

## Studenten som bartender?

*Argumentasjon i et åpent forsøk i fysikk*

—

**Isak Ripman**

*FYS-3907 Mastergradsoppgave i fysikk ved lektorutdanningen, trinn 8-13, Juni 2019*





## **Sammendrag**

Denne masteroppgaven tar for seg praktisk arbeid i fysikk i form av en åpen øvelse på universitetsnivå, hvordan øvelsen legger til rette for kreativitet og planlegging av egne metoder. Forskningen på utforskende arbeid, derunder åpne øvelser, er delt. Oppgaven tar hensyn til kritikken og presenterer områder hvor åpne øvelser kan bidra til utvikling av kreativitet og kompetanse i utforskende arbeid.

I oppgaven er det brukt både kvalitative og kvantitative metoder for å samle inn data. Observasjoner underveis i øvelsen brukes til å beskrive det praktiske som foregikk. Rapporter studentene skriver i etterkant av øvelsen analyseres ved å bruke et rammeverk basert på Toulmins argument pattern. Rapportene fra den åpne øvelsen blir sammenlignet med rapporter fra en lukket øvelse. Kvantitative data fra rapportene blir analysert med deskriptiv statistikk og korrelasjonsanalyse.

Fra en analyse av øvelsenes effektivitet viser det seg at nivået den åpne og de lukkede øvelsene var effektivt på var det samme. Resultatene fra analysen av argumentasjon i studentenes rapporter viser til en økt argumentasjon i åpne øvelser men ingen økning i kvalitet. En vurdering av studentenes gjennomføring av den åpne øvelsen viste lite kreativitet i valg av gjennomføring og målemetode. Resultatene om argumentasjon og kreativitet kobles til utforming av øvelsen og undervisningen før og under. Det blir derfor konkludert med at øvelsens åpenhet ikke er den mest påvirkende faktoren for å utvikle studentenes kreativitet og kompetanse.



## **Forord**

Denne masteroppgaven markerer slutten på fem år som masterstudent på lektorutdanninga ved UiT. Det har vært en lærerik tid som har økt motivasjonen min for læreryrket og gjort meg klar til å ta fatt på utfordringene som finnes i klasserommet.

Etter en spennende tid med utvikling av et forsøk og skriving av oppgaven vil jeg først takke de to veilederne mine: Olav Gaute Hellesø fra Institutt for fysikk og teknologi og Hans-Georg Køller fra Institutt for lærerutdanning og pedagogikk. Takk for alle innspill, tilbakemeldinger og gode råd. Uten deres kompetanse ville ikke oppgaven kunne blitt like god som den ble. Det må også rettes en takk til studentene som tok kurset og gjennomførte øvelsen jeg utviklet.

Jeg vil takke mine medstudenter på studiet for en hyggelig og lærerik tid ved universitetet. En spesiell takk til alle på lesesalen hvor det ble tilbrakt mangfoldige timer. Selv ikke innspurten på skrivinga klarte å legge en demper på den gode stemninga.

Tromsø, Juni 2019

Isak Ripman



# Innholdsfortegnelse

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | Innledning.....                          | 1  |
| 1.1   | Bakgrunn .....                           | 1  |
| 1.2   | Problemstilling.....                     | 2  |
| 1.3   | Omfang av oppgaven.....                  | 2  |
| 2     | Teori .....                              | 5  |
| 2.1   | Konstruktivisme.....                     | 5  |
| 2.2   | Argumentasjon.....                       | 6  |
| 2.2.1 | Argumentasjon i fysikk .....             | 6  |
| 2.2.2 | Toulmins argument pattern (TAP) .....    | 6  |
| 2.3   | Eksperimentet i fysikkundervisning ..... | 10 |
| 2.3.1 | Fysikkundervisning i skolen.....         | 10 |
| 2.3.2 | Eksperimentet i undervisning.....        | 11 |
| 2.3.3 | Effektiviteten av forsøk.....            | 12 |
| 2.4   | Åpne eller lukkede forsøk.....           | 15 |
| 2.4.1 | Hva er et åpent forsøk .....             | 16 |
| 3     | Metode.....                              | 19 |
| 3.1   | Øvelsen .....                            | 19 |
| 3.1.1 | Utvikling.....                           | 19 |
| 3.1.2 | Gjennomføring .....                      | 21 |
| 3.2   | Datamateriale.....                       | 22 |
| 3.2.1 | Observasjon.....                         | 23 |
| 3.2.2 | Rapporter .....                          | 24 |
| 3.2.3 | Lydopptak.....                           | 25 |
| 3.3   | Analyse av data.....                     | 26 |

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 3.3.1 | Forsøkets effektivitet.....                                 | 26 |
| 3.3.2 | Studentenes argumentasjon .....                             | 26 |
| 3.3.3 | Studentenes rapporter .....                                 | 27 |
| 3.3.4 | Statistiske metoder .....                                   | 27 |
| 3.4   | Validitet og reliabilitet.....                              | 28 |
| 3.4.1 | Validitet.....  | 28 |
| 3.4.2 | Reliabilitet .....  | 30 |
| 4     | Resultater.....   | 31 |
| 4.1   | Argumentasjon.....  | 31 |
| 4.1.1 | Analyse av rapportene .....                                 | 31 |
| 4.1.2 | Analyse av lydopptak .....                                  | 36 |
| 4.2   | Relatert til øvelsen .....                                  | 36 |
| 5     | Diskusjon.....  | 37 |
| 5.1   | Effektiviteten av øvelsen .....                             | 37 |
| 5.2   | Studentenes muntlige argumentasjon .....                    | 37 |
| 5.3   | Studentenes skriftlige argumentasjon .....                  | 38 |
| 5.3.1 | Statistiske implikasjoner .....                             | 39 |
| 5.4   | Konsekvenser av øvelsens utforming .....                    | 39 |
| 5.5   | Utfordringer med vurdering.....                             | 40 |
| 5.6   | Muligheter for utvikling av argumentasjon .....             | 41 |
| 6     | Avslutning .....  | 43 |
| 6.1   | Veien videre.....   | 44 |
|       | Litteratur.....   | 45 |
|       | Vedlegg A – Verktøy for evaluering av praktisk arbeid ..... | 50 |
|       | Vedlegg B – Oppgaveark til åpen øvelse .....                | 53 |



## Tabelliste

|   |    |
|---|----|
| Tabell 1 - Komponentene i Toulmins argumentasjonsmønster (Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2012; Simon & Johnson, 2008)..... | 8  |
| Tabell 2 – Rammeverk med Inndeling av argumenter i nivåer basert på TAP (Katchevich mfl., 2013).....                      | 10 |
| Tabell 3 - Analytisk rammeverk for å vurdere effektiviteten av et forsøk. Min oversettelse. .                             | 15 |
| Tabell 4 - Eksperimentets frihetsgrader gjengitt fra Angell (2011) basert på Herron (1971)..                              | 16 |
| Tabell 5 - Hovedforskjeller mellom kvantitativ og kvalitativ design (Ringdal, 2018). .....                                | 23 |
| Tabell 6 - Fordeling i prosent av argumentene fra rapportene. ....  | 31 |
| Tabell 7 - Shapiro-Wilk test for fordelingen av argumenter .....  | 32 |
| Tabell 8 - Shapiro-Wilk test for karakterenes fordeling .....   | 33 |
| Tabell 9 – Studentenes karakterer .....   | 34 |
| Tabell 10 - Korrelasjon for øvelse 1.....   | 35 |
| Tabell 11 - Korrelasjon for øvelse 2.....   | 35 |

## Figurliste

|  |    |
|--|----|
| Figur 1 - En visualisering av Toulmins argumentasjonsmønster (Simon, Erduran & Osborne, 2006).....   | 9  |
| Figur 2 - Modell for utvikling og evaluering av et forsøk hentet fra Abrahams og Millar (2008).<br>.....   | 13 |
| Figur 3 – «The inquiry contiunuum». En todimensjonal modell for å beskrive eksperimenter utviklet av Brown, Abell, Demir og Schmidt (2006). Min oversettelse. .... | 17 |
| Figur 4 - Gjennomsnittlig frekvens av argumenter. Feilflaggene viser ett standardavvik. ....   | 32 |
| Figur 5 - Kvantil-kvantil plott av argumentene i øvelse 2 .....  | 33 |
| Figur 6 - Fordelingen av argumenter i diskusjonen .....  | 36 |



# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn

Når jeg tok det innførende emnet i eksperimentelt arbeid i fysikk ved UiT som student var det en interessant opplevelse. Fysikken skulle ut i praksis og den skulle måles. Læringen av hvordan man skulle jobbe på fysikkklubben og dokumentere det som ble gjort var til tider utfordrende. Men etter hvert som kompetansen økte savnet jeg å kunne prøve ut tanker og ideer underveis i øvelsene. Når Olav-Gaute så kom med et forslag til masteroppgave som gikk ut på å utvikle en ny øvelse til emnet. Ønsket var at øvelsen skulle være gi større frihet og eventuelt gi rom for kreativitet. Fra tidligere år på universitetet har jeg erfaring fra åpne forsøk i ungdom- og videregående skole så å gjennomføre et lignende forsøk på eldre studenter var spennende.

I norsk skole har arbeidet med PISA hatt stor innflytelse på hva som skal læres og hvordan det oppnås (Sjøberg, 2009). Blant annet fokuset på scientific literacy introdusert et ønske om kompetanse utover teori, fakta og det rent praktiske. Studenten som kommer fra videregående skal altså inneha mer enn bare fagkunnskaper som universitetet kan bygge videre på. De eksisterende øvelsene i emnet dekker deler av kompetansen men klarer ikke å dekke de utforskende aspektene.

For å gjennomføre utforskende arbeid kreves det alltid en grad av kreativitet, enten for å finne måter å gå fram på eller for å forklare nye fenomener. Dessverre er kreativitet vanskelig å finne et mål på og kanskje vanskeligere å lære (DeHaan, 2009). «Jeg er ikke kreativ» er en vanlig talemåte, som om det var en ferdighet kun enkelte er født med. Å kreve kreativitet i øvelsen er altså nødvendig men utfordrende.

I oppgaven falt valget på en åpen øvelse for å gi studentene mer frihet og muligheten til å utøve en større bredde av kompetanse. Meningene om denne typen undervisning er delt i litteraturen, med flere svært kritiske røster og andre som bare ser positive sider. Arbeidet med utvikling av

øvelsen er derfor todelt, den skal passe innenfor rammene av emnet men også være i stand til å utvikle studentenes kompetanse.

## **1.2 Problemstilling**

Ut i fra dette har oppgaven følgende problemstilling:

*Hvordan kan åpne forsøk i fysikk på universitetsnivå brukes til å utvikle studenters kreativitet og kompetanse innenfor vitenskapelig utforskende arbeid?*

For å svare på problemstillingen har jeg spisset arbeidet med tre forskningsspørsmål.

FS. 1: Er det praktisk å kun gjennomføre én enkelt åpen øvelse i et fysikk-emne på universitetsnivå?

FS. 2: I hvor stor grad klarer studentene å argumentere for valgene de gjør i den åpne øvelsen?

FS. 3: Er det korrelasjon mellom endelig karakter i emnet og hvor godt studentene argumenterer i øvelsen?

## **1.3 Omfang av oppgaven**

Det første forskningsspørsmålet er både relatert til Olav-Gautes ønske om at øvelsen skal kunne brukes flere ganger og til en undersøkelse av øvelsens effektivitet. Hvis den skal gjentas gang emnet tilbys må det kunne fungere uten mye tilpassing av timeplanen.

For å avgrense kompetansebegrepet velger jeg å undersøke studentenes argumentasjon. Både skriftlig og muntlig argumentasjon er en stor del av naturfaglig kompetanse og begge vil finnes igjen i åpne og lukkede øvelser. I åpne øvelser er argumentasjonen dog mer sentral enn i lukkede forsøk siden hver gruppe selv velger hvordan øvelsen skal gjennomføres. Metoden som blir valgt må derfor argumenteres for på en overbevisende måte (Sandoval & Millwood, 2005).

En studie av alle øvelsene i løpet av semesteret ville ikke vært mulig innenfor rammene av oppgaven, så valget falt på øvelsen jeg utvikler og til sammen tre andre relaterte øvelser. Fra disse øvelsene skriver studentene til sammen to rapporter, fra min øvelse og fra en av de andre. Datamaterialet fylles ut med lydopptak av studentenes samtale under øvelsen. På grunn av mengden arbeid som kreves ved bruk av det valgte analyseverktøyet ser jeg bare på samtale fra min øvelse.



## 2 Teori

### 2.1 Konstruktivisme

Det presenteres her en teori for læring, ikke en teori for undervisning. Som det blir sagt i Sjøberg (2009) kan forskjellen mellom læringsteori og undervisningsteori vises gjennom en fotballkamp. På en fotballbane vet vi at all bevegelse kan beskrives av Newtons lover men uansett hvor detaljert modellen er vil den aldri kunne si noe om hvordan man spiller en kamp for å få flest mål. Parallellen til klasserommet er at kunnskapssynet prøver å forklare læringen men det klarer ikke å gi oss den perfekte undervisningen.

Konstruktivisme i faglitteraturen er ofte brukt og med stor spredning i hva forfatteren legger i begrepet. Matthews (2002) beskriver utgangspunktet for konstruktivisme som en psykologisk påstand om at barn må konstruere sin egen kunnskap, tilsatt en dose filosofisk konstruktivisme inspirert av Thomas Kuhn. Som gir en treffende læringsteori men ingen triviell kobling til undervisning basert på konstruktivisme (Kirschner, Sweller & Clark, 2006).

Overordnet for enhver definisjon på konstruktivisme kan vi putte en overbevisning om at eleven må være en aktiv deltaker i læringsprosessen (Quale, 2003; Sjøberg, 2009). Eleven er ikke et blankt ark som skal fylles med objektivt sann kunnskap av en lærer. Den må selv gjøre en innsats for å ta til seg ny kunnskap og omforme den så den passer i egen virkelighetsoppfatning (Hofstein & Lunetta, 2004). Et slikt syn ligger tett opp mot men treffer ikke helt Von Glasersfelds radikale konstruktivisme hvor all kunnskap læres som en tilpasning av elevens opplevelsesverden, og ikke som en refleksjon av en objektiv virkelighet (Quale, 2003). En litt mildere og mer treffende variant finner vi i både Matthews (2002) og Sjøberg (2009). Her er de enige med Glaserfeld i at eleven må bygge sin egen kunnskap men de går ikke så langt som å si at det ikke finnes noen ekstern virkelighet som kunnskapen bygges på.

Det åpenbare undervisningsopplegget basert på konstruktivistisk læringsteori er å plassere studenten i en autentisk læringssituasjon slik at den kan skape sin egen kunnskap som en

forsker. Denne formen for undervisning kalles ofte «studenten som forsker» og er blitt sterkt kritisert i studier som ser på læringseffekt av utforskende oppgaver uten støtte fra lærer (Kirschner mfl., 2006). Problemene med opplegget oppstår når studentens kunnskapsnivå ikke blir tatt hensyn til, og det forventes at den skal operere på samme nivå som en forsker som er ekspert på området.

## **2.2 Argumentasjon**

### **2.2.1 Argumentasjon i fysikk**

Argumentasjonsferdigheter i en vitenskapelig kontekst er viktig fordi det er tett knyttet til vitenskap som et sosialt konstrukt. Hvor kunnskap utvikles gjennom å overbevise andre forskere at ens egen tolkning av datamaterialet er riktig (Driver, Leach & Millar, 1996).

Giere, Mauldin og Bickle (2006) argumenterer for en modell av en vitenskapelig episode bestående av fire komponenter. Det fysiske objektet eller fenomenet som undersøkes og en modell av objektet eller fenomenet. Deretter trengs beregninger eller forutsigelser som er basert på modellen og det eksperimentelle oppsettet. Disse skal beskrive hvilke data som forventes om modellen er sann. Til sist, data generert gjennom eksperimenter satt opp etter antagelsene i modellen. Prosessen for å bestemme hva som skal aksepteres som data og hvilke forutsigelser er realistiske styres av argumentasjon (Driver, Newton & Osborne, 2000).

### **2.2.2 Toulmins argument pattern (TAP)**

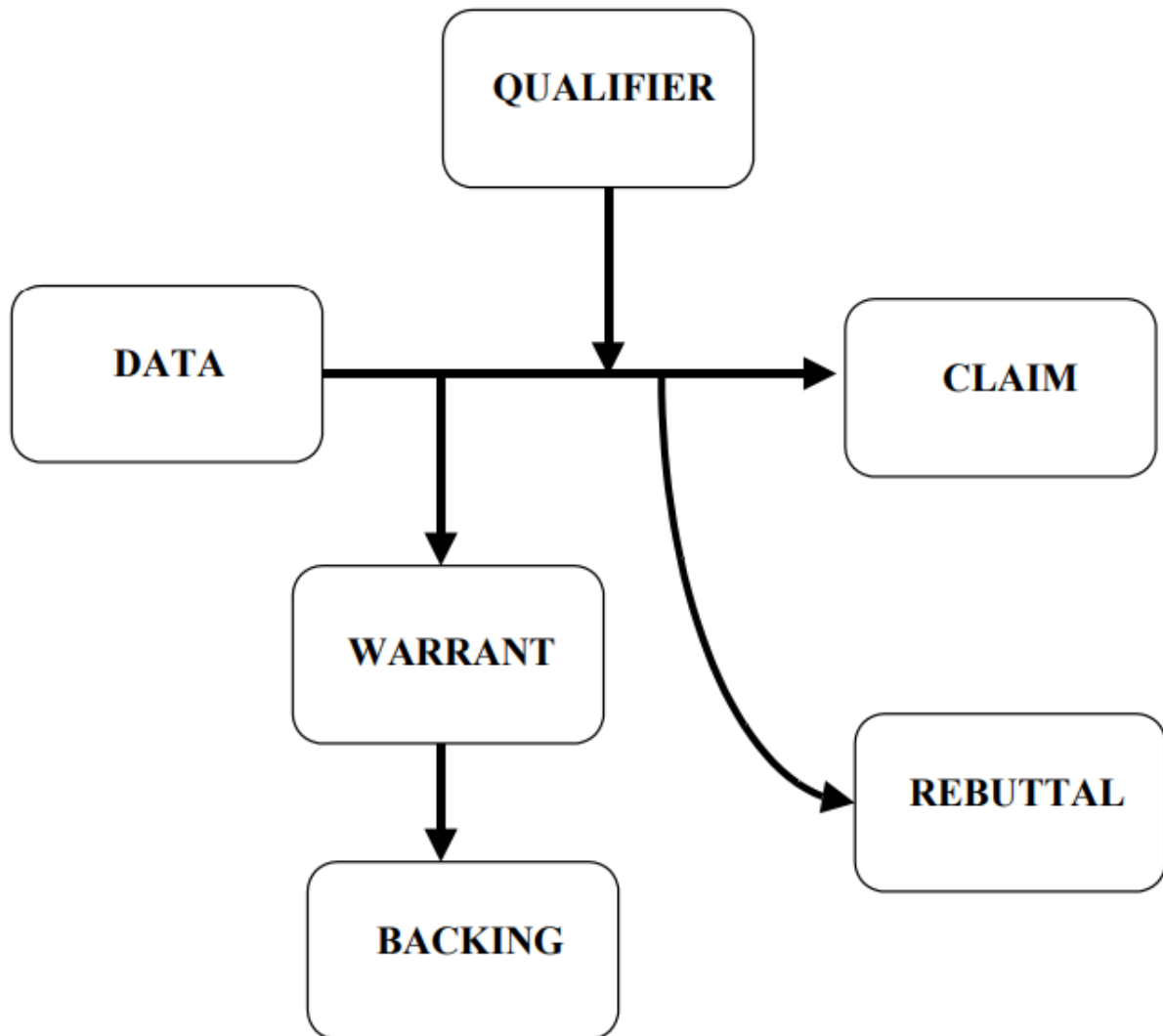
I den mye sitert artikkelen «The uses of argument» fra 1958 la Toulmin fram sin idé om et mønster som skulle beskrive komponentene i et argument og gi oversikt over sammenhengen mellom disse. Dette mønsteret har blitt kjent som Toulmins argumentasjonsmønster og kan brukes til å klassifisere argumenter uavhengig av fagfelt. I min bruk av modellen har jeg beholdt de engelske ordene som navn på hver komponent med en avklaring av hva jeg legger i hvert begrep i Tabell 1.



Modellen ble utviklet med fokus på tilfeller hvor det brukes til å forsvare en påstand (Hitchcock & Verheij, 2006). I denne prosessen hevder vi først noe og kommer med en påstand (claims). Bli denne utfordret må vi presentere fakta eller datamateriale som støtter påstanden (data). Det kan være nødvendig å argumentere for riktigheten av disse fakta i et eget argument for at de blir akseptert. Om det ikke er en triviell kobling mellom data og påstand kan vi presisere hvordan vi kommer fram til påstanden (warrants) og hvilke tilfeller den holder for (qualifiers). Hvis det er nødvendig kan vi trekke inn antagelser som ligger til grunn for koblingen (backings). Hvilke antagelser som er relevante og nødvendige for argumentet varierer mellom fagområder, men innenfor fysikken vil det ofte være lover eller matematiske uttrykk. En visualisering av framstillingen av et argument som beskrevet her er gitt i Figur 1.

Tabell 1 - Komponentene i Toulmins argumentasjonsmønster (Erduran & Jiménez-Aleixandre, 2012; Simon & Johnson, 2008).

| <b>Komponent</b>  | <b>Betydning</b>  |
|-------------------|---|
| <b>Claims</b>     | Påstander om hva som eksisterer eller personers verdier.                |
| <b>Data</b>       | Uttalelser som brukes som bevis for å støtte opp under påstanden.       |
| <b>Warrants</b>   | Uttalelser som forklarer koblingen mellom data og påstand.              |
| <b>Qualifiers</b> | Forhold eller tilfeller hvor påstanden er sann.                         |
| <b>Backings</b>   | Underliggende antagelser som ofte ikke blir uttalt eksplisitt.          |
| <b>Rebuttals</b>  | Uttalelser som motsier en av komponentene som støtter opp om påstanden. |



*Figur 1 - En visualisering av Toulmins argumentasjonsmønster (Simon, Erduran & Osborne, 2006).*

For å analysere kvaliteten av argumenter presenterer Katchevich, Hofstein og Mamlok-Naaman (2013) et rammeverk med inndeling basert på (Erduran, Simon & Osborne, 2004; Osborne, Erduran & Simon, 2004; Simon & Johnson, 2008). Inndelingen gjøres i nivåer avhengig av hvilke og hvor mange komponenter fra TAP som er til stede i argumentet. Hele oversikten er

vist i Tabell 2. Det blir lagt vekt på bestanddelene som bygger opp et argument, altså påstand, data og forklaring, samt om det finnes motargumenter eller motstående påstander.

Tabell 2 – Rammeverk med Inndeling av argumenter i nivåer basert på TAP (Katchevich mfl., 2013).

| Komponentene i argumentet         | Symbol | Nivå |
|-----------------------------------|--------|------|
| <b>Claim</b>                      | C      | 1    |
| <b>Claim+Data eller</b>           | CD     | 2    |
| <b>Claim+Warrant eller</b>        | CW     |      |
| <b>Claim+Backing</b>              | CB     |      |
| <b>Claim+Data+Warrant eller</b>   | CDW    | 3    |
| <b>Claim+Data+Rebuttal eller</b>  | CDR    |      |
| <b>Claim+Warrant+Rebuttal</b>     | CWR    |      |
| <b>Claim+Data+Warrant+Backing</b> | CDWB   | 4    |
| <b>Rebuttal som inkluderer</b>    | CDWR   | 5    |
| <b>Claim+Data+Warrant</b>         |        |      |

## 2.3 Eksperimentet i fysikkundervisning

### 2.3.1 Fysikkundervisning i skolen

I læreplanen for naturfag og fysikk på videregående legges det vekt på at eleven skal lære om fagets egenart og hvordan ny kunnskap dannes (Utdanningsdirektoratet, 2006). Når elevene kommer på universitetsnivå blir dette derimot helt borte. Emnene i fysikk ved UiT inneholder kun mål om utvikling av det fagteoretiske nivået hos studentene, med unntak av det eksperimentelle kurset hvor denne oppgaven ble gjennomført. Ved utviklingen av øvelsen i forbindelse med oppgaven trekkes kompetansebegrepet inn i hensikten med undervisningen.

Definisjonen av kompetanse her i oppgaven er hentet fra PISA-definisjonen av scientific literacy i Kjærnsli og Jensen (2016). Her presenteres det tre punkter:

1. Forklare fenomener på en naturvitenskapelig måte
2. Vurdere og planlegge naturvitenskapelige undersøkelser
3. Tolke data og evidens på en naturvitenskapelig måte

De to siste er mest relevant for øvelsen og utdypes som følgende. Under punkt to skal studenten kunne vurdere og foreslå hvordan spørsmål kan besvares på en naturvitenskapelig måte. Punkt tre inkluderer å analysere og vurdere data, påstander og argumenter i en rekke ulike framstillinger og trekke riktige naturvitenskapelige konklusjoner.

### **2.3.2 Eksperimentet i undervisning**

Undervisning i realfagene generelt har en sterk tradisjon for praktiske øvelser, både i Norge og i utlandet (Angell, 2011; Kind, 2003). Herunder inkluderes alt fra en kort demonstrasjon, gjennomført av læreren, til et prosjekt hvor elevene jobber helt selvstendig. Den praktiske øvelsen sees på som en fin måte for elevene å få økt forståelse gjennom å delta i en vitenskapelig prosess (Hofstein & Lunetta, 2004). En slik tanke bak praktiske øvelser høres fin ut men den får problemer når det stilles spørsmål ved det faktiske læringsutbyttet elevene sitter igjen med. Det har vært gjort mye forskning som viser til at om praktiske øvelser ikke gjøres riktig vil resultatet være liten læringseffekt eller at elevene ikke oppnår den læringen som var hensikten ved forsøket (Abrahams & Millar, 2008; Angell, 2011; Berry, Mulhall, Gunstone & Loughran, 1999; Hofstein & Lunetta, 2004; Kind, 2003; Köller, Olufsen, Stojanovska & Petrusovski, 2015).

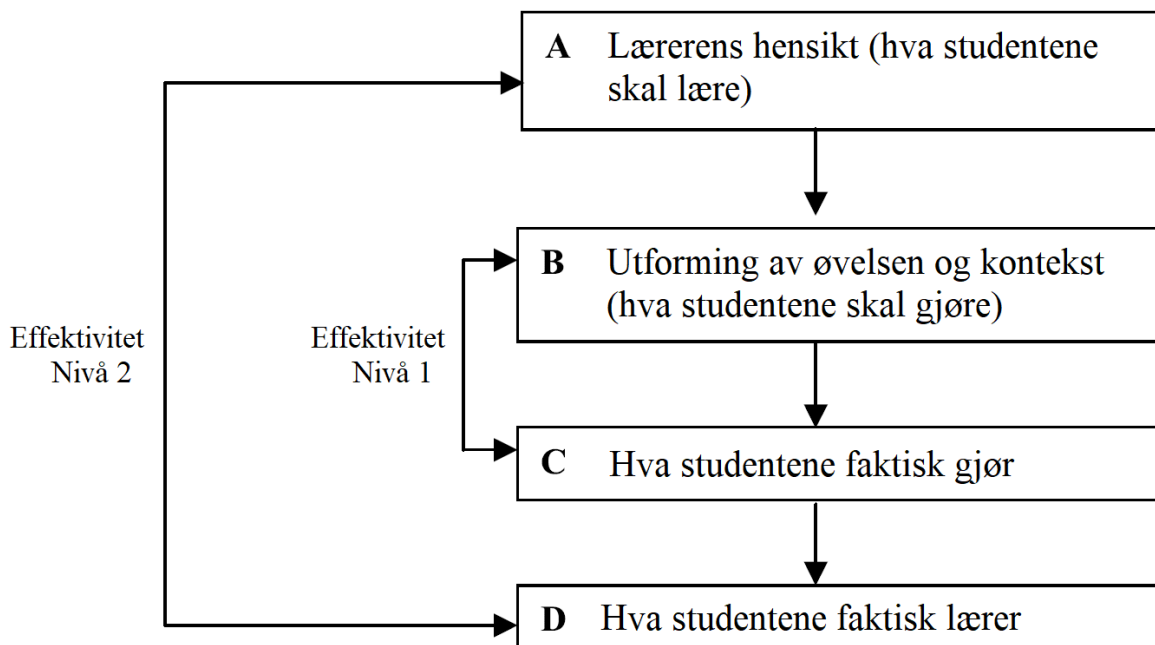
I litteraturen presenteres eksperimentet i fysikkundervisning som en del av undervisningen med mange vidt forskjellige roller, uten klare skiller mellom rollene (Angell, 2011; Sjøberg, 2009). Angell velger å dele opp i sju roller; eksperimentet for å bli kjent med laboratorieutstyr, som innføring i et emne, som illustrasjon, som fasit, for å lære prosess, som repetisjon og som differensieringsmiddel. Rollen hvert enkelt eksperiment får avgjøres av utformingen, som igjen

bør bestemmes av det pedagogiske formålet. At eksperimentet kan brukes til så mange ulike pedagogiske formål reflekterer den unike læringssituasjonen som arbeid på laboratoriet kan skape.

På tross av et rikt utvalg i mulige måter å gjennomføre en praktisk aktivitet på er det fortsatt vanskelig å skape en mentalt involverende prosess studentene kan lære av (Millar & Lubben, 1996). Som Hofstein og Kind (2012) konkluderer med, den største utfordringen for praktisk arbeid er å endre gjennomføringen fra å manipulere utstyr til ideer. Undervisningen burde altså utformes slik at studentene ikke får en holdning til forsøk som en bruksanvisning som skal følges eller en øvelse i å få riktig svar (Hofstein & Lunetta, 2004).

### **2.3.3 Effektiviteten av forsøk**

Det viser seg at å si på generelt grunnlag om et forsøk er bra eller dårlig er nærmest umulig uten å presisere hva hensikten er og hvilken rolle det skal spille i undervisningen (Abrahams & Millar, 2008; Sjøberg, 2009). Derfor vil det være nødvendig å kunne evaluere i hvor stor grad hensikten med forsøket oppnås under gjennomføringen. Her har Abrahams og Millar (2008) utviklet en modell for utvikling og evaluering av forsøk samt et rammeverk for vurdering av effektiviteten.



Figur 2 - Modell for utvikling og evaluering av et forsøk hentet fra Abrahams og Millar (2008).

I modellen skilles det mellom effektivitet på to forskjellige nivåer. Effektivitet på nivå én handler om overensstemmelsen mellom hva læreren vil at studentene skal gjøre og hva studentene faktisk gjør. Nivå to går på hva læreren vil at studentene skal lære mot hva studentene faktisk lærer. Figur 3 viser modellen med fire steg for utvikling og evaluering av forsøk med kobling til hvilket nivå de er effektive på. Boks A omhandler læringsmålene og hensikten med forsøket, hva studentene skal lære. I neste steg, boks B, kommer utformingen av forsøket inn, det må legges opp slik at læringsmålene i A kan oppnås. Videre i boks C må man se hva studentene faktisk gjør under forsøket. Herunder ligger alt det studentene fysisk utfører, altså metoden som er valgt og eventuell manipulering av utstyr. Til slutt må man spørre seg hva studentene faktisk lærer, og samsvarer dette med hensikten med forsøket. På figuren er også nivåene av effektivitet markert. Nivå 1 handler om et samsvar mellom boks B og C mens nivå 2 krever en likhet mellom de tenkte læringsmålene og det studentene faktisk lærer.

Rammeverket skiller også mellom effektivitet i observasjonsområdet og idéområdet. Begrepene bygger på modelleringsteori videreutviklet av Tiberghien (2000) hvor beskrivelser, forklaringer og prediksjon bygger på modeller i enten objektverden eller teoriverden. Mye av det praktiske arbeidet utført i undervisning skal ifølge Abrahams og Millar (2008) hjelpe studenten med å danne koblinger mellom disse områdene. Observasjonsområdet omhandler ganske enkelt det vi kan se og ta på mens tanker og ideer inngår i idéområdet.

En sammenkobling av disse to områdene og nivåene, som vist i Tabell 3, utgjør til sammen det analytiske rammeverket for å bestemme effektiviteten av et forsøk. Abrahams og Millar (2008) påpeker at det ikke er et klart definert skille mellom de to områdene som inngår. Observasjoner er nødvendigvis knyttet til teori i en eller annen grad og oppdelingen blir derfor et spørsmål om hvor sterk koblingen er. Effektiviteten blir referert til som effektivitet på nivå 1:0 om den er i observasjonsområdet på nivå 1 og som 2:e om den er på nivå 2 i idéområdet.



Tabell 3 - Analytisk rammeverk for å vurdere effektiviteten av et forsøk. Min oversettelse.

| Effektivitet  | Observasjonsområde  | Idéområde   |
|---|---|---|
| <b>En praktisk aktivitet er effektiv på nivå 1 hvis ...</b> | ... studentene gjør som læreren ønsket at de skulle gjøre med objekter og materialer, og genererte ønsket data.                                     | ... studentene tenker over handlinger og observasjoner under øvelsen ved å bruke ideene læreren ønsket. |
| <b>En praktisk aktivitet er effektiv på nivå 2 hvis ...</b> | ... studentene senere husker observasjoner gjort under øvelsen eller hva de gjorde med objekter og materialer, og hovedpunktene ved innsamlet data. | ... studentene senere viser forståelse for ideene øvelsen skulle hjelpe de med å lære.                  |

## 2.4 Åpne eller lukkede forsøk

Bruk av «inquiry based experiments» og et alternativ til frihetsgrader i forsøket fra Domin, 1999 (Berg et al, 2010). Pass på at øvelsen ikke beskrives som «inquiry based»(!), med to frihetsgrader kan man kalle det «Open-ended». Kanskje inkludere generelt om inquiry based learning? Trekke inn resultatet fra Brown mfl. (2006) om at lærere ofte kan ha et «alt eller ingenting»-forhold til åpne aktiviteter og mer elevstyrte undervisningsformer (herunder inquiry based)?

Ut fra konflikten mellom fysikkundervisning i skolen og hvordan fysikkforskningen gjennomføres, representert ved «studenten som forsker», er det relevant å stille seg spørsmålet om hvordan man skal legge opp eksperimentene i undervisningen. Mulighetene som ofte framstilles her er helt lukkede eller helt åpne øvelser med en diskret skala mellom disse

yterpunktene (Angell, 2011). Spørsmålet er altså om vi vil ha total kontroll over hva elevene gjør, slippe de helt fri uten annet enn et overblikk av sikkerhetshensyn eller en mellomting.

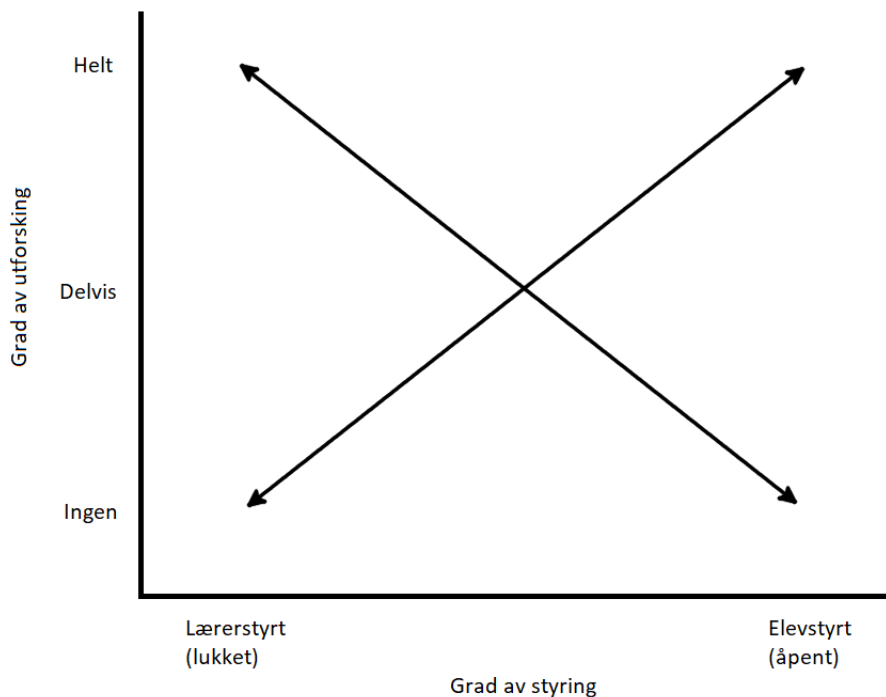
Et ønske med utviklingen av et nytt forsøk til kurset var å få inn en mer kreativ og utforskende øvelse for elevene. De skulle få komme med egne ideer og tanker om hvordan forsøket skulle utføres, basert på egne erfaringer og tanker samt teknikker og metoder de hadde lært tidligere i kurset. En slik øvelse ville stå i sterk kontrast til resten av øvelsene i kurset og ville nødvendigvis være til dels elevstyrt. En måte å få til dette er å åpne opp forsøkets struktur.

### 2.4.1 Hva er et åpent forsøk

Helt generelt kan åpenheten til et forsøk defineres ved hvor styrt elevenes aktivitet er. Et helt lukket forsøk beskriver i detalj hva elevene skal gjøre og hvordan de skal gjøre det. Elevene får servert et ferdig oppsett og en metode som skal gjennomføres. De må ta målingene som læreren ber de om og resultatet er kjent. For å kunne sammenligne graden av åpenhet i forskjellige forsøk brukes ofte antall frihetsgrader eller graden av utforskning (Brown mfl., 2006; Herron, 1971). Herrons modell om graden av åpenhet, videreutviklet til frihetsgrader, er kanskje den mest brukte og også den jeg bruker mest mens Brown m.fl. har utviklet en modell som også inkluderer hvor spørrende og utforskende forsøket er. Disse modellene er illustrert i Tabell 4 og Figur 3.

Tabell 4 - Eksperimentets frihetsgrader gjengitt fra Angell (2011) basert på Herron (1971).

| Frihetsgrader | Problem | Metode/gjennomføring | Resultat |
|---------------|---------|----------------------|----------|
| 0             | gitt    | gitt                 | gitt     |
| 1             | gitt    | gitt                 | åpen     |
| 2             | gitt    | åpen                 | åpen     |
| 3             | åpen    | åpen                 | åpen     |



Figur 3 – «The inquiry continuum». En todimensjonal modell for å beskrive eksperimenter utviklet av Brown, Abell, Demir og Schmidt (2006). Min oversettelse.

Det klassiske eksempelet for å belyse eksperimentets frihetsgrader er «kokebokoppskriften» med ingen frihetsgrader. Her er hele eksperimentet beskrevet i detalj og alt elevene skal gjøre og svaret de skal få er bestemt på forhånd. Når det er snakk om tre frihetsgrader er det vanskelig å finne eksempler fra undervisning men det vil bety at eleven i realiteten fungerer som en forsker. En svakhet ved denne modellen er at den bare definerer hvor spørrende eller utforskende eksperimentet er, uten å ta hensyn til hvor ledende rolle læreren innehar. Det vil for eksempel være stor forskjell mellom et eksperiment med tre frihetsgrader hvor læreren nærmest utelukkende observerer elevene for å bryte inn om sikkerheten står på spill og et lignende eksperiment hvor læreren aktivt veileder elevene. Veiledningen må selvfølgelig unngå å legge direkte føringer som reduserer frihetsgradene mens den fortsatt leder elevene til å stille gode spørsmål til det som skjer under eksperimentet (Kirschner mfl., 2006).

Her kommer modellen til Brown mfl. (2006) bedre ut, siden den viser til graden av åpenhet og graden av utforsking. Som nevnt tidligere bruker jeg «utforskende» som en oversettelse av det engelske «inquiry», som ikke er en perfekt oversettelse men den fungerer godt nok i dette tilfellet. I modellen finner vi igjen frihetsgradene som plasseringen horisontalt i grafen hvor lærerstyrt er null frihetsgrader og elevstyrt er tre frihetsgrader. Vertikal plassering viser til graden av utforsking i øvelsen. I Brown mfl. (2006) defineres graden som hvor mange komponenter av utforskende undervisning som er tilstede i øvelsen. Her er komponentene gitt som spørsmål, bevis, forklaring og begrunnelse.

## 3 Metode

### 3.1 Øvelsen

Oppgaven ble gjennomført i et eksperimentelt emne på universitetsnivå hvor alle øvelsene som studentene gjennomfører er klassiske kokebokoppskrifter. Studentene får utdelt en beskrivelse av forsøket som inneholder relevant teori, informasjon om utstyret som skal brukes, metoden satt opp i punkter og en del spørsmål som skal besvares. Ønsket med øvelsen jeg utviklet i forbindelse med oppgaven var å legge til rette for at elevene skulle kunne bruke sine kreative evner og kunne delta mer aktivt i øvelsen.

Øvelsen jeg utviklet blir i oppgaven referert til som enten «øvelse 1» eller «øvelse om friksjon», mens de lukkede øvelsene alltid er «øvelse 2».

#### 3.1.1 Utvikling

Basert på tidligere forskning om læring gjennom åpne forsøk ble hensikten med øvelsen bestemt som læring av prosess og vitenskapelig argumentasjon. Avgjørelsen ble også påvirket av det faktum at resten av øvelsene i kurset har til hensikt å gi studenten erfaringer med ulike fysikkfenomener og vanlig utstyr på lab. Viktige punkter som inngår i utviklingen var hvilket tema øvelsen skal omhandle, hvor åpen øvelsen skal være, hvor mye tid trenger studentene og hvordan skal eventuell veiledning legges opp.

Tema er ikke et problem i en øvelse med null frihetsgrader, studentene vil alltid kunne gjennomføre øvelsen. Da er det bare et spørsmål om hvilket nivå øvelsen skal ligge på for at studentene skal få ønsket læringsutbytte, for eksempel i form av at studentene må ha nok kunnskap til å kunne forklare det som skjer (Leach & Scott, 2002). Når øvelsen åpnes opp slik at studentene må sette sammen et spørsmål eller et problem, utarbeide en metode eller evaluere resultatene kan studentene fort ende opp i en metode som ikke passer til øvelsen eller med resultater som ikke gir mening (Berry mfl., 1999; Millar & Lubben, 1996).

Valget av friksjon som tema for øvelsen ble gjort på grunnlag av studentenes forkunnskaper fra universitetet, hvilke øvelser de hadde vært igjennom tidligere i kurset, sikkerhetshensyn og hva jeg anså som mest gjennomførbart. På grunn av den tilgjengelige tiden valgte jeg å la det være to frihetsgrader ved å gi et bestemt spørsmål studentene skulle besvare og la de finne ut metode og resultat. I oppgavearket studentene fikk utdelt, se vedlegg B, var spørsmålet formulert slik, «*Hvor langt kan bartenderen sende en halvliter langs en bardisk og fortsatt være sikker på at glasset stopper ved riktig person?*».

Til øvelsen ble det tatt fram en del tilgjengelig måleutstyr som jeg mente var hensiktsmessig å bruke. Det ble laget en utskytningsmekanisme for at glasset skulle kunne sendes med samme retning, hastighet og rotasjon. En bardisk ble simulert ved å bruke gulvplater av laminat.

For å svare på spørsmålet må studentene utarbeide en hensiktsmessig måte å gjennomføre øvelsen på og bestemme hvordan de vil presentere resultatet. Gjennom utviklingen av metoden må studentene være kreative for å finne måter å måle relevante størrelser på og argumentere innad på gruppa for hvorfor ideen deres er god. Kreativiteten studentene utøver i en slik prosess kan gå inn under *little-c* og *mini-c*. I DeHaan (2009) betegnes *little-c* som å komme opp med nye ideer for å endre produkter, tjenester eller prosesser. Mens *mini-c* er innsikten til å visualisere en ny og bedre måte å gjøre en oppgave på. Bak disse begrepene ligger det kognitive variabler som blant annet ideenes originalitet.

Svaret studentene gir på øvelsen er ikke trivielt. Det er en lengde som etterspørres men hvilke forhold og føringer som ligger til grunn for denne lengden er noe studentene må bli enige om på gruppa. Prosessen de må gjennom for å svare på spørsmålet plasserer øvelsen som delvis utforskende på Figur 3. Argumentene som brukes her videreføres inn i skrivingen av en individuell rapport.

### **3.1.2 Gjennomføring**

Gjennomføringen av øvelsen besto av to forelesninger og to runder på lab fordelt over to uker. Forelesningene varte i to timer hver mens studentene hadde fire timer til rådighet hver gang de var på laben.

#### **Første forelesning**

Jeg valgte jeg å introdusere øvelsen til studentene ved å forklare hensikten jeg valgte ved utformingen av øvelsen og gi en begrunnelse for valget. Her var fokuset på at studentene skulle forstå læringsmålene og hvorfor disse var relevante siden de skiller seg ut fra målene for resten av øvelsene. Når studentene var klar over hvor øvelsen skulle ende opp ble utgangspunktet introdusert gjennom spørsmålet som skulle besvares. Ytterligere føring på spørsmålet ble lagt ved å presentere det jeg mente var viktige aspekter ved øvelsen. Som nevnt tidligere var disse teori, metode og konkrete rammer for svaret. For å hjelpe studentene i gang med tenking og planlegging gjennomførte jeg en plenumsdiskusjon hvor studentene fikk komme med det de mente var viktig innenfor disse tre områdene.

#### **Første runde på lab**

Planen for disse timene var at studentene skulle klare å utforme målemetoder og planlegge hvordan de ville gjennomføre øvelsen. Når studentene først kom inn på laben var oppsettene plassert på passende plasser i rommet. Hver gruppe valgte seg en plass og satt i gang med å gjøre seg kjent med utstyret som var tilgjengelig.

#### **Andre forelesning**

Det var to mål med forelesningen. Først skulle jeg ta opp eventuelle problemer som hadde dukket opp under første runde på lab, være det praktiske sider ved gjennomføringen eller teori flere grupper hadde problemer med. Resten av tiden ble satt av til veiledning av grupper som hadde spørsmål de ikke hadde fått svar på mens de var på lab.

#### **Andre runde på lab**

Etter at studentene hadde planlagt gjennomføringen forrige gang de var på lab skulle de nå utføre alle de nødvendige målingene. Et krav for at de skulle få si seg ferdige på laben var at

jeg godkjente datamaterialet og en forklaring av hvordan det skulle brukes til å besvare spørsmålet.

### **3.2 Datamateriale**

Valget av hvilke data jeg skulle samle inn var todelt. For det første måtte datamaterialet kunne plassere forsøket i rammeverket for effektiviteten av forsøk utviklet av Abrahams og Millar (2008). Det måtte også gi nok informasjon til å svare på spørsmålet om utvikling av naturvitenskapelig prosess og argumentasjon. For å fange opp de faktiske forhold under forsøket endte jeg opp med å gjennomføre en ustrukturert observasjon underveis og en logg i etterkant av undervisningen (Bjørndal, 2015). Samtalen til to tilfeldig valgte grupper ble tatt lydopptak av for å kunne identifisere argumentasjonen deres underveis. På grunn av omfanget av oppgaven hentet jeg bare data fra mitt forsøk, noe som utelukket en komparativ undersøkelse.

Valget av kvalitativ eller kvantitativ design mener mange at burde begrunnes i bestemte vitenskapsfilosofiske posisjoner (Ringdal, 2018). Kleven, Tveit og Hjordemaal (2011) derimot peker på at det viktigste er at valget gjøres med hensyn på problemstillingen og hva metoden kan tilby. Tabell 5 viser noen forskjeller mellom kvantitativ og kvalitativ design som former valget av metode i oppgaven. Studien bruker kvantitativ design og tilnærming til datamaterialet for å kunne inkludere alle studentene som tar emnet i utvalget. Å bruke alle studentene i utvalget gir et mest mulig representativt bilde av et tilfeldig årskull på emnet (Kleven mfl., 2011). Noe som gir et godt utgangspunkt for å bestemme effekten av øvelsen i henhold til problemstillingen. Ved problemstillingen ligger også et ønske om å finne eventuelle faktorer som påvirker studentenes arbeid i utforskende arbeid.



Tabell 5 - Hovedforskjeller mellom kvantitativ og kvalitativ design (Ringdal, 2018).

| <b>Kvantitativ design</b>                          | <b>Kvalitativ design</b>                           |
|--|--|
| En objektiv sosial verden                          | En sosialt konstruert verden                       |
| Sosiale fenomener er relativt stabile i tid og rom | Sosiale fenomener konstrueres i lokale situasjoner |
| Store representative utvalg                        | Små utvalg av case                                 |
| Avstand til det som studeres                       | Nærhet til det som studeres                        |
| Årsaksforklaringer                                 | Formålsforklaringer                                |
| Teoristyrte, definerte begrep                      | Eksplorerende, oppdage begrep                      |
| Talldata i form av variabler                       | Tekstdata  |
| Statistiske analyseteknikker                       | Uformelle analyseteknikker                         |

### 3.2.1 Observasjon

Til daglig observerer vi hele tiden, alt vi ser og opplever blir registrert og tolket. I en forskningssammenheng er det nødvendig å spisse begrepet til en konkret handling og ikke noe som bare skjer i bakgrunnen. Bjørndal (2015) fremmer en forståelse av observasjon som «oppmerksom iakttakelse – det vil si at en på en konsentrert måte forsøker å observere noe som har pedagogisk betydning» (s. 32). Utføringen kan deles inn i to ulike former, observasjon av første orden og observasjon av andre orden, basert på observatørens rolle. I en førsteordens observasjon har observatøren dette som hovedoppgave og kan fokusere på å fange opp all relevant informasjon. Observasjon av andre orden, også kalt deltakende observasjon, er når observatøren selv inngår i situasjonen som observeres (Kleven mfl., 2011).

I studien brukte jeg utelukkende deltakende observasjon fordi jeg var ansvarlig for gjennomføring av øvelsen. Dette betyr at jeg måtte gjennomføre eventuell observasjon samtidig som jeg veiledet studentene i arbeidet. På grunn av begrensninger i form av antall biter med informasjon man kan holde i korttidshukommelsen valgte jeg å systematisere observasjonen ved å bestemme hvilke deler av øvelsen som skulle fokuseres på (Bjørndal, 2015). Studentenes argumentasjon ble valgt bort fordi det i situasjonen var umulig å gjengi samtalen ordrett uten lydopptaker. Observasjonene rettet seg derfor mot handlingene studentene utførte under øvelsen og hvordan teorien som ligger til grunn ble behandlet, gjerne gjennom diskusjon på gruppa.

### **3.2.2 Rapporter**

Et av målene med emnet er at studentene skal lære å skrive en rapport som beskriver hva de gjorde under øvelsen, hvilke resultater de fikk og hvilke konklusjoner de kan trekke ut fra måleresultatene. Rapporten skal ligne på en vitenskapelig artikkel om en eksperimentell problemstilling. Dette innebærer et fokus på formatering av innholdet, altså plassering av tekst, figurer og tabeller samt presentasjon av tall på riktig måte med rett antall siffer, måleenhet og usikkerhet. Studentene lærer også å strukturere rapporten med formål, teori, utstyr, metode, resultater, diskusjon og konklusjon.

Ved starten av kurset ble det holdt en forelesning hvor studentene ble introdusert for kravene til rapportene de skulle skrive i løpet av semesteret. På forelesningen fikk studentene utdelt et dokument med retningslinjer for utforming og formatering av rapporten. Dokumentet inneholder også beskrivelse av de ulike delene av rapporten med enkelte eksempler. Under forelesningen ble det også gjennomført små gruppeoppgaver hvor studentene skulle kjapt prøve seg på en avgrenset del av skriveingen før de diskuterte resultatet med en medstudent.

Den generelle introduksjonen og retningslinjene som ligger til grunn for rapportskrivning i kurset bærer sterkt preg av å være utviklet med lukkede forsøk i tankene. Når teori, metode og diskusjon presenteres er det lagt vekt på å presentere forståelse for fagstoff, repeterbarheten av

metode og diskusjon rundt de viktigste resultatene. Argumentasjon for metode eller resultater blir aldri tatt opp.

Datamaterialet jeg brukte består av to rapporter studentene skrev i siste halvdel av kurset. Den første ble skrevet til den åpne øvelsen mens den siste rapporten skrev studentene om ett av tre lukkede forsøk de gjennomførte. Tema for disse forsøkene var vekselstrøm, RC-kretser og resonans.

### **3.2.3 Lydopptak**

Når en samtale mellom to eller flere personer skal brukes som datamateriale vil det fort bli umulig å huske eller skrive ned nøyaktig det som blir sagt. I en situasjon som under øvelsen, hvor det blir brukt observasjon av andre orden, vil det også være vanskelig å følge med på samtalen som føres på hver gruppe. Bjørndal (2015) foreslår lyd- eller videoopptak som en løsning, avhengig av hva som skal observeres. Opptaket vil kunne bevare observasjoner fra et pedagogisk øyeblikk som ellers kunne blitt glemt eller ikke registrert. Det gir også en rikdom av detaljer siden observatøren kan oppdage noe nytt hver gang opptaket spilles av. Opptaket kan spilles av i et saktere tempo og gi en repetisjon av inntrykk slik at observatøren får med seg mer av situasjonen enn ellers.

For å bruke lydopptak på laben hvor det var opptil fire grupper som snakket samtidig måtte det gjøres et valg i form av hvilken gruppe det skulle fokuseres på. Om mikrofonen ble plassert midt i rommet med den hensikt at alle samtaler skulle tas med ville det sannsynligvis føre til en lydsuppe hvor mye er umulig å forstå (Bjørndal, 2015). På grunn av plasseringen av oppsettene til øvelsen ble opptak av alle gruppene utelukket. De gruppene som opptaket fokuserte på ble valgt basert på hvor i rommet de jobbet og hva jeg antok ville gi best kvalitet på opptaket.

På grunn av lengden på opptakene og aktiviteten studentene holdt på med er det gjort et valg om å ikke transkribere all samtale. Etter å ha hørt igjennom opptakene plukket jeg ut de delene av øvelsen hvor studentene diskuterer selve forsøket, ofte i form av hvordan det skal

gjennomføres eller om målingene de gjør er rimelige. Disse samtalen er av interesse for problemstillingen om utforskende arbeid, i motsetning til diskusjoner om spesifikke praktiske aspekter som for eksempel hvordan måleinstrumentet fungerer. Transkriberingen er gjort på et enkelt nivå hvor det kun er selve argumentasjonen som er skrevet ned. Andre deler av samtalen som kommer inn i mellomtiden blir sett bort ifra og nonverbale fenomener er heller ikke tatt med.

### **3.3 Analyse av data**

#### **3.3.1 Forsøkets effektivitet**

Med grunnlag i observasjoner underveis i øvelsen og rapportene brukte jeg modellen for evaluering av forsøk utviklet av Abrahams og Millar (2008) for å ha et mål på hvor godt gjennomført forsøket var. Modellen er gjengitt i Figur 2 på side 13. Gjennom analysen avgjøres det på hvilket nivå forsøkets effektivitet befinner seg på. Vedlegg A ble også benyttet som støtte for evalueringen.

#### **3.3.2 Studentenes argumentasjon**

Argumentasjonen ble analysert i to deler, en for argumenter fra lydopptakene og en for argumenter i rapportene. Argumentasjon i rapportene er annerledes enn i diskusjonen under øvelsen og ble analysert separat fordi rapporten skrives etter studentene har blitt enig seg imellom (Katchevich mfl., 2013).

I rapportene framstår konklusjonen i de fleste tilfeller som en rekke påstander uten større utdypning eller datagrunnlag. For å unngå inflasjon i antallet argumenter valgte jeg å se bort ifra de argumentene i konklusjonen som var utdypet tidligere i rapporten. For eksempel når en student fremmer et argument for hvorfor svaret som presenteres er riktig og trekker inn målinger, teori og diverse utregninger i diskusjonen for så å gjenta resultatet i konklusjonen.

Innholdet i argumentene ble identifisert og kodet ved bruk av Toulmins argumentasjonsmønster (TAP). Vurderingen av kvaliteten på argumentene ble gjort ved et analytisk rammeverk basert på TAP (Erduran mfl., 2004; Osborne mfl., 2004; Simon & Johnson, 2008).

### **3.3.3 Studentenes rapporter**

Rapportene ble vurdert som en del av mappevurderingen i kurset med karakter fra A til F.

Kriteriene var:

1. formelle krav som antall siffer, inkludering av usikkerheter og formatering av figurer og tabeller.
2. argumentasjon for valg av metode, vurdering av mulige alternativer og hvor original metoden var.
3. selve metoden med fokus på om den svarte godt på spørsmålet.
4. kvaliteten av resultatene med tanke på om de svarer på spørsmålet og i hvor stor grad studenten begrunner svaret, herunder også kobling til reelt tilfelle.

Den endelige karakteren som ble gitt var et vektet gjennomsnitt med en viss grad av subjektivitet basert på vurderingen i hver kategori.

### **3.3.4 Statistiske metoder**

Alle statistiske utregninger i oppgaven er gjort i Rstudio med tilleggs pakkene `pspearman` og `psych` for henholdsvis en forbedret funksjon av Spearmans rho og Shapiro-Wilk testen.

For å bestemme hvilken test for korrelasjon som kan brukes på datamaterialet må det bestemmes om de er tilnærmet normalfordelt. For argumentasjon i rapportene brukes både et kvantil-kvantil-plott (QQ-plott) og en Shapiro-Wilk test, selv om QQ-plottet gir et ganske sikkert bilde med  $N = 23$ . Fordelingen av karakterene er utelukkende behandlet med en Shapiro-Wilk test.

QQ-plottet er en grafisk framstilling av de observerte kvantilene mot de teoretiske verdiene for et normalfordelt utvalg (Walpole, 2016). Hvis datamaterialet er tilnærmet normalfordelt skal

punktene ligge på en rett linje. Avvik mot en side av linja betyr at fordelingen er forskjøvet, enten mot høyre eller venstre. Shapiro-Wilk testen er en numerisk normalitetstest som gir to verdier, en  $W$  og en p-verdi.  $W$  varierer mellom 0 og 1, hvor 1 er helt normalfordelt. P-verdien forteller oss om vi skal forkaste nullhypotesen om at datamaterialet er normalfordelt (Razali & Wah, 2011).

Bruker Spearmans korrelasjonskoeffisient for å bestemme korrelasjonen mellom studentenes argumentasjon og karakterer. Spearmans korrelasjonskoeffisient, også kalt Spearmans rho eller  $r_s$ , er en ikke-parametrisert versjon av den mer vanlige Pearsons  $r$  (Walpole, 2016). Forskjellen er at Spearmans rho ikke antar normalfordelte data eller en lineær sammenheng. Testen gir en verdi av rho, hvor sterk monoton sammenheng det er mellom variablene, og en p-verdi som beskriver om resultatet er statistisk signifikant.

Analysen er gjort med utgangspunkt i en bekreftende hypotese om at det finnes en korrelasjon mellom kvaliteten på studentenes argumentasjon og karakterer. Denne testes ved en ensidig korrelasjonstest med nullhypotesen  $r_s = 0$ . Videre ble korrelasjonene mellom lavere kvalitet på argumentene, totalt antall argumenter og karakterene beregnet med en utforskende hypotese om at det finnes korrelasjon.

### **3.4 Validitet og reliabilitet**

Innenfor kvalitativ og kvantitativ forskning har begrepene validitet og reliabilitet ulik betydning (Cohen, Manion & Morrison, 2018; Lund, Fønnebø & Haugen, 2006). Det er derfor viktig å definere hva oppgaven legger i begrepene og hvilke kriterier som må oppfylles for å oppnå god validitet og reliabilitet. Her er det viktig at det er samsvar mellom definisjonene og de metodene som er brukt.

#### **3.4.1 Validitet**

Studiens validitet beskriver i hvor stor grad det finnes en sikker og logisk kobling mellom datamaterialet og slutningene som trekkes (Cohen mfl., 2018). Det er mange ulike måter å

presentere validitet men jeg vil ta utgangspunkt i Lund mfl. (2006) for en firedelt oppdeling som også finnes igjen i Cohen mfl. (2018).

**Begrepsvaliditet** er samsvaret mellom den begrepet som definert i teori og begrepet slik det er målt. En vanlig måte å presentere det på er spørsmålet «måler studien det den sier at den måler?» (Kleven mfl., 2011). For å bestemme begrepsvaliditeten må man altså se på i hvor stor grad undersøkelsen lykkes med operasjonaliseringen av det teoretiske begrepet. Begrunnelsen her er at vi ofte ikke kan måle begrepet direkte men må bruke ulike indikatorer, så hvilken indikator som er brukt spiller en rolle i hvordan resultatet presenteres. Når resultatet så tolkes er begrepsvaliditeten et mål på hvor valid denne tolkningen av datamaterialet er (Cohen mfl., 2018).

Spørsmålet om hvordan begrepene er operasjonalisert er interessant når jeg ser på studentenes kreativitet og kompetanse i utforskende arbeid. Kreativitet er vanskelig å måle direkte siden det er umulig å vite om en person kommer fram til noe gjennom en kreativ prosess eller om det huskes. Jeg bruker studentenes originalitet som definert i DeHaan (2009) som indikator på kreativitet. Dette gjøres ved å observere metodene studentene valgte og vurdere om den er ulik oppsettet som ble presentert i forelesningen. På lignende vis må det bestemmes indikatorer som viser studentenes kompetanse. I henhold til PISA og forskningens sosiale aspekter valgte jeg å bruke argumentasjonen i rapportene og under øvelsen som indikator på kompetanse. Med disse valgene blir begrepsvaliditeten forbedret ved at begrepene er treffende operasjonalisert. Den er dog ikke optimal fordi indikatorene ikke er uttømmende.

**Indre validitet** beskrives av Cohen mfl. (2018) som sikkerheten i argumentasjonen for årsaksforhold eller kausale koblinger. Den operer altså på nivået av operasjonaliserte begreper, de målte størrelsene, og ser på tolkningen av relasjoner mellom disse. Det viser seg at statistiske sammenhenger i pedagogisk virksomhet har liten verdi uten en tolkning av hva som påvirker hva (Kleven mfl., 2011). I studien er den indre validiteten god fordi den statistiske analysen av

datamaterialet ser på koblingen mellom utforming av en øvelse og studentenes argumentasjon, noe som er godt forankret i teorien.

**Ytre validitet** handler om hvilke situasjoner og personer resultatene er gyldige for, altså muligheten for generalisering av resultatene (Kleven mfl., 2011; Lund mfl., 2006). Viktige kriterier for å sikre god ytre validitet, som presentert i Kleven mfl. (2011), er en beskrivelse av populasjonen, konteksten rundt målingene og utvalget. Med en antagelse om at studentene som tok emnet når jeg gjennomførte øvelsen er representativt vil resultatene kunne generaliseres til andre gjennomføringer av øvelsen på emnet. Det er ikke grunnlag til å bruke resultatene fra studien på andre undervisningsnivå.

### **3.4.2 Reliabilitet**

Ordet reliabilitet betyr egentlig pålitelighet, men i forskningslitteraturen brukes det i en mer begrenset betydning. Kleven mfl. (2011) trekker fram stabilitetsaspektet, ekvivalensaspektet og observatøraspektet ved reliabilitet. Som handler om henholdsvis reliabilitet over tid, over oppgaver og over observatører.

Det største problemet med reliabiliteten av datamaterialet ligger i anvendelsen av TAP for analyse av argumentasjon. I flere studier er dette kompensert for ved å ha en samling forskere som koder datamaterialet separat for så å sammenligne og vurdere kodingen (Erduran, 2007; Erduran mfl., 2004; Katchevich mfl., 2013). Siden jeg gjorde kodingen av datamaterialet mitt alene måtte kategoriene som definert i analyseverktøyet følges mer eller mindre slavisk. På denne måten kan reliabiliteten maksimeres ved å minimere tolkningen i koding av datamaterialet.



## 4 Resultater

Kapittelet presenterer resultatene av den statistiske analysen av studentenes argumentasjon med eksempler hvor nødvendig. Det tar også for seg de relevante delene av observasjon og logg.

### 4.1 Argumentasjon

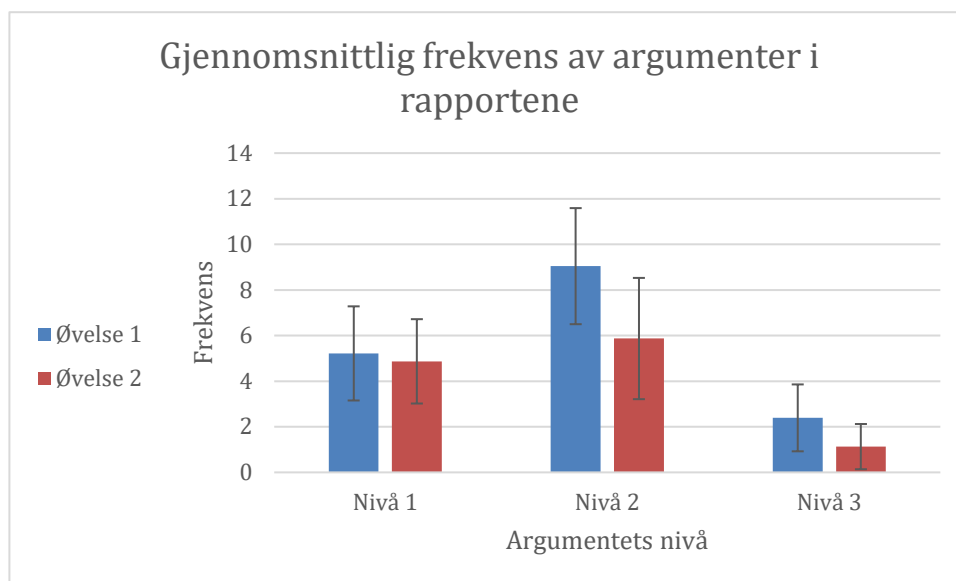
Resultatene som presenteres her om argumentasjon er det kodede datamaterialet fra rapportene og lydopptak fra øvelsen. Det analytiske rammeverket basert på TAP tar i utgangspunktet ikke hensyn til formatet argumentasjonen foregår i. Dette fører til at tolkningen av det kodede datamaterialet vil gjøres basert på ulike kriterier for skriftlig og muntlig argumentasjon. Presentasjonen av resultatene er gjort slik at de relevante størrelsene framheves.

#### 4.1.1 Analyse av rapportene

Nivåene av argumentasjon som definert i Tabell 2 inneholder på øverste nivå en rebuttal, en tilbakevisning av den originale påstanden. I rapportene som skrives i kurset er dette en komponent som ikke vil være naturlig å inkludere under normale omstendigheter. Grafene som viser antall argumenter er derfor begrenset til de tre første nivåene. Figur 4 viser gjennomsnittlig antall argumenter på de ulike nivåene i øvelse 1 og 2. Samme data men oppført i prosent er presentert i Tabell 6.

Tabell 6 - Fordeling i prosent av argumentene fra rapportene.

|                 | Frekvens (%) |        |        | Gjennomsnittlig nivå (std.av.) | Gjennomsnittlig antall (std.av.) |
|-----------------|--------------|--------|--------|--------------------------------|----------------------------------|
|                 | Nivå 1       | Nivå 2 | Nivå 3 |                                |                                  |
| <b>Øvelse 1</b> | 31,4         | 54,2   | 14,4   | 1,83 (0,13)                    | 16,7 (4,0)                       |
| <b>Øvelse 2</b> | 41,0         | 49,5   | 9,5    | 1,68 (0,16)                    | 11,9 (4,3)                       |



Figur 4 - Gjennomsnittlig frekvens av argumenter. Feilflaggene viser ett standardavvik.

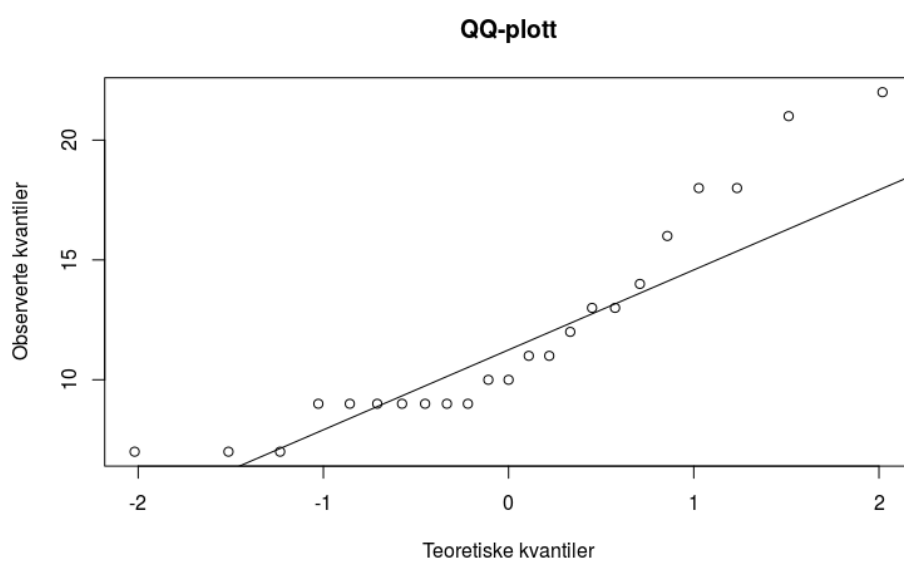
For å finne ut om antall argumenter er tilnærmet normalfordelt brukes en Shapiro-Wilk test og et kvantil-kvantil plott (QQ-plott). Shapiro-Wilk testen i Tabell 7 og Tabell 8 viser at det kun er fordelingen av argumenter i rapportene fra den åpne øvelsen som kan tilnærmes med en normalfordeling, som støttes av QQ-plottet. Ved å inspisere QQ-plottet, Figur 5, av argumentene fra den lukkede øvelsen viser det seg at fordelingen er forskjøvet mot et lavere nivå av argumentasjon. På grunn av manglende normalfordeling av datamaterialet blir korrelasjonen derfor beregnet ved Spearmans rho.

Tabell 7 - Shapiro-Wilk test for fordelingen av argumenter

|                | ØVELSE 1 | ØVELSE 2 |
|----------------|----------|----------|
| <b>W</b>       | 0.985    | 0.864    |
| <b>P-VERDI</b> | 0.971    | 0.005    |

Tabell 8 - Shapiro-Wilk test for karakterenes fordeling

|                | ØVELSE 1 | ØVELSE 2 | MUNTLIG | ENDELIG |
|----------------|----------|----------|---------|---------|
| <b>W</b>       | 0,826    | 0,949    | 0,865   | 0,849   |
| <b>P-VERDI</b> | 0,001    | 0,273    | 0,005   | 0,003   |



Figur 5 - Kvantil-kvantil plott av argumentene i øvelse 2

Rapportene ble gitt en karakter etter vurdering sammen med ansvarlig for kurset og en ekstern sensor. Karakterene ble kodet på en skala fra 0-5, F lik 0 og A lik 5, når korrelasjonen med argumentasjon ble undersøkt.

Tabell 9 – Studentenes karakterer

|            | Øvelse 1 |          | Muntlig |         | Øvelse 1   |          | Muntlig |         |   |
|------------|----------|----------|---------|---------|------------|----------|---------|---------|---|
|            |          | Øvelse 2 |         | Endelig |            | Øvelse 2 |         | Endelig |   |
| <b>S1</b>  | C        | C        | C       | C       | <b>S13</b> | C        | C       | D/E     | D |
| <b>S2</b>  | B        | B        | A/B     | B       | <b>S14</b> | D        | B       | A       | B |
| <b>S3</b>  | C        | C/D      | A-      | B       | <b>S15</b> | B        | A       | A       | A |
| <b>S4</b>  | B        | A        | A/B     | B       | <b>S16</b> | B        | B       | D/E     | C |
| <b>S5</b>  | C        | C        | B       | B       | <b>S17</b> | D        | D       | C       | C |
| <b>S6</b>  | B        | A/B      | B(+)    | B       | <b>S18</b> | C        | C/D     | C/D     | C |
| <b>S7</b>  | C        | C        | B       | B       | <b>S19</b> | D        | D/E     | E       | E |
| <b>S8</b>  | C        | C/D      | B       | B       | <b>S20</b> | D        | C       | A       | B |
| <b>S9</b>  | B        | A/B      | A       | A       | <b>S21</b> | C        | B/C     | C/D     | C |
| <b>S10</b> | C+       | C        | B       | B       | <b>S22</b> | C        | C/D     | B       | C |
| <b>S11</b> | D        | C        | D       | D       | <b>S23</b> | C        | C       | A-      | B |
| <b>S12</b> | B        | B        | A/B     | B       |            |          |         |         |   |

Beregningen av korrelasjon ved Spearman rho mellom den skriftlige argumentasjonen og studentenes karakterer er vist i Tabell 9. Resultatene er oppgitt med korrelasjonsverdien først og p-verdien i parentes. De signifikante verdiene ved  $p=0,05$  er markert i fet skrift. Korrelasjonen mellom andelen argumenter på nivå 3 og karakter på rapporten ble utført for å finne svar på hypotesen om at et høyere nivå av argumentasjon svarer til en bedre karakter. De resterende korrelasjonene ble beregnet for å utforske

Tabell 10 - Korrelasjon for øvelse 1

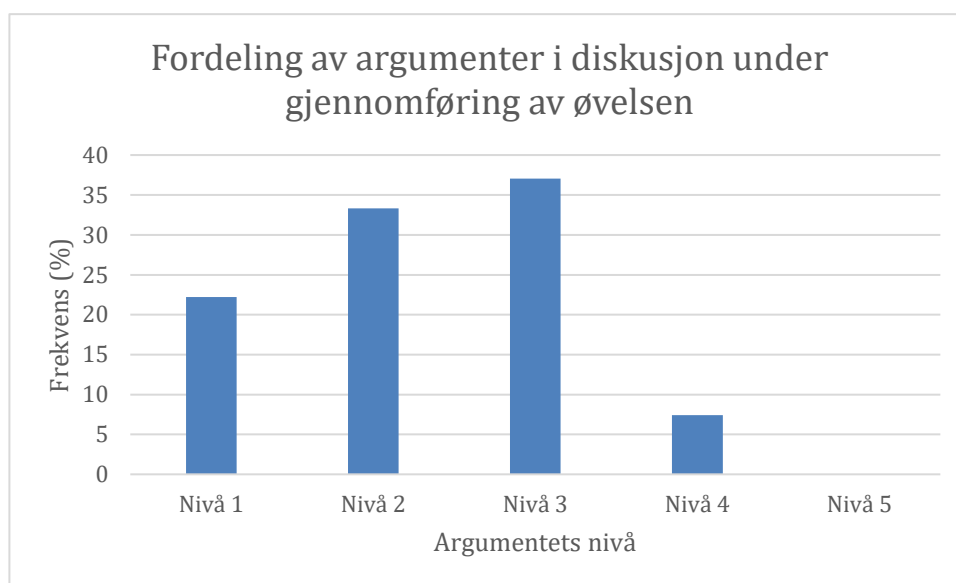
| <b>ARGUMENTER</b>    | <b>RAPPORT</b> | <b>MUNTLIG</b> | <b>ENDELIG</b> |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>TOTALT ANTALL</b> | 0,411 (0,052)  | 0,330 (0,123)  | 0,278 (0,199)  |
| <b>% PÅ NIVÅ 1</b>   | -0,065 (0,769) | -0,227 (0,296) | -0,370 (0,083) |
| <b>% PÅ NIVÅ 2</b>   | 0,058 (0,792)  | 0,155 (0,478)  | 0,274 (0,205)  |
| <b>% PÅ NIVÅ 3</b>   | 0,135 (0,536)  | 0,041 (0,852)  | 0,068 (0,759)  |

Tabell 11 - Korrelasjon for øvelse 2

| <b>ARGUMENTER</b>    | <b>RAPPORT</b>       | <b>MUNTLIG</b>        | <b>ENDELIG</b>       |
|----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
| <b>TOTALT ANTALL</b> | <b>0,465 (0,027)</b> | 0,267 (0,218)         | 0,256 (0,237)        |
| <b>% PÅ NIVÅ 1</b>   | -0,109 (0,618)       | <b>-0,518 (0,012)</b> | <b>-0,47 (0,025)</b> |
| <b>% PÅ NIVÅ 2</b>   | 0,169 (0,438)        | 0,155 (0,478)         | 0,274 (0,205)        |
| <b>% PÅ NIVÅ 3</b>   | -0,141 (0,518)       | 0,044 (0,844)         | 0,082 (0,710)        |

### 4.1.2 Analyse av lydopptak

Kvaliteten på lydopptakene var ikke så god som ønskelig, selv med tiltak for å minske støyen som fanges opp. Dette gjorde at kun det ene opptaket kunne transkriberes og kodes. Studentenes samtale i det dårligste opptaket ble så oppstykket at en statistikk over antall argumenter ikke ville representere det virkelige antallet. Derfor inkluderer Figur 6 kun argumentasjonen fra én gruppes andre runde på laben.



Figur 6 - Fordelingen av argumenter i diskusjonen

### 4.2 Relatert til øvelsen

Ved bruk av observasjoner underveis i øvelsen og oppgavearkene som studentene får før øvelsen ble tabellen fra Millar (2010) fylt ut. Dette verktøyet for analyse og planlegging av praktiske aktiviteter er lagt ved i vedlegg A. Kategoriene som fylles ut for hvert forsøk er relatert til rammeverket for effektiviteten av forsøk fra Abrahams og Millar (2008).

## 5 Diskusjon

### 5.1 Effektiviteten av øvelsen

Som presentert i kapittel 2.3.3 ønsker studien å bestemme hvilket nivå den utviklede øvelsen, samt de eldre øvelsene i kurset, er effektive på. Nivået øvelsen er effektiv på er interessant for å vite om studentene blir aktivisert i en slik grad at hensikten med øvelsen kan oppnås. Millar (2010) peker på at effektivitet på nivå 2 er det vi oftest tenker på som effektiviteten av et undervisningsopplegg, nemlig hvor godt det hjalp studentene å oppnå den ønskede læringen. På nivå 1 vurderes som nevnt tidligere samsvaret mellom det rent praktiske, gjør studentene det læreren vil de skal gjøre. Fra de utfylte tabellene i vedlegg A sees en klar forskjell i hensikt mellom øvelsen utviklet i denne studien og de andre øvelsene som er vurdert. Mens de lukkede øvelsene handler om å utforske et fysikkfaglig fenomen eller øke ferdigheter i å manipulere utstyr flytter øvelsen om friksjon fokuset til utforskende arbeid.

Alle øvelsene er effektive på nivå 1:0. Studentene gjennomfører øvelsen som ønsket rent praktisk. I overgangen fra observasjonsområdet til idéområdet i modellen øker vanskelighetene med å vurdere aktivitetene. Å se at noen gjennomfører den praktiske handlingen de skulle er lett å observere, men å finne ut om de bruker ideene de skulle er verre. Fra observasjoner underveis i gjennomføringen og vurderinger av måten studentene formulerer seg i rapportene mener jeg at det er tvil om den åpne øvelsen er effektiv på nivå 1:e. Det virker som at de angriper oppgaven med mål om å få riktig svar, uten at øvelsens hensikt som påpekt i den første forelesningen blir tatt til betraktning.

### 5.2 Studentenes muntlige argumentasjon

Innholdet i samtaler innad på gruppene endrer seg mye i løpet av en øvelse. Katchevich mfl. (2013) observerte en markant forskjell i antall argumenter under dannelsen av en hypotese for forsøket og drøfting av resultatene. Begge lydopptakene fra den åpne øvelsen om friksjon ble tatt når studentene skulle gjennomføre metoden de hadde planlagt. Dette fører til en manglende sammenligning av argumentasjonen utført i de ulike delene av øvelsen. Ved sammenligning av

fordelingen fra øvelsen, som vist i Figur 6, med fordelingen Katchevich mfl. (2013) observerte er det en tydelig likhet. Fordelingen som presentert i Katchevich mfl. (2013) har 37% av argumentene på nivå 2 mens 40% er på nivå 3, resten er spredt på nivå 1, 4 og 5.

### **5.3 Studentenes skriftlige argumentasjon**

Fra diagrammet i Figur 6 og Tabell 6 er det klart at fordelingen av argumentasjon på de ulike nivåene er ganske lik for det åpne og det lukkede forsøket. Det gjennomsnittlige antallet argumenter avviker derimot mellom øvelsene. Fordelingen av argumenter i det lukkede forsøket er venstreforskjøvet mot et lavere gjennomsnitt.

Mange argumenter framstår som bare «claim» i teksten, men burde sannsynligvis regnes som «claim + backing». Antagelsen bygger på at disse studentene skriver rapporten rettet mot andre på universitetsnivå og at de antatte fysikkunnskapene dekker da den samme teorien som de selv har vært gjennom. Dette gjør at det blir helt unaturlig å forklare en påstand som for eksempel «For et legeme som glir langs en bardisk vil det i horisontal retning kun virke en friksjonskraft på legemet.». Kun enkelte av studentene satt opp kraftsummen ved Newtons andre lov, som eksplisitt viser til antagelsene som ligger bak påstanden, men alle studentene bygger i realiteten på denne kunnskapen når de fremmer påstanden. For slike nærmest trivielle påstander er det ikke et problem, men om studentene fortsetter slik kan det skape problemer for utviklingen av strukturert argumentasjon.

Tendensen til å ikke argumentere for påstander som oppfattes trivielle kan også observeres når tidligere undervisning har tatt opp samme tema (Sandoval & Millwood, 2007). Studentene mener påstanden følger fra det læreren har sagt på temaet. I Sandoval og Millwood (2007) refereres denne typen forklaring som en «authority warrant», altså en appell til autoritet. En lignende situasjon er argumentasjonen i vitenskapelige artikler som bygger på tidligere forskning (Latour, 1987). Under kodingen av argumentasjon i studentenes rapporter kom det tydelig fram at argumentasjonen i de lukkede øvelsene er forskjøvet mot teorikapittelet.



### **5.3.1 Statistiske implikasjoner**

Fra korrelasjonstesten i Tabell 10 og Tabell 11 er det klart at veldig få størrelser korrelerer med hverandre. Korrelasjonen som skulle undersøkes i problemstillingen, prosentandel av argumentene på nivå 3 mot karakter, var ikke i nærheten av å være statistisk signifikant. I alt var det kun tre statistisk signifikante korrelasjoner. En middels positiv korrelasjon mellom totalt antall argumenter og karakter på rapporten fra det lukkede forsøket. Samt middels negativ korrelasjon mellom prosentandelen av argumenter på nivå 1 og karakter på muntlig eksamen og den endelige karakteren.

Å trekke bastante slutninger fra det lille utvalget, lite i forhold til populasjonen av personer som søker seg inn på fysikk, vil være uforsvarlig. Det kan derimot peke på interessante sammenhenger. Korrelasjonen mellom antall argumenter og karakter på rapporten virker åpenbar, men verdien ble ikke statistisk signifikant for den åpne øvelsen. En mulig forklaring på korrelasjonen er at sterkere studenter har en større evne til å bearbeide stoffet de skriver om og på den måten får en lengre tekst, som vil gi flere argumenter.

Den negative korrelasjonen mellom argumentasjon på nivå 1 og karakter kan tolkes som at sterkere studenter bearbeider teksten bedre når de skriver rapport og dermed har færre dårlige argumenter. En slik tolkning kan støttes av at argumentasjonen i rapportene fra den lukkede øvelsen var forskjøvet mot teoridelen som ofte presenteres som en rekke påstander.

## **5.4 Konsekvenser av øvelsens utforming**

Studentenes kreativitet, som målt ved originalitet, i gjennomføringen av den åpne øvelsen var nesten fraværende. Nesten alle gruppene brukte utstyret jeg hadde forberedt uten endringer eller modifikasjoner. For disse gruppene vil gjennomføringen av forsøket ikke lenger kunne klassifiseres som to frihetsgrader fordi studentene ikke gjør et reelt valg av metode. Mangelen på et valg gjør at det ikke er mulig å si om studentene kunne ha kommet med en original metode om de måtte.

Øvelsen i friksjon ga muntlig støtte til argumentasjonen ved gjennomgang i forelesningene og veldig grunnleggende retningslinjer i oppgaveteksten. Disse skulle hjelpe studentene med plasseringen av argumentasjonen. De lukkede øvelsene har ingen tips om strukturering av argumentasjonen men enkelte oppgaver spesifiserer at det kreves begrunning av svaret. Effekten av en slik formulering av oppgaver vil ofte være at studentene argumenterer på et høyere nivå enn forventet, selv i en lukket øvelse (Katchevich mfl., 2013). Et eksempel er en oppgave fra øvelsen om resonans hvor studentene skal legge en finger på en kondensator som er tilkoblet et oscilloskop og forklare endringene. Denne oppgaven besvarte 16 av 23 studenter med et argument på nivå 3, i tillegg til at alle besvarelser med kun ett argument på nivå 3 hadde det her.

## **5.5 utfordringer med vurdering**

Sjøberg (2009) trekker fram en uoverensstemmelse mellom kompetansen som testes i PISA-undersøkelsen og undervisningen med praktiske eksperimenter og laboratoriearbeid. PISA tester en annen kunnskap enn den som blir undervist basert på kompetanseområdet «forskerspiren» med det resultat at det ser ut som at det praktiske arbeidet ikke fungerer som undervisningsopplegg. En lignende situasjon kan oppstå i andre tilfeller hvor vurderingskriteriene er spisset mot én type undervisning og læringsmål. Når det så kommer inn et nytt opplegg med ulik hensikt vil de gamle kriteriene kunne gi et nedslående resultat. For øvelsen jeg utviklet kunne dette spille inn på to områder: kreativitet og argumentasjon. Kreativitet fordi det tidligere ikke har vært inkludert i vurderingen og argumentasjon ved bruk av TAP.

I vurderingen av kreativitet la jeg vekt på metodens originalitet som beskrevet i studentens rapport. Operasjonaliseringen av kreativitet som originalitet finnes igjen i litteraturen, men ofte som en mer omfattende vurderingsmetode (DeHaan, 2009; Diakidoy & Constantinou, 2001). Om man skal bruke originalitet som et mål på kreativitet er det nesten bare to valg, enten et større vurderingsarbeid eller en dikotomi av originalt eller ikke.

Sandoval og Millwood (2005) er kritiske til bruk av TAP som et verktøy for vurdering av kvalitet på argumentene. De peker på at strukturelle analyser som TAP fungerer til kartlegging av studentenes argumentasjonspraksis, men at rammeverket må spisses eller komplementeres for å bedømme kvaliteten. De viser heller til egen studie hvor det ble gjort en vurdering av kvaliteten på argumentasjonen gjennom å se på retorikk og hvor overbevisende den er. Men selv ikke med et bedre spisset rammeverk vil vurderingen være garantert. Erduran (2007) påpeker en observert uoverensstemmelse mellom studenters definisjon av påstand og forklaring, og studiens definisjon. I en slik situasjon vil studentene kunne skrive en argumenterende tekst hvor de selv mener at påstandene er empirisk begrunnet men analysen ikke vil fange det opp. Ved undervisning av argumentasjon over tid vil denne forskjellen i definisjon utjevnes, ettersom studentene øker sin kompetanse og forståelse.

## **5.6 Muligheter for utvikling av argumentasjon**

Fra tidligere forskning er det klart at undervisningen må rettes mot argumentasjon for at studentene skal utvikle ferdighetene sine. Osborne mfl. (2004) viser til at utviklingen kan realiseres om undervisningen av argumentasjon gjøres eksplisitt, men at dette er vanskelig i en rent faglig kontekst. Fordi kvaliteten av argumentene er avhengig av en relevant kunnskapsbase som kan forme data og warrant. De tilgjengelige tema undervisningen kan ta for seg blir på denne måten begrenset av argumentasjon på lik linje med frihetsgradene i øvelsen.

Undervisning som retter seg mot utvikling av studentenes argumentasjon vil sammenfalle eller være nært relatert til undervisning av scientific literacy som brukt i PISA. Spesielt kompetansen «tolke data og evidens på en naturvitenskapelig måte» som innebærer å kunne «analysere og vurdere data, påstander og argumenter...» (Kjærnsli & Jensen, 2016). Studenter som behersker et slikt sett med ferdigheter vil være godt rustet til å bruke forholdene mellom spørsmål, data og påstand til å formulere bevis (Wallace, Hand & Prain, 2004). Ved at øvelsen jeg utviklet tvinger studentene til å argumentere for metode og resultat får de muligheten til å bruke eventuell kompetanse de har. For å støtte argumentasjonen og forsikre en god gjennomføring

kan en strukturert veiledning legges inn mellom øktene på lab (Berg, Bergendahl, Lundberg & Tibell, 2003).

Et annet aspekt ved studentenes kunnskap som i stor grad påvirker argumentasjonen i rapportene er de fagspesifikke skriveferdighetene. I løpet av emnet skal studentene lære seg å skrive rapporter med en bestemt form, samt føringer på innhold og formatering. Å få denne nødvendige kompetansen på plass før studenten forventes å skape et overtalende argument fremmer Kelly, Regev og Prothero (2007) som en av tre pedagogiske utfordringer ved skriftlig argumentasjon. De resterende er formuleringen av bevis som passer til konteksten og å passe inn i den sosiokulturelle konteksten undervisningen foregår i.

## 6 Avslutning

I arbeidet med denne oppgaven har jeg utviklet en åpen øvelse i fysikk og studert studenters gjennomføring av øvelsen med fokus på argumentasjon. Problemstillingen var:

*Hvordan kan åpne forsøk i fysikk på universitetsnivå brukes til å utvikle studenters kreativitet og kompetanse innenfor vitenskapelig utforskende arbeid?*

For å svare på problemstillingen spisset jeg arbeidet med tre forskningsspørsmål.

FS. 1: Er det praktisk å kun gjennomføre én enkelt åpen øvelse i et fysikk-emne på universitetsnivå?

FS. 2: I hvor stor grad klarer studentene å argumentere for valgene de gjør i den åpne øvelsen?

FS. 3: Er det korrelasjon mellom endelig karakter i emnet og hvor godt studentene argumenterer i øvelsen?

Gjennom observasjoner fra øvelsen og studentenes rapporter er konklusjonen at en åpen øvelse er gjennomførbar uten andre endringer i undervisning eller strukturen på emnet. Men effekten av den åpne øvelsen som undervisningsopplegg er tvilsom om ikke studentenes arbeid i større grad blir rettet mot idéene som inkluderes i hensikten med øvelsen. Ved analyse av rapportene ved bruk av TAP viser det seg at studentenes argumentasjon økte i den åpne øvelsen. Kvaliteten var derimot omtrent lik mellom den åpne og lukkede øvelsen. Den statistiske analysen av argumentasjonen fant ingen sammenheng mellom kvaliteten på argumentasjonen og den endelige karakteren.

Resultatene viser til at studentene får flere muligheter til å utøve sin kompetanse, i form av argumentasjon, gjennom den åpne øvelsen. Selv om studentene presenterte flere skriftlige

argumenter er det mye som tyder på at utformingen av spørsmål i øvelsen har større innvirkning på kvaliteten enn om øvelsen er åpen eller lukket.

Studentenes kreativitet som operasjonalisert gjennom originalitet av metode ble observert og vurdert i den åpne øvelsen. Vurderingen viste seg vanskelig og tidkrevende, på grunn av arbeidsmengden som må til for å bestemme graden av originalitet. Under gjennomføring av øvelsen valgte studentene få originale metoder og holdt seg heller tett opp mot utstyret og oppsettet jeg ga som eksempel. Slike observasjoner støtter opp under kritikken åpne og utforskende opplegg ofte får, nemlig at studentenes frihet og kreativitet blir begrenset av velmenende valg fra lærerens side.

Konklusjonen er at den åpne øvelsen skaper situasjoner hvor studentens kompetanse settes i et helhetlig perspektiv som etterligner en større vitenskapelig konstruksjon. Situasjoner som gir en annen kontekst for argumentasjonen. Likevel er det undervisningen rundt øvelsen og utformingen som er viktigst for utvikling av studentenes kompetanse.

## **6.1 Veien videre**

Innenfor tema argumentasjon mener jeg at effekten av diverse tiltak burde undersøkes. For eksempel målrettet undervisning mot argumentasjon før en praktisk aktivitet eller argumentasjonsrammeverk som deles ut til studentene. På denne måten vil man kunne forbedre det åpne opplegget fra denne studien eller utvikle et nytt. Sammen med endringer i undervisningsopplegget burde nye studier prøve ut andre analyserammeverk for å finne viktige faktorer som spiller inn på kvaliteten på argumentene. Sammen med disse faktorene burde det gjennomføres en komparativ studie som tar for seg både åpne og lukkede øvelser med mål om å identifisere unike aspekter ved hver type øvelse.

## Litteratur

- Abrahams, I. & Millar, R. (2008). Does Practical Work Really Work? A Study of the Effectiveness of Practical Work as a Teaching and Learning Method in School Science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969. 10.1080/09500690701749305
- Angell, C. (2011). *Fysikkdidaktikk* (Høyskoleforlagets didaktikkbøker). Kristiansand: Høyskoleforl.
- Berg, C. A. R., Bergendahl, V. C. B., Lundberg, B. & Tibell, L. (2003). Benefiting from an open-ended experiment? A comparison of attitudes to, and outcomes of, an expository versus an open-inquiry version of the same experiment. *International Journal of Science Education*, 25(3), 351-372.
- Berry, A., Mulhall, P., Gunstone, R. & Loughran, J. (1999). Helping students learn from laboratory work. *Australian Science Teachers Journal*, 45(1), 27-31.
- Bjørndal, C. R. P. (2015). *Det vurderende øyet : observasjon, vurdering og utvikling i undervisning og veiledning*. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Brown, P. L., Abell, S. K., Demir, A. & Schmidt, F. J. (2006). College science teachers' views of classroom inquiry. *Science education*, 90(5), 784-802.
- Cohen, L., Manion, L. & Morrison, K. (2018). Validity and reliability. I *Research methods in education* (Eighth edition. utg., s. 245-286). London, England ;,New York, New York: Routledge.
- DeHaan, R. L. (2009). Teaching creativity and inventive problem solving in science. *CBE—Life Sciences Education*, 8(3), 172-181.
- Diakidoy, I.-A. N. & Constantinou, C. P. (2001). Creativity in physics: Response fluency and task specificity. *Creativity Research Journal*, 13(3-4), 401-410.
- Driver, R., Leach, J. & Millar, R. (1996). *Young people's images of science*: McGraw-Hill Education (UK).

- Driver, R., Newton, P. & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science education*, 84(3), 287-312.
- Erduran, S. (2007). Methodological Foundation in the Study of Argumentation in Science Classrooms. I S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Red.), *Argumentation in Science Education : Perspectives from Classroom-Based Research* (Contemporary Trends and Issues in Science Education s. 47-69). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Erduran, S. & Jiménez-Aleixandre, M. P. (2012). Argumentation in science education research: Perspectives from Europe. I *Science Education Research and Practice in Europe* (s. 253-289): Brill Sense.
- Erduran, S., Simon, S. & Osborne, J. (2004). TAPping into argumentation: Developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science education*, 88(6), 915-933.
- Giere, R. N., Mauldin, R. F. & Bickle, J. (2006). *Understanding scientific reasoning* (5th ed. utg.). Belmont, Calif: Thomson Wadsworth.
- Herron, M. D. (1971). The nature of scientific enquiry. *The school review*, 79(2), 171-212.
- Hitchcock, D. & Verheij, B. (2006). *Arguing on the Toulmin model*: Springer.
- Hofstein, A. & Kind, P. M. (2012). Learning In and From Science Laboratories. I B. Fraser, K. Tobin & C. J. McRobbie (Red.), *Second International Handbook of Science Education* (Springer International Handbooks of Education. Bd. 24, s. 189-209). Dordrecht: Springer Netherlands, Dordrecht.
- Hofstein, A. & Lunetta, V. N. (2004). The Laboratory in Science Education: Foundations for the Twenty-First Century. *Science Education*, 88(1), 28-54. 10.1002/sce.10106
- Katchevich, D., Hofstein, A. & Mamlok-Naaman, R. (2013). Argumentation in the chemistry laboratory: Inquiry and confirmatory experiments. *Research in science education*, 43(1), 317-345.
- Kelly, G. J., Regev, J. & Prothero, W. (2007). Analysis of Lines of Reasoning in Written Argumentation. I S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Red.), *Argumentation in*



- Science Education : Perspectives from Classroom-Based Research* (Contemporary Trends and Issues in Science Education s. 137-157). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Kind, P. M. (2003). Praktisk arbeid og naturvitenskapelig allmenndannelse. I B. Bungum & D. Jorde (Red.), *Naturfagdidaktikk : perspektiver, forskning, utvikling*. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Kirschner, P. A., Sweller, J. & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational psychologist*, 41(2), 75-86.
- Kjærnsli, M. & Jensen, F. (2016). Naturfag i PISA: definisjon og oppgaver. I *Stø kurs* (s. 32-48). Hentet fra <http://www.idunn.no/sto-kurs-pisa-2015/2-naturfag-i-pisa-definisjon-og-oppgaver>
- Kleven, T. A., Tveit, K. & Hjørdemaal, F. (2011). *Innføring i pedagogisk forskningsmetode : en hjelp til kritisk tolking og vurdering*. Oslo Unipub.
- Köller, H.-G., Olufsen, M., Stojanovska, M. & Petrusevski, V. (2015). *Practical Work in Chemistry, its goals and effects*.
- Latour, B. (1987). Literature. I *Science in action: How to follow scientists and engineers through society* (s. 21-63): Harvard university press.
- Leach, J. & Scott, P. (2002). Designing and evaluating science teaching sequences: An approach drawing upon the concept of learning demand and a social constructivist perspective on learning.
- Lund, T., Fønnebø, B. & Haugen, R. (2006). *Forskningsprosessen*. Oslo: Unipub.
- Matthews, M. R. (2002). Constructivism and science education: A further appraisal. *Journal of Science Education and Technology*, 11(2), 121-134.
- Millar, R. (2010). *Analysing practical science activities to assess and improve their effectiveness*: Association for Science Education Hatfield.

- Millar, R. & Lubben, F. (1996). Knowledge and action: Students' understanding of the procedures of scientific enquiry. *Research in Science and Education in Europe*, 166-173.
- Osborne, J., Erduran, S. & Simon, S. (2004). Enhancing the Quality of Argumentation in School Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020. 10.1002/tea.20035
- Quale, A. (2003). Konstruktivisme i naturvitenskapen: kunnskapssyn og didaktikk. I B. Bungum & D. Jorde (Red.), *Naturfagdidaktikk : perspektiver, forskning, utvikling*. Oslo: Gyldendal akademisk.
- Razali, N. M. & Wah, Y. B. (2011). Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. *Journal of statistical modeling and analytics*, 2(1), 21-33.
- Ringdal, K. (2018). *Enhet og mangfold : samfunnsvitenskapelig forskning og kvantitativ metode* (4. utg. utg.). Bergen: Fagbokforl.
- Sandoval, W. A. & Millwood, K. A. (2005). The Quality of Students' Use of Evidence in Written Scientific Explanations. *Cognition and Instruction*, 23(1), 23-55. 10.1207/s1532690xci2301\_2
- Sandoval, W. A. & Millwood, K. A. (2007). What Can Argumentation Tell Us About Epistemology? I S. Erduran & M. P. Jiménez-Aleixandre (Red.), *Argumentation in Science Education : Perspectives from Classroom-Based Research* (Contemporary Trends and Issues in Science Education s. 71-91). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Simon, S., Erduran, S. & Osborne, J. (2006). Learning to Teach Argumentation: Research and development in the science classroom. *International Journal of Science Education*, 28(2-3), 235-260. 10.1080/09500690500336957
- Simon, S. & Johnson, S. (2008). Professional learning portfolios for argumentation in school science. *International Journal of Science Education*, 30(5), 669-688.
- Sjøberg, S. (2009). *Naturfag som allmenndannelse : en kritisk fagdidaktikk* (3. utg. utg.). Oslo: Gyldendal akademisk.

Tiberghien, A. (2000). Designing teaching situations in the secondary school. I R. Millar, J. Leach & J. Osborne (Red.), *Improving science education : the contribution of research* (s. 27-48). Buckingham: Open University Press.

Utdanningsdirektoratet. (2006). Læreplan i fysikk - programfag i utdanningsprogram for studiespesialisering (FYS1-01). Hentet fra <https://www.udir.no/kl06/FYS1-01>

Wallace, C. S., Hand, B. B. & Prain, V. (2004). *Writing and learning in the science classroom* (23): Springer Science & Business Media.

Walpole, R. E. (2016). *Probability & statistics for engineers and scientists* (9th ed. utg.). Harlow: Pearson Education.

# Vedlegg A – Verktøy for evaluering av praktisk arbeid

- 1: frileyonstørsgle
- 2: Vekselstrøm
- 3: RC-kretser
- 4: Resonans

## Appendix 2

### A checklist for analysing and comparing up to 10 practical activities

#### 1 Learning objective(s) (or intended learning outcome(s))

| Activity number →   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| <b>1.1 Objective (in general terms) (Enter '1' for the main objective; '2' if necessary for a subsidiary objective.)</b>            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| A By doing this activity, students should develop their knowledge and understanding of the natural world                            |   | 2 | 1 | 1 |   |   |   |   |   |    |
| B By doing this activity, students should learn how to use a piece of laboratory equipment or follow a standard practical procedure |   | 1 | 2 |   |   |   |   |   |   |    |
| C By doing this activity, students should develop their understanding of the scientific approach to enquiry                         | 1 |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| <b>1.2 Learning objective (more specifically) (Tick ✓ one box in each group for which you have entered a number above.)</b>         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| A1 Students can recall an observable feature of an object, or material, or event  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| A2 Students can recall a 'pattern' in observations (e.g. a similarity, difference, trend, relationship)                             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| A3 Students have a better understanding of a scientific idea, or concept, or explanation, or model, or theory                       |   |   | X | X | X |   |   |   |   |    |
| B1 Students can use a piece of equipment, or follow a practical procedure, that they have not previously met                        |   | X |   |   |   |   |   |   |   |    |
| B2 Students are better at using a piece of equipment, or following a practical procedure, that they have previously met             |   | X | X |   |   |   |   |   |   |    |
| C1 Students have a better <i>general understanding</i> of scientific enquiry  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| C2 Students have a better <i>understanding of some specific aspects</i> of scientific enquiry                                       |   | b | f |   |   |   |   |   |   |    |

For C2, rather than simply ticking ✓ the box, enter letters to indicate the specific aspects being taught, as follows:

- |  |   |
|--|---|
| a How to identify a good investigation question                    | e How to analyse data to reveal or display patterns                   |
| b How to plan a strategy for collecting data to address a question | f How to draw and present conclusions based on evidence               |
| c How to choose equipment for an investigation                     | g How to assess how confident you can be that a conclusion is correct |
| d How to present data clearly                                      |   |

## 2 Design

| Activity number →   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| <b>2.1 Degree of direction given (how open/closed?) (Tick ✓ one box)</b>  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Question given, and detailed instructions on procedure  |   | X | X | X |   |   |   |   |   |    |
| Question given, and outline guidance on procedure; some choices left to students  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Question given, but students choose how to proceed  | X |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Students decide the question and how to proceed   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| <b>2.2 Logical structure of the activity (Tick ✓ one box)</b>   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Collect data on a situation, then think about how it might be summarised or explained   |   | X | X | X |   |   |   |   |   |    |
| Use current ideas to generate a question or prediction; collect data to explore or test   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Other   |   | X |   |   |   |   |   |   |   |    |
| <b>2.3 Importance of an understanding of scientific ideas (to carry out the activity well) (Rate: 4=essential; 3=fairly; 2=not very; 1=unimportant)</b> |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Importance of an understanding of scientific ideas  |   | 4 | 2 | 3 | 3 |   |   |   |   |    |
| <b>2.4 What students have to do with objects and materials (Tick ✓ all that apply)</b>  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Use an observing or measuring instrument  | X | X | X | X |   |   |   |   |   |    |
| Follow a standard practical procedure   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Present or display an object or material  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Make an object  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Make a sample of a material or substance  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Make an event happen (produce a phenomenon)   |   | X | X | X |   |   |   |   |   |    |
| Observe an aspect or property of an object, material, or event  | X |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Measure a quantity  | X | X | X | X |   |   |   |   |   |    |
| <b>2.5 What students have to 'do' with ideas (Tick ✓ all that apply)</b>  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Report observations using scientific terminology  | X | X | X | X |   |   |   |   |   |    |
| Identify a similarity or difference (between objects, or materials, or events)  |   | X |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Explore the effect on an outcome of a specific change (e.g. of using a different object, or material, or procedure)                                     | X |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Explore how an outcome variable changes with time   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Explore how an outcome variable changes when the value of a continuous independent variable changes   |   | X | X | X |   |   |   |   |   |    |
| Explore how an outcome variable changes when each of two (or more) independent variables changes  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Design a measurement or observation procedure   | X |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Obtain a value of a derived quantity (i.e. one that cannot be directly measured)  |   | X |   | X |   |   |   |   |   |    |
| Make and/or test a prediction   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Decide if a given explanation applies to the particular situation observed  | X |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Decide which of two (or more) given explanations best fits the data   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Suggest a possible explanation for data   | X |   | X |   |   |   |   |   |   |    |

### 3 Presentation

| Activity number →  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| <b>3.1 How is the purpose, or rationale, communicated to students? (Tick ✓ one box)</b>                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Activity is proposed by teacher, no explicit links made to previous work                                   | X | X | X | X |   |   |   |   |   |    |
| Purpose of activity explained by teacher, and explicitly linked to preceding work                          |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Teacher uses class discussion to help students see how the activity can help answer a question of interest |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Purpose of activity readily apparent to the students; clearly follows from previous work                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Activity is proposed and specified by the students, following discussion                                   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| <b>3.2 How is the activity explained to students? (Tick ✓ all that apply)</b>                              |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Orally by the teacher  | X | X | X | X |   |   |   |   |   |    |
| Written instructions on OHP or data projector Worksheet  | X | X | X | X |   |   |   |   |   |    |
| (All or part of) procedure demonstrated by teacher beforehand  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| <b>3.3 Whole class discussion before the practical activity begins? (Tick ✓ all that apply)</b>            |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| None   |   | X | X | X |   |   |   |   |   |    |
| About equipment and procedures to be used  | X |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| About ideas, concepts, theories, and models that are relevant to the activity                              | X |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| About aspects of scientific enquiry that relate to the activity  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| <b>3.4 Whole class discussion following the practical activity? (Tick ✓ all that apply)</b>                |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| None   | X | X | X | X |   |   |   |   |   |    |
| About confirming 'what we have seen'   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Centred around a demonstration in which the teacher repeats the practical activity                         |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| About how to explain observations, and to develop conceptual ideas that relate to the task                 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| About aspects of investigation design, quality of data, confidence in conclusions, etc.                    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| <b>3.5 Students' record of the activity (Tick ✓ one box)</b>   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| None   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Notes, as the student wishes   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| A completed worksheet  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Written report with a given format   | X | X | X | X |   |   |   |   |   |    |
| Written report in a format chosen by the student   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
| Other  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |

### 4 Learning demand

|  |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |
|--|---|---|---|---|--|--|--|--|--|--|
| In the light of your entries above, how would you judge the <b>learning demand</b> of this activity? |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |
| (Rate: 5=very high; 4=fairly high; 3=moderate; 2=fairly low; 1=very low)                             |   |   |   |   |  |  |  |  |  |  |
| Learning demand  | 4 | 2 | 3 | 4 |  |  |  |  |  |  |

# Vedlegg B – Oppgaveark til åpen øvelse

## Øvelse 7

# Friksjon

Institutt for fysikk og teknologi, UiT

### 7.1 Mål

#### 7.1.1 Oppgavemål

I denne øvelsen skal dere finne ut hvor langt en bartender kan sende en halvliter bortover en bardisk og fortsatt være sikker på at det stopper ved riktig person.

#### 7.1.2 Læringsmål

Etter forsøket skal du

- ha bedre kjennskap til prosessen som ligger til grunn for forsøk i fysikk.
- kunne vurdere hvilke størrelser som er relevante for forsøket du gjennomfører.
- kunne vurdere resultatene opp mot spørsmålet du startet med.

### 7.2 Oppgaver

Se for dere en uteplass med en uendelig lang bardisk hvor det sitter personer langs hele baren. En person bestiller så en halvliter øl som bartenderen må levere. Bartenderen vil selvfølgelig være effektiv for å kunne servere høyest mulig antall kunder på kortest tid og begynner derfor å sende glassene langs baren. På labben skal dere finne et svar på spørsmålet "*Hvor langt kan bartenderen sende en halvliter langs en bardisk og fortsatt være sikker på at glasset stopper ved riktig person?*".

Første gang dere kommer på labben må dere gjøre dere kjent med utstyret og oppsettet før det må utarbeides en plan for hvordan forsøket skal utføres. Her skal det komme fram hvilke størrelser dere vil måle, hvorfor dere mener de er relevante og selvfølgelig hvordan dere vil måle størrelsene. Planleggingen burde også passe på at resultatene av øvelsen vil kunne gi et tilstrekkelig svar i henhold til deres definisjon av et godt svar på spørsmålet. Arbeidet som gjøres vil være nyttig når rapporten skal skrives.

Andre runde på labben skal gjennomføringen fullføres og alle målinger bli gjort. Om dere gjør et godt forarbeid første runde på labben vil dette bli mer eller

mindre rent praktisk arbeid men det kan fortsatt være nyttig å ta dere tid til å vurdere metodene dere bruker.

### 7.3 Teori

#### 7.3.1 Åpne forsøk

Strukturen i denne øvelsen avviker de andre øvelsene i kurset ved at oppgaven er å finne svar på det som kalles et åpent spørsmål. En konsekvens av et slikt åpent forsøk er at dere må argumentere for valg av teori og metode. Dette betyr at måten dere skal finne et svar på ikke er gitt på forhånd men heller er en del av hensikten med øvelsen.

#### 7.3.2 Noen viktige aspekter ved forsøket

- Teori
- Metode
  - Framgangsmåte
  - Målemetode
  - Prinsipp/begrunnelse
- Repeterbarhet
- Ekstrapolering
- Godtatt svinn?
- Forsøk opp mot reelt tilfelle?

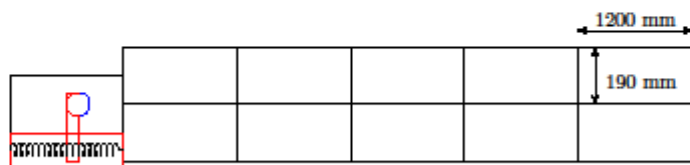
Denne listen er en pekepinn på hva dere må ha tenkt på under øvelsen. Dere må finne ut av relevant teori og bestemme hvordan dere vil gjennomføre forsøket basert på teorien. Her inngår det å identifisere relevante størrelser som påvirker oppsettet. Fra et slikt overordnet nivå må planene konkretiseres slik at framgangsmåten kan fastsettes i detalj. Her vil det være viktig å tenke på om dere kan gjenta forsøket og få likt resultat og på mulighetene for å ekstrapolere fra datasettet. Siden vi ikke har en uendelig lang bardisk kan dette være nødvendig.

Hva som ligger i et godt svar på spørsmålet vi undersøker må også argumenteres for. Kan man for eksempel godta at 1/10 av glassene som sendes langs bardisken kommer fram?

#### 7.3.3 Rettlinjet bevegelse

Et enkelt uttrykk for friksjonskraften er  $F_f = \mu N$ , hvor  $N$  er normalkraften og  $\mu$  er en friksjonskoeffisient. Her er begge størrelsene konstante og friksjonskraften er følgelig også konstant gjennom hele bevegelsen. For å forenkle utregningene kan vi si at friksjonen vil være den eneste kraften som virker på et objekt som





Figur 1: Oppsettet vi har laget til forsøket. Glasset som sendes ut er i blått, utskytningsmekanismen er i rødt mens bardisken er svart.

sklir på en flate. Med en konstant kraft får vi også en konstant akselerasjon. Dette gjør at vi kan bruke de vanlige bevegelsesligningene hvor akselerasjonen antas å være konstant. Farten til glasset vil da være gitt ved

$$v(t) = v_0 + at \quad (1)$$

Bruker vi Newtons andre lov finner vi et uttrykk for akselerasjonen som vi kan sette inn i (1). Akselerasjonen vil er  $F_f = ma$  og vi får da et uttrykk for farten gitt ved

$$v(t) = v_0 + \frac{F_f t}{m} \quad (2)$$

og et uttrykk for strekningen ved

$$s(t) = v_0 t + \frac{F_f}{2m} t^2 \quad (3)$$

Løser vi (2) med hensyn på  $t$  for  $v(t) = 0$  og setter inn i (3) får vi et uttrykk for den totale distansen,  $l$  før glasset stopper.

$$l = \frac{mv_0^2}{2F_f} \quad (4)$$

#### 7.4 Utstyr og oppsett

På labben er det diverse utstyr tilgjengelig og vi har ordnet en del som vi tenker er nødvendig. Utstyret vi har ordnet på labben er blant annet halvliters ølglass, en bane som fungerer som bardisk, en utskytningsmekanisme for å få fart på glasset og måleutstyr i form av lightgates og kamera. Utskytningsmekanisme og banen er som vist i figur 1.

Spesifikasjoner på fjæren finnes på <https://catalog.lesjoforsab.com/csl-3x28x1000>

Programvaren dere kan bruke for å analysere videoklippene heter *Tracker*. En bruksanvisning for programmet ligger på canvas.