kunne hatt positive effekter. Angell et al.

(2019) og Kapur (2008; 2015) skriver at elevers utbytte av gjennomgang av problemer på tavlen kan økes ved at elevene på forhånd har fått arbeide med problemet. Dette har grunnlag i forskning om produktiv feiling som undervisningsdesign, se avsnitt 2.2. Det presiseres igjen at det med helklassegjennomgang her ikke menes at lærer skal ta over gjennomgangen og presentere sin versjon av løsning på oppgaven, men at lærer kan ta notater fra elevenes metoder og forslag slik at det kan være lettere for elevene å følge med på alt som presenteres. I tillegg kan lærer da sørge for at alle forslag blir diskutert. Produktiv feiling har i utgangspunktet som startpunkt at flere av elevene ikke skal lykkes med å løse problemet. Jeg tror likevel at virkningen av en slik gjennomgang kunne hatt positive effekter for elever som ikke har fått det til, selv om flere andre kan ha klart oppgaven. Kapur (2008; 2015) skriver at elever som har fått anledning til å bruke egne kunnskaper til å skape delvis korrekte eller ukorrekte løsninger vil kunne være mer forberedt på å ta imot gjennomgangen. Denne tankegangen forklarer Angell et al. (2019) med at elevene ved å først streve med oppgavene på egenhånd kan relatere sine utfordringer til gjennomgangen. I gjennomgangen i helklasse på privatistkolen var det blant annet tydelig at elementet «dele på to» var noe gruppen var svært opptatt av å få oppklart.

Mulighet for dybdelæring og vurderingssituasjoner

I overordnet del av læreplanen understrekes det at skolen skal gi rom for dybdelæring slik at elevene får utvikle forståelse for viktige konsepter og sentrale sammenhenger i faget, i tillegg til å lære og anvende faglige kunnskaper og ferdigheter i kjente og ukjente sammenhenger. Som nevnt i avsnitt 2.1 påpeker Pellegrino og Hilton (2012) at dybdelæring både inkluderer innholdskunnskap om et tema, samt kunnskap om hvordan, hvorfor og når denne kunnskapen kan benyttes til å besvare spørsmål og løse problemer. Ludvigsen et al. (2014) fremhever blant annet at for å sørge for god læring i undervisningen må både lærer og elever være orienterte mot mål og progresjon. Dersom det er ønskelig at elevene skal prioriterer å forbedre sine kunnskaper om *hvordan* tilegne seg kunnskap i stedet for å finne *rett svar*, fremhever Marshall et al. (2009) nødvendigheten av å gi elevene underveisvurderinger som faktisk legger opp til fokus på utvikling av kunnskap. Som nevnt i innledningen skal fysikkelever etter fagfornyelsen få underveisvurderinger som fremmer deres kompetanse i fysikk. Videre vises det i læreplanen til at elevene kan få utvikle sin kompetanse blant annet gjennom å argumentere for metodevalg, reflektere over funn og gjøre kritiske vurderinger av kilder og informasjon. Om sluttvurdering er det bestemt at denne skal basere seg på den kompetansen eleven har vist, både skriftlig, muntlig og praktisk, ved å anvende kunnskaper og ferdigheter i faget til å utforske fenomener, formidle sammenhenger, argumentere for og kritisk vurdere løsninger. Her tenker jeg at helklassegjennomganger hvor elevene hadde presentert og argumentert for sine metoder og resultater kunne gitt lærerne et særlig godt grunnlag for å legge opp til vurdering, både underveis-

og sluttvurdering, som er i tråd med læreplanen. Jeg tenker dog at det ved bruk av dette som en del av sluttvurderingen ville vært et par forhåndsregler som måtte ha vært på plass. Dette vil forklares mer senere.

Når det kommer til undervisningsvurderinger er det tenkelig at slike helklassegjennomganger ville kunne gi lærerne mulighet til å gi undervisningsvurdering som kan støtte elevenes utvikling av problemløsningsferdigheter, samt argumenterings- og resonneringsferdigheter, i form av konstruktive kommentarer til deres forklaringer og metoder. I tillegg kunne helklassegjennomganger gi lærerne et grunnlag for karaktersetting basert på elevenes muntlige ferdigheter i det å formidle sammenhenger, argumentere for og kritisk vurdere løsninger. I avsnitt 2.2 ble undervisningsdesignet produktiv feiling presentert. Kapur (2015) skriver at dette er et todelt undervisningsdesign. Først må elevene få mulighet til å skape og utforske bruksområdene og begrensningene til ulike løsningsmetoder, etterfulgt av at de må få mulighet til å organisere og sette sammen sine løsningsmetoder eller forsøk på løsningsmetoder, til mer generelle metoder. Kapur (u.å.) vektlegger at lærer i den andre fasen har mulighet til å styre elevenes oppmerksomhet inn på kritiske elementer i konseptene, men at slike delingsøkter må fremheves som muligheter til å forbedre egne løsningsmetoder, og ikke som en plass hvor arbeidene skal bli vurdert som rette eller gale. Dersom det her hadde vært ønskelig å benytte helklassegjennomganger som undervisningsvurdering og som bidrag til sluttvurdering i fysikkfaget, tror jeg det derfor ville vært ekstra viktig at lærerne hadde sørget for at det ble bygget opp en holdning i klassen om at det ikke er meningen at det elevene presenterer skal få stampelet rett eller galt. Men at det i stedet kun er ment som en mulighet til å gå inn og vurdere stegene som er gjort slik at de kan få mulighet til å forbedre sine egne problemløsningsferdigheter til videre problemløsning. En forholdsregel lærer kunne tatt for å kunne bruke slike gjennomganger som sluttvurdering kunne for eksempel ha vært å presisere at «galt» svar eller argumentering for «feile» betingelser eller liknende, uansett ikke ville kunne virket negativt inn på karakteren deres i faget.

6 Konklusjon

Avsluttende kommentarer og forslag til videre forskning

I dette masterprosjektet har jeg analysert to situasjoner hvor elevgrupper har arbeidet med ustrukturerte fysikkoppgaver som var relevante for deres fag. Det ble i dette prosjektet utviklet kategorier for faser av utforskende arbeidsmåte og for dialogtyper, på et teoretisk grunnlag. Det ble deretter funnet karakteristika på disse slik de ble observert i datamaterialet. Funnene antyder at alle fasene av utforskende arbeidsmåte kan bli praktisert når en gruppe arbeider med ustrukturerte oppgaver, og at utforskende dialog kan forekomme. Videre tyder disse funnene på at det er mulighet for at noen av elevene i dette prosjektet kan ha oppnådd dybdelæring ved at dialogene deres inneholdt elementer fra begge refleksjonene i Dewey sitt konsept om en dobbel refleksjonsbevegelse – induksjon og deduksjon.

Samtidig viser funnene at det ikke er noen garanti for at alle elever gjennomgår en dobbel refleksjonsprosess på eget initiativ når de blir bedt om å arbeide med ustrukturerte fysikkoppgaver. Videre viser funnene at slike oppgaver også kan legge opp til flere ulike dialogtyper, og at det ikke er noen garanti for at elevene holder seg til utforskende dialog gjennom hele problemløsningsøkten. I lys av disse funnene, samt på bakgrunn av at det ble observert lite bruk av blant annet fagbegreper og vurdering av oppfyllelse av betingelser for bruk av fysiske prinsipper, ble det i oppgaven diskutert hvordan bruk av helklassegjennomgang kunne vært med på å øke graden av constructive alignment i de to undersøkte problemløsningsøktene.

Resultatene i studien virker interessant i henhold til å vurdere for videre bruk av ustrukturerte fysikkoppgaver i andre kontekster enn hos de to undersøkte gruppene. Det ble i masteroppgaven forsøkt å studere problemløsningsøktene i lys av teori om utforskende arbeidsmåter og elevdialoger, og det ble funnet at slik teori var relevant også for de to problemløsningsøktene i prosjektet. Det er videre forsøkt å gi rike beskrivelser av utvalg og kontekst, for at en leser skal kunne vurdere om masteroppgavens funn er relevant for egen kontekst. Det presiseres likevel at prosjektet i masteroppgaven ikke har hatt som hensikt å generalisere funnene i sin helhet. Det kan tenkes at benyttede teorier om utforskende arbeidsmåter, elevdialoger og støttestrukturer kan utvides til å gjelde generelt for elevers problemløsning av ustrukturerte oppgaver i fysikkundervisning, men til dette kreves det mere forskning med blant annet et større utvalg elevgrupper.

Videre hadde det vært interessant å analysere datamateriale hvor helklassegjennomgang i etterkant av hver problemløsningsøkt hadde vært benyttet over en lengre periode. Her vil det også være anledning til å undersøke muligheten for samsvar mellom slike økter og at det i læreplanen presiseres at elevene skal få oppleve aktiviteter av stadig økende kompleksitet (Kunnskapsdepartementet, 2020b) ved å ta utgangspunkt i oppgaver som opprinnelig har enda flere deloppgaver.

I min masteroppgave ble det tatt utgangspunkt i ustrukturerte fysikkoppgaver, hvor det var forsøkt å legge opp til en ekstra frihetsgrad i forhold til tradisjonelle lærebokoppgaver ved å gjøre valg av metode mer åpen for elevene. Det kan i tillegg være interessant å se på andre typer problemløsningsoppgaver og hvordan disse kan benyttes i undervisning som søker å etterstrebe samsvar mellom undervisning og nye læreplaner. Jeg tenker at et spennende prosjekt for videre forskning kan være å undersøke oppgaver med enda en frihetsgrad ved å gjøre også resultatet åpent for elevene. En mulighet for dette er å legge opp til at elevene skal arbeide med oppgaver hvor nødvendig informasjon er fjernet slik at elevene vil måtte gjøre flere antakelser i problemløsningen. For eksempel tenker jeg at dette kan gjennomføres ved å la elevene arbeide med en oppgave hvor massen til et objekt er relevant. Dersom man da fjerner informasjonen om verdien på massen til objektet vil elevene måtte gjøre antakelser om hva denne er, enten ved egen kunnskap eller at de må søke opp verdier for massen til det aktuelle objektet på internett eller i andre kilder. Elevene vil da kunne få ulike resultater basert på hvilken verdi de har valgt seg. Et slikt element kunne muligens resultere i at elevene måtte ha fulgt enda mer med på andres presentasjoner for å kunne vurdere deres metoder, da man vil ha fjernet muligheten for antakelser om at flere grupper har rett svar så lenge alle har fått samme svar. Dette vil nok kanskje kreve at elevene har en del erfaring med problemløsning, og kunne for eksempel blitt tilført etter hvert som elevene blir vant til ustrukturerte oppgaver som presentert i denne masteroppgaven. Jeg tenker at også dette vil være en fin anledning til å undersøke samsvar mellom problemløsningsøkter og kravet om at elever i henhold til læreplanen skal få oppgaver av stadig økende kompleksitet.

Litteraturliste

- Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E. K., Kolstø, S. D., Persson, J. & Renstrøm, R. (2019). *Fysikkdidaktikk*. Oslo: Cappelen Damm AS.
- Bakhtin, M. M. (1998). *Spørsmålet om talegenrane* (R. T. Slaattelid, Overs.). Bergen: Ariadne forlag.
- Byun, T. & Lee, G. (2014). Why students still can't solve physics problems after solving over 2000 problems. *American Journal of Physics*, 82(9), 906-913.
- Christoffersen, L. & Johannessen, A. (2012). *Forskningsmetode for lærerutdanningene* Abstrakt.
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2017). *Research methods in education* routledge.
- Collins, A., Brown, J. S. & Newman, S. E. (1987). Cognitive Apprenticeship: Teaching the Craft of Reading, Writing, and Mathematics. Technical Report No. 403.
- Dewey, J. (1910). *How we Think*. Boston, New York, Chicago: D. C. HEATH & CO.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Scott, P. & Mortimer, E. (1994). Constructing scientific knowledge in the classroom. *Educational researcher*, 23(7), 5-12.
- Firestone, W. A. (1993). Alternative arguments for generalizing from data as applied to qualitative research. *Educational researcher*, 22(4), 16-23.
- Fosnot, C. T. (2013). *Constructivism: Theory, perspectives, and practice* Teachers College Press.
- Grønmo, S. (2016). *Samfunnsvitenskapelige metoder* (2. utg.). Bergen: Fagbokforlaget Vigmostad & Bjørke AS.
- Gyllenpalm, J., Wickman, P.-O. & Holmgren, S.-O. (2010). Secondary science teachers' selective traditions and examples of inquiry-oriented approaches. *Nordic Studies in Science Education*, 6(1), 44-60.
- Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G. & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: a response to Kirschner, Sweller, and. *Educational psychologist*, 42(2), 99-107.
- Hoy, W. K. (2010). Quantitative Research in Education: A Primer. I *Quantitative research in education: A primer*. Thousand Oaks, California: SAGE Publications, Inc.
<https://doi.org/10.4135/9781452272061>
- Hsieh, H.-F. & Shannon, S. E. (2005). Three approaches to qualitative content analysis. *Qualitative health research*, 15(9), 1277-1288.
- Hsu, L., Brewe, E., Foster, T. M. & Harper, K. A. (2004). Resource letter RPS-1: Research in problem solving. *American Journal of Physics*, 72(9), 1147-1156.
- Kapur, M. (2008). Productive failure. *Cognition and instruction*, 26(3), 379-424.
- Kapur, M. (2015). Learning from productive failure. *Learning: Research and practice*, 1(1), 51-65.
- Kapur, M. (u.å.). Productive Failure. Hentet fra <https://www.manukapur.com/productive-failure/>
- Knain, E., Bjønnes, B. & Kolstø, S. D. (2019). Rammer og støttestrukturer i utforskende arbeidsmåter. I *Elever som forskere i naturfag* (2. utg., s. 70-102). Oslo: Universitetsforlaget.
- Knain, E. & Kolstø, S. D. (2019). Utforskende arbeidsmåter - en oversikt. I *Elever som forskere i naturfag* (2. utg., s. 15-43). Oslo: Universitetsforlaget.
- Kolstø, S. D. (2016a). Alle elever kan delta i faglige diskusjoner. I F. Thorsheim, S. D. Kolstø & M. U. Andresen (Red.), *Erfaringsbasert læring* (s. 111-139). Bergen: Fagbokforlaget.
- Kolstø, S. D. (2016b). Læring krever språkliggjort refleksjon. I *Erfaringsbasert læring. Naturfagdidaktikk* (s. 199-231). Bergen: Vigmostad & Bjørke AS.
- Kolstø, S. D. (2018). Use of dialogue to scaffold students' inquiry-based learning. *Nordic Studies in Science Education*, 14(2), 154-169.
- Kolstø, S. D., Bjønnes, B., Klevenberg, B. & Mestad, I. (2019). Vurdering ved bruk av utforskende arbeidsmåter. I *Elever som forskere i naturfag* (2. utg., s. 171-211). Oslo: Universitetsforlaget.
- Kunnskapsdepartementet. (2020a). *Overordnet del - Grunnleggende ferdigheter*. Hentet fra <https://www.udir.no/lk20/overordnet-del/prinsipper-for-laring-utvikling-og-danning/grunnleggende-ferdigheter/?lang=nob>

- Kunnskapsdepartementet. (2020b). *Overordnet del - Kompetanse i fagene*. Hentet fra <https://www.udir.no/lk20/overordnet-del/prinsipper-for-laring-utvikling-og-danning/kompetanse-i-fagene/?lang=nob>
- Kunnskapsdepartementet. (2020c). *Overordnet del - Sosial læring og utvikling*. Hentet fra <https://www.udir.no/lk20/overordnet-del/prinsipper-for-laring-utvikling-og-danning/sosial-laring-og-utvikling/?lang=nob>
- Kunnskapsdepartementet. (2020d). *Overordnet del - Å lære å lære*. Hentet fra <https://www.udir.no/lk20/overordnet-del/prinsipper-for-laring-utvikling-og-danning/2.4-a-lare-a-lare/?lang=nob>
- Kvale, S. & Brinkmann, S. (2009). *Det kvalitative forskningsintervju* (bd. 3, T. M. Anderssen & J. Rygge, Overs.). Gyldendal Norsk Forlag.
- Ludvigsen, S., Elverhøi, P., Ishaq, B., Rasmussen, J., Sundberg, D., Gundersen, E., ... Korpås, S. (2014). *Elevenes læring i fremtidens skole. Et kunnskapsgrunnlag* (NOU 2014: 7). Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/NOU-2014-7/id766593/?ch=1>
- Marshall, J. C., Horton, B. & Smart, J. (2009). 4E× 2 instructional model: Uniting three learning constructs to improve praxis in science and mathematics classrooms. *Journal of Science Teacher Education*, 20(6), 501-516.
- Mercer, N. (1996). The quality of talk in children's collaborative activity in the classroom. *Learning and instruction*, 6(4), 359-377.
- Mercer, N. & Littleton, K. (2007). *Dialogue and the Development of Children's Thinking. A Sociocultural approach* Routledge.
- Merriam, S. B. (1998). *Qualitative Research and Case Study Applications in Education* (2. utg.). San Francisco, California: Jossey-Bass Publishers.
- Mullis, I. V. & Martin, M. O. (2014). *TIMMS Advanced 2015 Assessment Frameworks* ERIC.
- Nilssen, V. (2012). *Analyse i kvalitative studier. Den skrivende forskeren*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Patton, M. Q. (2002). *Qualitative Research & Evaluation Methods* (bd. 3). California: Sage Publications, Inc.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., ... Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational research review*, 14, 47-61.
- Pellegrino, J. W. & Hilton, M. L. (2012). *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*. Washington DC: National Academic Press.
- Polya, G. (2014). *How to Solve It*. United States of America: Princeton University Press.
- Renkl, A. (1997). Learning from worked-out examples: A study on individual differences. *Cognitive science*, 21(1), 1-29.
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical Problem Solving*. San Diego: Academic press, Inc.
- Schoenfeld, A. H. (2016). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics (Reprint). *Journal of Education*, 196(2), 1-38.
- Säljö, R. (2013). Støtte til læring - tradisjoner og perspektiver. I R. J. Krumsvik & R. Säljö (Red.), *Praktisk pedagogisk utdanning* (s. 53-79). Bergen: Fagbokforlaget.
- Thorsheim, F., Kolstø, S. D. & Andresen, M. U. (2016). *Erfaringsbasert læring. Naturfagdidaktikk* Vigmostad & Bjørke.
- Utdanningsdirektoratet. (2021). *Læreplan i fysikk* (FYS01-02). Hentet fra <https://www.udir.no/lk20/fys01-02>
- Wells, G. & Arauz, R. M. (2006). Dialogue in the classroom. *The Journal of the Learning sciences*, 15(3), 379-428.
- Wittwer, J. & Renkl, A. (2010). How effective are instructional explanations in example-based learning? A meta-analytic review. *Educational Psychology Review*, 22(4), 393-409.

Vedlegg

Vil du delta i forskningsprosjektet

Utforskende oppgaveløsning i fysikk

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å se på hvordan elever arbeider i møte med større oppgaver. I dette skrevet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

Formål

Prosjektet er knyttet til min masteroppgave ved Universitet i Bergen. Formålet med prosjektet er å undersøke hvordan elever diskuterer når de prøver å finne metoder og løsninger i oppgaver som er sammensatt av flere mindre deloppgaver.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Universitetet i Bergen er ansvarlig for prosjektet og arbeidet utføres ved Institutt for fysikk og teknologi.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Som privatist i faget Fysikk 1 vil du jobbe med oppgaver som er interessante for masteroppgaven. Jeg ønsker å se på diskusjonene som oppstår og hvordan slike oppgaver påvirker læringsprosessen. I tillegg ønsker jeg å se på mulighetene for å overføre denne oppgaveløsningen til andre fysikkfaglige klasserom.

Hva innebærer det for deg å delta?

Dersom du velger å delta i prosjektet innebærer dette at en lydopptaker vil registrere diskusjonene som oppstår mellom gruppemedlemmene når gruppen skal arbeide med en oppgave i faget. Prosjektet krever ikke gjennomføring av flere oppgaver enn dem som er lagt opp for faget.

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykket tilbake uten å oppgi noen grunn. Ingenting av det du sier på opptak vil da bli brukt. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

Da prosjektet legger opp til bruk av allerede oppsatte oppgaver vil du kunne, dersom du ikke ønsker å delta i prosjektet, arbeide med samme oppgaver, men uten lydopptaker til stedet.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

Fra opptakene vil vi bare bruke opplysninger og innlegg i oppgavediskusjonene som er relevante for prosjektet og til formålene vi har fortalt om i dette skrevet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. Alt som brukes i masteroppgaven vil anonymiseres, og det vil derfor ikke være mulig å gjenkjenne dere i denne.

Fra Institutt for fysikk og teknologi vil følgende personer ha tilgang til filer fra lydopptak

- Lene Svanevik (*masterstudent*)
- Stein Dankert Kolstø (*masterveileder*)

For å forhindre at andre får tilgang til personopplysninger vil all data anonymiseres med egne koder.

Hva skjer med opplysningene dine når vi avslutter forskningsprosjektet?

Lydopptak vil slettes ved prosjektets slutt 15. juli 2021. Tekstfiler hvor vi skriver inn oppgavediskusjonene vil være helt anonymiserte og vil bli oppbevart videre bak Universitetet sin passord-mur i tilfelle andre studenter kan bruke dem i sin forskning.

Dine rettigheter

Så lenge du kan identifiseres i lydopptakene, har du rett til:

- innsyn i hvilke personopplysninger som er registrert om deg, og få utlevert en kopi av opplysningene,
- å få rettet personopplysninger om deg,
- å få slettet personopplysninger om deg, og
- å sende klage til 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 Institutt for fysikk og teknologi ved Universitetet i Bergen 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:

- Masterstudent Lene Svanevik ved Institutt for fysikk og teknologi.
Kan kontaktes på tlf. [REDACTED] eller e-post [REDACTED]
- Professor Stein Dankert Kolstø ved Institutt for fysikk og teknologi
Kan kontaktes på tlf. [REDACTED] eller e-post [REDACTED]
- Personvernombud ved Universitetet i Bergen: Janecke Helene Veim.
Kan kontaktes på tlf. [REDACTED] eller e-post [REDACTED]

Hvis du har spørsmål knyttet til NSD sin vurdering av prosjektet, kan du ta kontakt med:

- NSD – Norsk senter for forskningsdata AS på epost [REDACTED] eller på telefon: [REDACTED]

Med vennlig hilsen

Stein Dankert Kolstø
(Veileder)

Lene Svanevik
(Masterstudent)

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet Utforskende oppgaveløsning i fysikk, og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å delta i oppgaveløsning med lydopptaker til stedet

Jeg samtykker til at mine opplysninger behandles frem til prosjektet er avsluttet

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Vedlegg 2: Oppgaver gitt til elevene

Oppgaver fysikk 1

Oppgave 1 privatister

Foran på et tog er det festet en laser. Toget kjører rett fremover mot en vegg et stykke unna. Ved tidspunkt A slås laseren på i veldig kort tid, slik at det sendes ut en lyspuls. Pulsen blir reflektert fra veggen og når tilbake til toget $26,2 \mu\text{s}$ senere. Ved et tidspunkt B, nøyaktig to sekunder etter den første pulsen ble sendt ut, sendes det ut en ny puls. Denne pulsen når tilbake etter $21,4 \mu\text{s}$. Hva er farten til toget?

Oppgave 2 privatister

Rolf har en lekebil som han gir fart og som da triller oppover et skråplan. Når Rolf slipper lekebilen, har den farten $5,1 \text{ m/s}$. Bilen triller i $2,5 \text{ s}$ før den snur og triller ned igjen. Hva er farten til lekebilen 3 sekunder etter at Rolf slipper den?

Oppgave lærlinger

Finn strekkraften til bardunen

