

Datalogging i fysikkundervisningen i videregående skole

Tore Andreas Danielsen



Masteroppgave i fysikkdidaktikk

Fysisk institutt

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

UNIVERSITETET I OSLO

15. januar 2008

Forord

Jeg vil først rette en stor takk til mine veiledere Carl Angell og Ellen Karoline Henriksen for god og konstruktiv veiledning gjennom arbeidet med denne oppgaven.

Videre vil jeg også takke Arnt Inge Vistnes for innspill i forbindelse med teoriheftet om digitalisering av lyd og Rolf Vegar Olsen for korrekturlesing av spørreskjemaet.

Alle fysikklærerne og -elevne som har stilt opp underveis og gitt meg det datagrunnlaget jeg trengte fortjener også en stor takk.

Sist, men ikke minst, vil jeg takke Miriam og vår kjære datter Sofie for all støtte og tålmodighet underveis.

Blindern, januar 2008

Tore Andreas Danielsen

Innhold

Forord.....	1
Innhold	2
Sammendrag.....	5
1 Innledning.....	6
1.1 Teori og bakgrunnsstoff	6
1.1.1 Fysikkdidaktikk.....	6
1.1.2 Fysikkfaget i norsk videregående skole	7
1.1.3 Forsøkernes rolle i fysikkundervisning	7
1.1.4 Hva er datalogging?	8
1.1.5 Dataloggernes rolle i fysikkundervisningen – muligheter og begrensninger.....	9
1.2 Forskningsspørsmål.....	11
1.2.1 Presisering av forskningsspørsmålene i denne studien	11
1.2.2 Bakgrunn for forskningsspørsmålene.....	11
1.3 Hvem kan ha nytte av resultatene i denne studien?	12
2 Metode.....	13
2.1 Spørreundersøkelsen	13
2.1.1 Motivasjon.....	13
2.1.2 Hvorfor spørreundersøkelse?	13
2.1.3 Utforming av spørreundersøkelsen	14
2.1.4 Valg av spørsmålstyper	14
2.1.5 Populasjon og utvalg	14
2.1.6 Nettskjema.....	15
2.1.7 Kontakten med respondentene og respons	15
2.1.8 Reliabilitet og validitet:.....	16
2.1.9 Analyse av dataene.....	17
2.2 Utvikling av dataloggerforsøk.....	17
2.2.1 Kriterier for valg av tema for dataloggerforsøkene.....	17
2.2.2 Naturvitenskap, både et produkt og en prosess	18
2.2.3 Omfang og vanskelighetsgrad.....	18
2.2.4 Dataloggerforsøket om friksjon	18
2.2.5 Dataloggerforsøket om digitalisering av lyd.....	19
2.2.6 Elev- og lærerveiledninger	20
2.3 Utprøving av dataloggerforsøk.....	21
2.3.1 Utvalg og rekruttering av fysikklasser	21
2.3.2 Forhåndsinformasjon til deltakerne.....	21
2.3.3 Begrunnelser for at bare en gruppe per klasse gjennomførte forsøket.....	22
2.3.4 Rekruttering og sammensetning av gruppene	22
2.3.5 Tid til rådighet, og disponeringen av denne	23
2.3.6 Forfatterens rolle under utprøving av forsøkene	23
2.3.7 Datainnsamling under utprøvingen av forsøkene.....	24
2.3.8 Validitet og reliabilitet i utprøvingen av forsøkene	24
2.4 Fokusgrupper med fysikkelever	24
2.4.1 Spørsmål som ble forsøkt besvart med fokusgruppene.....	24
2.4.2 Intervjuguide	25
2.4.3 Rekruttering til fokusgruppene.....	25
2.4.4 Antall deltakere i hver fokusgruppe	26
2.4.5 Antall fokusgrupper.....	27
2.4.6 Gjennomføring av fokusgruppene.....	27

2.4.7	Innsamling og bearbeiding av data.....	28
2.4.8	Analysestrategi	28
2.4.9	Reliabilitet og validitet i fokusgruppene.	28
2.5	Fokusgruppe med fysikklærere	29
2.5.1	Rekruttering av fysikklærere	29
2.5.2	Antall fokusgrupper med fysikklærere.....	29
2.5.3	Intervjuguide og spørsmål som skulle besvares.....	29
2.5.4	Gjennomføring av fokusgruppen	30
2.5.5	Analyse.....	30
3	Resultater.....	31
3.1	Fysikklærernes forutsetninger for å ta i bruk datalogging, samt deres synspunkter på datalogging i undervisningen	31
3.1.1	Innledning.....	31
3.1.2	Fysikklæreres kjønns- og aldersfordeling	31
3.1.3	Omfanget av bruken av dataloggere i elevøvelser og lærerdemonstrasjoner... ..	33
3.1.4	Hvorfor ikke bruke dataloggere oftere?	33
3.1.5	Hvor mye, og hva slags, dataloggerutstyr finnes på skolene?	34
3.1.6	Hvor får fysikklærerne oppleggene til dataloggerforsøkene fra?.....	35
3.1.7	Hvordan motiverer fysikklærerne dataloggerforsøk?	36
3.1.8	Fysikklæreres meninger om og holdninger til dataloggerforsøk	36
3.1.9	Etterutdanning	38
3.1.10	Fordeler og ulemper med dataloggere.....	38
3.1.11	Gode dataloggerforsøk	39
3.2	Resultater fra gjennomføringen av dataloggerforsøkene og fokusgruppene.....	39
3.2.1	Elevenes meninger om forsøk generelt	39
3.2.2	Elevenes tidligere erfaringer med datalogging.....	41
3.2.3	Gjennomføringen av friksjonsforsøket.....	41
3.2.4	Elevenes syn på friksjonsforsøket	43
3.2.5	Gjennomføringen av forsøket om digitalisering av lyd	43
3.2.6	Elevenes syn på forsøket om digitalisering av lyd.	44
3.2.7	Elevenes utbytte av friksjonsforsøket	45
3.2.8	Elevenes utbytte av forsøket om digitalisering av lyd	46
3.2.9	Hvor godt fungerte elevveiledningene?	47
3.2.10	Elevenes meninger om teoriheftet.....	48
3.2.11	Elevenes syn på datalogging	48
4	Diskusjon.....	50
4.1	Utstyrssituasjonen i Norge og lærernes holdninger til og bruk av datalogging i undervisningen.	50
4.1.1	Den typiske norske fysikklæreren	50
4.1.2	Dataloggerutstyr og pc-er i fysikkrom i norske videregående skoler	50
4.1.3	Behov for bedre opplæring av fysikklærere i bruk av dataloggere	51
4.1.4	Fysikklærernes holdninger til datalogging, og deres vurdering av dataloggingens potensiale.....	52
4.2	Forsøkene som ble utarbeidet og prøvd ut i denne studien	53
4.2.1	Dataloggerforsøket om friksjon	53
4.2.2	Dataloggerforsøket om digitalisering av lyd.....	54
4.3	Elevers utbytte av datalogging	55
4.3.1	Elevers ferdigheter i tolking av grafer og hvordan datalogging kan forbedre disse ferdighetene.	55

4.3.2	Teori før forsøk eller forsøk før teori? – demonstrasjon av fysiske sammenhenger/fenomener eller matematisk modellering?	57
4.3.3	Bruk av dataloggerforsøk	58
4.3.4	Konklusjoner og anbefalinger.	59
	Litteraturliste	62
	Appendiks A - Invitasjon til deltakelse i spørreundersøkelsen	65
	Appendiks B – Purring til respondentene	66
	Appendiks C – Spørreskjemaet	67
	Appendiks D – Elevveiledning til dataloggerforsøket om friksjon.....	73
	Appendiks E – Lærerveiledning til dataloggerforsøk om friksjon.....	78
	Appendiks F – Teorihefte om digitalisering av lyd.....	81
	Appendiks G – Elevveiledning til dataloggerforsøk om digitalisering av lyd.....	87
	Appendiks H – Lærerveiledning til dataloggerforsøket om digitalisering av lyd.....	89
	Appendiks I – Intervjuguide til fokusgruppe om friksjon.....	94
	Appendiks J – Intervjuguide til fokusgruppe om digitalisering av lyd	97
	Appendiks K – Intervjuguide til fokusgruppe med fysikklærere.....	100
	Appendiks L – Koder som ble brukt i analysen av fokusgruppene	103

Sammendrag

Denne oppgaven dreier seg om bruk av datalogging i fysikkundervisningen i videregående skoler. Oppgaven tar for seg følgende forskningsspørsmål:

1. Hvilke forutsetninger har fysikklærere for å bruke datalogging konstruktivt i undervisningen?
2. Hvordan fungerer bruken av datalogging i fysikkundervisningen?

I arbeidet med denne oppgaven har jeg gjennomført en spørreundersøkelse og en fokusgruppe blant fysikklærere i videregående skole. Jeg har også utviklet to dataloggerforsøk og prøvd ut disse i 5 ulike elevgrupper med påfølgende fokusgruppe med elevene.

Etter at spørreundersøkelsen var gjennomført, utviklet jeg to dataloggerforsøk og prøvde disse ut i 2FY-klasser. Det ene av forsøkene handlet om hvile- og glidefriksjon, og det andre handlet om digitalisering av lyd. Forsøkene ble prøvd ut ved at en gruppe fysikkelever gjennomførte forsøkene foran resten av klassen. Mens elevene gjennomførte forsøkene ble skjermbildet til pc-en vist til resten av klassen på et lerret ved hjelp av en prosjektør. Jeg tok feltnotater mens elevene prøvde ut forsøkene, og etter forsøkene gjennomførte jeg fokusgrupper med frivillige elever – både de som gjennomførte forsøkene og tilskuerne.

Analysen av dataene fra spørreundersøkelsen og utprøvingen av dataloggerforsøkene har resultert i følgende hovedfunn og anbefalinger:

Hovedfunn:

- Fysikklærere har forholdsvis god tilgang til dataloggerutstyr, men mange mangler ferdigheter i bruk av utstyret og kunnskap om hvilke muligheter datalogging gir.
- Fysikklærerne mener at den største fordelen med datalogging er at datalogging gjør det mulig å gjennomføre forsøk som ellers ikke er mulige å gjennomføre. Den største ulempen med datalogging er, slik fysikklærerne ser det, at ”Det er vanskelig å forstå hva som skjer/fysikken forsvinner inn i en svart boks”.
- Datalogging ser ut til å kunne øke elevenes forståelse av fysiske fenomener, tolking av grafer og vitenskapelig metode.
- Datalogging tilfredsstillende på en god måte krav i læreplanen om at elevene skal bruke digitale verktøy i fysikkundervisningen.

Anbefalinger:

- Det er behov for etterutdanning av fysikklærere i bruk av datalogging. Datalogging bør også være en del av lærerutdanningen for fysikklærere. På denne måten kan fysikklæreres ferdigheter i datalogging økes, og de kan gjøres mer bevisste på hvilke muligheter som ligger i datalogging.
- Det ser ut til å være viktig å introdusere datalogging gjennom forsøk som er enkle både i forhold til teori og forsøksoppsett, da datalogging er en ferdighet elevene må tilegne seg på lik linje med andre lab-teknikker.
- Mekanikk ser ut til å være et særlig velegnet tema for introduksjon av datalogging blant elevene.
- Læreremonstrasjoner kan utnyttes bedre når tid og utstyrsressurser er knappe.
- Dataloggerutstyret kan utnyttes bedre til å utforske grafer med elevene.

1 Innledning

Denne masteroppgaven i fysikkdidaktikk er skrevet ved Skolelaboratoriet i Fysikk ved Universitetet i Oslo, og handler om bruk av datalogging i fysikkundervisningen i videregående skole i Norge.

I oppgaven presenteres det både kvantitative og kvalitative data. De kvantitative dataene er innhentet gjennom en spørreundersøkelse jeg gjennomførte blant fysikklærere. De kvalitative dataene består av feltnotater jeg tok under utprøvingen av to dataloggerforsøk, data fra fokusgruppene jeg gjennomførte etter utprøvingene av forsøkene og data fra en fokusgruppe med fysikklærere. Spørreundersøkelsen ga også noen kvalitative data gjennom åpne spørsmål.

Utformingen av ”forskningsinstrumentene” som ble benyttet i datainnsamlingen har vært en stor del av arbeidet med denne masteroppgaven. Jeg har selv laget spørreskjemaet til spørreundersøkelsen, intervjuguidene til fokusgruppene og to dataloggerforsøk med elev- og lærerveiledninger. I tillegg har jeg skrevet et teorihefte om digitalisering av lyd. Mye av dette arbeidet har vært utfordrende og tidkrevende, og har begrenset tiden jeg har hatt til rådighet til å skrive oppgaven.

Oppgaven er delt opp i 4 kapitler. I dette kapitlet – kapittel 1 er det tatt med noe teori og bakgrunnsstoff, og forskningsspørsmålene er presisert. I kapittel 2 er forskningsmetodene som ble benyttet presentert. I kapittel 3 er resultatene presentert, og i kapittel 4 diskuteres disse resultatene opp mot litteraturen. Diskusjonen oppsummeres i konklusjoner og anbefalinger.

1.1 Teori og bakgrunnsstoff

1.1.1 Fysikkdidaktikk

Fagdidaktikk kan karakteriseres som bindeleddet mellom selve faget og pedagogikken, og regnes som en del av den generelle pedagogikken:

”Didaktikk oppfattes etter dette som en del av pedagogikken, nærmere bestemt de vurderinger som er knyttet til det innholdsmessige aspektet ved undervisningen.”
(Sjøberg 2004, s. 26)

Sjøberg presenterer fagdidaktikkens spørsmål som ”Hva? Hvorfor? Hvordan?” (Sjøberg 2004, s. 29). Spørsmålet ”Hva?” tar for seg hva som er viktig i faget – hva skal undervises, og på hvilket trinn? Didaktikken skal også begrunne utvalget av fagstoff som undervises, og begrunne fagets eksistens (”Hvorfor?”). ”Hvordan?” er spørsmålet som tar for seg hvilke pedagogiske metoder som skal benyttes i undervisningen – hvordan skal det utvalgte fagstoffet presenteres. Det forskes svært mye rundt dette ”Hvordan?” – spørsmålet. Det er for eksempel mye forskning på hva elever lærer av ulike undervisningsmetoder. Denne masteroppgaven er et eksempel på dette.

I tillegg til spørsmålene over, er spørsmålet om hvem faget skal undervises for en del av fagdidaktikken (Sjøberg 2004). Det er for eksempel en slik didaktisk vurdering som har ført til at fysikk i norsk skole er en del av et samlet naturfag til og med VG1, mens fysikk er et eget valgfritt fag i VG2 og VG3.

1.1.2 Fysikkfaget i norsk videregående skole

Ifølge Angell, Guttersrud, Henriksen, & Isnes (2004) velger ca 12 % av norske ungdommer fysikk på 12. trinn, og ca 7 % på 13. trinn. Det er liten grunn til å tro at denne andelen har endret seg nevneverdig siden FUN – undersøkelsen ble gjennomført. Det er altså en liten del av befolkningen i Norge som velger fysikk som en del av utdannelsen sin.

Gjennom FUN – undersøkelsen undersøkte man hvordan elever og lærere opplever fysikkfaget og fysikkundervisningen i norsk videregående skole. Funnene fra denne undersøkelsen oppsummeres slik:

”In summary, physics is perceived by pupils as interesting, but demanding; formalistic in nature, but still describing the world and everyday phenomena.” (Angell, Guttersrud et al. 2004, s. 700)

Angell et al. (2004) konkluderer med at fysikkfaget i Norge er et ”lukket system”, hvor både elever og lærere er fornøyde. Elevene er konservative i sitt syn på læring og undervisning, og liker den typen undervisning de får. De liker at læreren skriver på tavlen og forklarer, og de liker individuell oppgaveløsning osv, mens de ikke har mye til overs for prosjektarbeid, åpne forsøk.

1.1.3 Forsøkernes rolle i fysikkundervisning

I den nye læreplanen (NDET 2006) for programfaget fysikk står følgende å lese under hovedområdet ”Den unge forskeren”:

Fysikk 1:

”Hovedområdet handler om at fysikk er et eksperimentelt fag, der trening i å planlegge, gjennomføre og vurdere forsøk er viktig. Videre dreier det seg om kunnskap om og trening i å bruke måleinstrumenter, dokumentere forsøksoppsett, innhente data og presentere måleresultater. Hovedområdet dreier seg også om hvordan vitenskapelig kunnskap etableres, og om noen mulige konflikter og dilemmaer som kan oppstå i denne prosessen.” (NDET 2006, s. 2)

Fysikk 2:

”Hovedområdet handler om å planlegge, gjennomføre, vurdere og videreutvikle forsøk. Kunnskap om og trening i å bruke måleinstrumenter, dokumentere forsøksoppsett, innhente data og presentere måleresultater er sentralt i hovedområdet. Det handler om å vurdere metode og utstyr og estimere usikkerhet. Hovedområdet tar for seg hva uenighet og diskusjoner har å si for utviklingen innenfor det naturvitenskapelige området.” (NDET 2006, s. 3)

”Den unge forskeren” er ett av fem hovedområder i læreplanen, både for fysikk 1 og fysikk 2. Vi ser av sitatene over at det i læreplanen legges stor vekt på at fysikk er et eksperimentelt fag. Naturvitenskapen er bygget opp gjennom at man har gjort eksperimenter for å undersøke sammenhenger i naturen, og det er derfor naturlig at elevene skal lære en god del om forsøk i fysikkfaget i videregående skole. Ifølge Guttersrud (2008) motiveres forsøk i

fysikkundervisningen ofte med at elevene skal få økt sine teoretiske kunnskaper og praktiske ferdigheter, samt at de skal lære at naturvitenskapen er kreativ og empirisk av natur.

Espinoza (2006 - 2007) sier at det har blitt godt dokumentert at forsøk har en positiv innvirkning på elevers holdning til naturfagene, men når det kommer til hva elevene lærer av forsøkene er situasjonen en annen:

”Learning from laboratory activities has been shown to be minimal [22]); while some techniques and skills can be taught [23], the traditional role of the laboratory in science instruction has been largely rendered confirmatory of concepts previously studied and presumably learned [24]. This approach is the antithesis of meaningful learning, as expressed in the hypothesis that direct interaction with natural phenomena is essential for the development of scientific reasoning skills [25,26].”
(Espinoza 2006 - 2007, s. 316)

Angell et al. (2004) rapporterer også at elevene har en dårlig forståelse av forsøkenes rolle i naturvitenskapen, og de ser på ”formler” som mer karakteristisk for fysikk enn forsøkene. Ifølge Séré, Fernandez-Gonzalez, Gallegos, Gonzalez-Garcia, De Manuel, Perales, & Leach (2001) klarer man heller ikke å lære elevene godt nok hva som er ”riktig” vitenskapelig resonnering i forskjellige situasjoner.

Det er altså mye som tyder på at det bør gjøres endringer i den praktiske delen av fysikkundervisningen. Guttersrud (2008) mener at en årsak til at elevene har dårlig forståelse av forsøkenes rolle i naturvitenskapen kan være mangel på bruk av forskjellige *representasjonsformer* i forsøkssituasjoner (se 4.3.2). Han mener at åpne forsøk, for eksempel *modelleringsøvelser* som ble brukt i FYS21 – prosjektet, vil bedre elevenes oppfattelse av naturvitenskapens ”natur”. Se for eksempel Angell, Henriksen, & Kind (2007) for en beskrivelse av FYS21– prosjektet. Espinoza (2006 - 2007) sier at man ikke kan forvente at elevene skal tenke som forskere uten at man gir dem en forskers ”omgivelser”, og lar dem jobbe som forskere, noe som passer godt med Guttersrud (2008) sine anbefalinger om å ta i bruk modelleringsøvelser.

1.1.4 Hva er datalogging?

Datalogging innebærer bruk av elektroniske sensorer med et brukergrensesnitt til å gjøre målinger i forsøk. Dataene blir samlet inn av dataloggeren, og kan leses av dataloggerens skjerm i enkle forsøk, som ved måling av pH i en løsning eller lufttemperaturen i et rom. Dersom man gjør forsøk i ”felten” kan man lagre dataene på dataloggeren i første omgang og laste dem inn på en pc for videre behandling siden. Når man gjennomfører forsøk i laboratoriet/klasserommet kan man koble dataloggeren til en pc mens man gjør forsøket, slik at man får dataene direkte inn på pc-en. Tilhørende programvare gjør det mulig å analysere, fremstille og manipulere de målte dataene på pc-en. Det er den sistnevnte muligheten som gir best utbytte av dataloggingen. Når man får dataene direkte inn i pc-en kan man fremstille datamaterialet grafisk i nesten sanntid. Programvaren gjør at man enkelt kan fremstille datamaterialet på forskjellige måter og foreta komplekse analyser av datamaterialet.

Når man snakker om dataloggerutstyr, mener man både sensorene, selve dataloggeren og den tilhørende programvaren.

Datalogging omtales i litteraturen også som MBL – Microcomputer Based Laboratory.

1.1.5 Dataloggernes rolle i fysikkundervisningen – muligheter og begrensninger

De siste tiårene har datateknologien hatt en voldsom utvikling og blitt en del av både privatlivet og arbeidslivet til de aller fleste. Den nye teknologien har også åpnet store muligheter for naturvitenskapen og gjort det mulig å utforske deler av naturen som tidligere har vært utilgjengelig. Dermed er det også rimelig at bruk av digitale verktøy er en del av fysikkundervisningen. I den nye læreplanen i fysikk (NDET 2006) er dette også vektlagt. En av de fire grunnleggende ferdighetene som er omtalt i den nye læreplanen i fysikk er ”Å kunne bruke digitale verktøy i fysikk”, og dette innebærer:

”Å kunne bruke digitale verktøy i fysikk innebærer å utforske, måle, registrere, analysere, dokumentere og publisere digitalt. Det betyr å anvende animasjoner og bruke Internett til å hente inn fysikkfaglig informasjon. Å kunne bruke digitale verktøy i fysikk betyr å simulere fenomener og forsøk som det ellers er vanskelig å studere.” (NDET 2006, s. 3)

I tillegg er bruk av digitale verktøy nevnt i flere av ”kompetansemålene” både i Fysikk 1 og i Fysikk 2.

En stor fordel med å bruke dataloggere i forsøk er at man kan få svært god tidsoppløsning på målingene. Moderne dataloggere kan ta målinger med en frekvens på flere titalls tusen hertz. Dette medfører at man kan gjennomføre forsøk som avhenger av at målingene tas oftere enn man er i stand til å få til manuelt. Måling av maksimal hvilefriksjon, som det gjøres i dataloggerforsøket om friksjon (se appendiks D og E), er et eksempel på dette. I tillegg gjør dataloggere det mulig å gjennomføre forsøk som tar svært lang tid, da dataloggerne kan stå og samle data uten tilsyn. Dataloggere gjør det altså mulig å gjennomføre forsøk som er umulige eller svært vanskelige å gjennomføre med tradisjonelt lab-utstyr (Newton 2000; Lavonen, Aksela et al. 2003). I tillegg gjør datalogging det enkelt å måle flere størrelser synkront. Dette utnyttes i dataloggerforsøket om friksjon (se appendiks D og E).

Med datalogging kan man innhente langt større datamengder enn man kan med mer tradisjonelt lab-utstyr. Dataloggerne gir også data av høy kvalitet. Dette gjør at elevene slipper å oppleve at de har for lite data, eller at dataene de har er for ”rotete” (Newton 2000). En pc kan gjøre krevende regneoperasjoner ”på et blunk”, og med et klikk kan man få de grafene man er interessert i. I dataloggerforsøk slipper elevene altså å gjøre arbeidskrevende regning og tegning av grafer. Dermed får de mer tid til å konsentrere seg om å tolke dataene de har samlet inn (Barton 1997; Barton 1998; Newton 2000; Russell, Lucas et al. 2003; Russell, Lucas et al. 2004; Hennessy, Wishart et al. 2007).

”The software reduces the effort pupils must invest in presenting data graphically so that they can invest more effort in interpretative activity.” (Newton 2000, s. 1249)

Barton (1997, 1998) har sett på hvilken effekt datalogging har på elevers evner til å tolke grafer, og han har funnet en positiv effekt. Han konkluderer med følgende:

”In my view the only reason to ask pupils to plot graphs by hand is so that they are able to plot graphs by hand” (Barton 1998, s. 367)

Svec (1999) og Friedler & McFarlane (1997) har også funnet at datalogging kan bedre elevenes ferdigheter i graftolkning. Annen forskning på bruk av datalogging i undervisningen indikerer at elevene lærer mer enn å tolke grafer av dataloggerforsøkene. Newton (2000) og Espinoza (2006 - 2007) mener datalogging gir elevene mulighet til å samle inn og bearbeide eksperimentelle data på en måte som gir dem ekte vitenskapelige erfaringer, og dermed bidrar til å øke elevenes ferdigheter i å gjennomføre vitenskapelige undersøkelser. Etter å ha sett på læringsutbyttet til elever som har gjennomført dataloggerforsøk konkluderer han med følgende:

"It can therefore be concluded that mbl technology does make a substantial difference in performance on both content-related tasks, and in the development of process skills." (Espinoza 2006 - 2007, s. 330)

Flere andre rapporterer også at elevene lærer mer fagstoff gjennom å gjennomføre dataloggerforsøk (Russell, Lucas et al. 1999; Russell, Lucas et al. 2003; Russell, Lucas et al. 2004). Atar (2002) og Royuk & Brooks (2003) er imidlertid mer tilbakeholdne, og sier at datalogging ikke nødvendigvis gir økt læring av fagstoff. Royuk og Brooks (2003) fremholder viktigheten av at dataloggerutstyret brukes riktig:

"In other words, the key element for success is not the MBL; instead, that element is in how the MBL ends up being implemented in the teaching laboratory" (Royuk and Brooks 2003, s. 317)

Det er viktig at ikke dataloggere benyttes der de ikke har noe å tilføre utover det man kan få til med tradisjonelt lab-utstyr. Det vil for eksempel neppe være en god idé å måle lengden til en bok ved hjelp av datalogging. Bruk av dataloggerutstyret er åpenbart mer krevende for elevene enn å måle lengden ved hjelp av målebånd, og dataloggerutstyret tilfører ikke noe mer enn målebåndet i en slik måling. I slike tilfeller blir dataloggerne heller hindringer enn hjelpemidler. Slik "unødvendig" bruk av datalogging strider også mot det som står i læreplanen for fysikk (NDET 2006) om at elevene skal lære å vurdere metode og utstyr i forsøkene.

Russel et al. (2003, 2004) mener at årsaken til at lærere ikke bruker dataloggere mer enn de gjør kan være at de ikke ser hvilke muligheter dataloggerne representerer. Grundig opplæring av fysikklærere i bruk av datalogging er derfor viktig, slik at lærerne kan se hvilke muligheter dette utstyret gir. Datalogging kommer i tillegg til tradisjonelle forsøk, og krever derfor at fysikklærerne lærer seg datalogging *i tillegg til* alt annet de skal kunne. Ifølge Lavonen, Angell, Bymen, Henriksen, & Koponen (2007) er læreres (og elevs) syn på fysikkundervisning stabil og med stor motstand mot forandringer. Det kan derfor ta tid å få rutinerne fysikklærere til å ta i bruk datalogging.

For at fysikklærerne skal kunne gjennomføre effektive dataloggerforsøk er det viktig at lærerne selv behersker dataloggerutstyret godt og at de har selvtillit i forhold til dataloggingen (Newton 2000; Atar 2002). Tekniske problemer kan oppstå når man gjennomfører dataloggerforsøk, og da er det viktig at lærerne er i stand til å takle disse:

"Teachers using data-logging need to develop the confidence to know when a system is malfunctioning and to be able to deal with it effectively." (Newton 2000, s. 1253)

1.2 Forskningsspørsmål

1.2.1 Presisering av forskningsspørsmålene i denne studien

Forskningsspørsmålene i denne oppgaven er todelt. Jeg skal både studere den faktiske bruken av datalogging i fysikkundervisningen i videregående skole, og jeg skal studere hvordan datalogging kan brukes for å fremme elevenes læring av fysikk.

Mer presist skal følgende spørsmål/problemstillinger studeres:

3. Hvilke forutsetninger har fysikklærere for å bruke datalogging konstruktivt i undervisningen?
 - a. Hva slags, og hvor mye, dataloggerutstyr har norske fysikklærere tilgang til?
 - b. Hvilke forutsetninger har fysikklærerne for å ta i bruk dataloggerutstyret?
 - c. Hvilke holdninger har fysikklærerne til datalogging?

4. Hvordan fungerer bruken av datalogging i fysikkundervisningen?
 - a. Hvor mye, og hvordan, brukes datalogging i fysikkundervisningen?
 - b. Hvilke fordeler og ulemper ser fysikklærerne med dataloggingen?
 - c. Hvordan arbeidet elevene med de to dataloggerforsøkene som ble utarbeidet og prøvd ut i denne oppgaven?
 - d. På hvilken måte ser datalogging ut til å kunne bidra til elevenes læring i fysikk, basert på erfaringene fra utprøvingen av forsøkene?
 - e. Hvilke anbefalinger kan gis for utvikling og bruk av dataloggerforsøk, basert på erfaringene fra utprøvingene av dataloggerforsøkene?

Svar på disse spørsmålene vil forhåpentligvis gi råd om hvordan det kan legges til rette for bedre utnyttelse av dataloggingens potensial, i forhold til utstyrssituasjonen, etterutdanning/kursing av lærere, utforming av dataloggerforsøk og hvordan dataloggerforsøk kan gjennomføres i fysikkundervisningen.

1.2.2 Bakgrunn for forskningsspørsmålene

Så vidt jeg kjenner til er det ikke tidligere foretatt studier om bruk av datalogging i fysikkundervisningen i norsk videregående skole. Det var derfor et behov for en studie som denne for å fremskaffe dokumentasjon på dette området.

Det siste av forskningsspørsmålene over er på mange måter det viktigste. For at man skal kunne forsvare å ta i bruk et nytt hjelpemiddel i undervisningen, må man vite at dette hjelpemidlet tilfører noe nytt som ikke man kunne fått uten dette hjelpemiddelet. Det koster penger å kjøpe inn dataloggerutstyret, og det koster både tid og penger å få etterutdannet lærere i bruk av dette utstyret. Disse investeringene må gi avkastninger i form av at elevene sitter igjen med et høyere kunnskaps- og/eller ferdighetsnivå etter utdanningen, hvis ikke er introduksjonen av datalogging i undervisningen bortkastet tid og bortkastede penger.

Det var også nyttig å forsøke å finne ut av hva som er viktig når man utvikler et dataloggerforsøk – hvilke muligheter og hvilke begrensninger som ligger i dataloggerutstyret. I denne sammenhengen er erfaringene fra utviklingen og utprøvingen av de to dataloggerforsøkene interessante.

1.3 Hvem kan ha nytte av resultatene i denne studien?

Innsikten denne oppgaven gir i fysikklærernes forutsetninger for å bruke datalogging i undervisningen er nyttig for de som skal kurse lærerne i datalogging, slik at denne kursingen best mulig kan tilpasses behovet.

Erfaringer fra utprøvingene av de to dataloggerforsøkene kan gi nyttige råd til andre som skal utarbeide dataloggerforsøk, og til lærere som skal bruke datalogging i undervisningen.

De to dataloggerforsøkene som ble utarbeidet som en del av denne oppgaven er tenkt lagt ut på www.naturfag.no, om enn i en noe endret form. Disse dataloggerforsøkene kan komme til nytte i fysikkundervisningen for alle som vil bruke dem.

2 Metode

Dette kapitlet tar for seg metodene som ble brukt i datainnsamlingen til denne oppgaven. Metodene som er benyttet er godt utprøvde og vel innarbeidede i didaktisk forskning. Teorien i dette kapitlet tar derfor utgangspunkt i standard metodelitteratur.

2.1 Spørreundersøkelsen

2.1.1 Motivasjon

Som en begynnelse på denne oppgaven om datalogging i fysikkfaget i videregående skole falt det naturlig å gjennomføre en undersøkelse om bruken av datalogging i videregående skole. Denne undersøkelsen ble gjort for å få en grunnkunnskap om bruken av datalogging før man skulle lage dataloggerforsøk. Det er ikke gjennomført noen utfyllende undersøkelse i Norge på dette temaet tidligere.

Vinteren 2006 gjennomførte Rolf Vegar Olsen en nettbasert spørreundersøkelse blant 140 norske fysikklærere for Norsk Fysikklærerforening (Olsen 2006). Et par resultater fra denne undersøkelsen var svært interessante for denne oppgaven: 90 % svarte at de har noe - eller stort behov for etterutdanning knyttet til bruk av eksperimenter i fysikkfaget, og 85 % svarte at de hadde noe – eller stort behov for etterutdanning i bruk av dataloggere. For å best mulig kunne tilpasse den etterutdanningen lærerne uttrykker behov for, må man vite noe om hvordan situasjonen er. Slik bakgrunnskunnskap om hva slags – og hvor mye dataloggerutstyr som finnes på skolene, hvordan dette utstyret brukes i fysikkundervisningen, hvilke erfaringer lærerne har med datalogging og hvilken innstilling fysikklærerne har til datalogging, kan man få fra en spørreundersøkelse.

For å utvikle dataloggerforsøk til denne masteroppgaven, var det nyttig å vite noe om hvilke gode – og dårlige erfaringer fysikklærere har med datalogging. Det var også interessant å finne ut av hva slags forsøk lærerne gjennomfører, og hva de mener elevene lærer av dem. Elever skulle også intervjues om datalogging senere i forbindelse med utprøving av dataloggerforsøk. Dermed var det interessant å få læreres syn på datalogging for senere å kunne sammenlikne disse med elevenes synspunkter.

2.1.2 Hvorfor spørreundersøkelse?

Tatt i betraktning tiden som stod til rådighet og temaet som skulle undersøkes, ble det naturlig å gjennomføre undersøkelsen som en spørreundersøkelse. Spørsmålene man søkte svar på lar seg besvare med en spørreundersøkelse, og spørreundersøkelser har flere fordeler i forhold til for eksempel intervjuer:

- Man kan få inn litt data fra mange respondenter
- Lite tid – og ressurskrevende å utføre
- Lettvint databehandling
- Enkelt å distribuere
- De samme spørsmålene blir stilt på samme måte til alle.

En spørreundersøkelse som den som ble benyttet i denne studien gir ikke grunnlag for lange resonnementer og dyp teoribygging, men det ble gjennomført en fokusgruppe med seks fysikklærere i et forsøk på å utdype resultatene fra spørreundersøkelsen (se avsnitt 2.5).

2.1.3 Utforming av spørreundersøkelsen

Det var et poeng å begrense antall spørsmål noe, slik at ikke omfanget av spørreskjemaet skulle gjøre fysikklærerne mindre villige til å svare.

Mens utviklingen av spørreskjemaet foregikk ble det også vurdert hvordan spørreskjemaet skulle distribueres. Det var to aktuelle alternativer; post og internett. Vi valgte ganske raskt å satse på en nettbasert undersøkelse. Postdistribusjon av spørreundersøkelsen ville kreve at lærerne selv måtte sendt tilbake svarene, noe som ville høynet terskelen for å svare. Dessuten er det nok noe lettere å nå frem til lærerne med e-post enn med brev. Mens brev må gjennom en distribusjonsløsning på skolen når e-post frem direkte til den man sender til.

Spørreskjemaet ble korrekturlest og revidert flere ganger under utformingen.

Å gjøre spørreundersøkelsen nettbasert forenklet også databehandlingen betydelig. Man slapp å skrive inn alle resultatene manuelt i en datafil, og man slapp å tolke håndskrift. Etter at spørreundersøkelsen var ferdig kunne jeg få ut besvarelsene som en ferdig formatert datafil som kunne lastes inn i SPSS eller Excel.

2.1.4 Valg av spørsmålstyper

Under utformingen av en spørreundersøkelse må man først tenke på hva slags data man vil ha og hvordan man skal analysere dem, for å få data som er hensiktsmessige (Robson 2002). Dette får naturligvis konsekvenser for valg av spørsmålstyper og svaralternativer. I denne studien ville man ha mest mulig talldata fra spørreundersøkelsen. Tall er enklere å bearbeide og analysere enn tekst, og i tekstsvar kan det være vanskelig å tolke hva respondenten mener med det han/hun har skrevet.

Spørreskjemaet bestod av totalt 42 spørsmål sortert under 11 temaer. Hovedtemaene er skissert under "Motivasjon" på forrige side. Det ble benyttet flest lukkede spørsmål med forskjellige typer svaralternativer, avhengig av spørsmålenes art (se Appendiks C). Mot slutten av spørreskjemaet ble det lagt til to åpne spørsmål om hva lærerne ser på som de største fordelene og ulempene med bruk av dataloggere i undervisningen for å utdype dette med lærernes egne ord. Det ble også lagt til et åpent spørsmål der lærerne ble bedt om å beskrive minst ett godt dataloggerforsøk.

2.1.5 Populasjon og utvalg

Det finnes ingen oversikt over alle fysikklærerne i Norge. Det er derfor ikke lett å få et nøyaktig antall på hvor stor populasjonen av fysikklærere er. Skolelaboratoriet i Fysikk, Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo, har klart å lokalisere 257 skoler som tilbyr fysikk. Dersom man går ut fra at det er litt mer enn to fysikklærere på hver av skolene som tilbyr fysikk, kan man gjette at det er rundt 600 fysikklærere i Norge.

Skulle man nå alle fysikklærere i Norge, måtte man kontaktet alle de videregående skolene som tilbyr fysikk og fått kontaktinformasjon til alle fysikklærerne på den måten. Dette ville krevd uforholdsmessig mye tid og arbeid.

Det ble besluttet å benytte Norsk Fysikklærerforening sin medlemsliste som grunnlag for rekrutteringen, da dette er den største listen over norske fysikklærere som finnes. Norsk Fysikklærerforening har, i følge sekretær Henning F. Hansen, 400 – 500 medlemmer, hvorav ca 300 har registrert e-post adresse (Hansen 2006). En del av medlemmene i foreningen er ikke fysikklærere, men har andre yrker som gjør det relevant å være medlemmer. Hansen antok derfor med at man ville nå frem til rett i overkant av 200 fysikklærere.

Da Rolf Vegar Olsen gjennomførte sin spørreundersøkelse for Norsk fysikklærerforening gikk han gjennom administrasjonen til alle de videregående skolene i Norge som tilbyr fysikk, og ba om at den fysikklæreren ved skolene som kom først i alfabetet skulle besvare spørreundersøkelsen. På denne måten ville Olsen sikre et tilfeldig utvalg av respondenter. Denne fremgangsmåten resulterte i at Olsen fikk 140 svar (Olsen 2006). I denne studiens spørreundersøkelse fikk man 70 svar. Dette tyder på at man nok kunne fått en del flere svar ved å gå frem på Olsen sin måte.

2.1.6 Nettskjema

Da spørsmålene i spørreundersøkelsen var ferdig utviklet med rekkefølge og svarkategorier på plass ble undersøkelsen lagt ut på nett ved hjelp av Universitetet i Oslo sitt verktøy ”Nettskjema” (<https://nettskjema.uio.no/>). ”Nettskjema” er et verktøy som gir alle brukere ved UiO muligheten til å lage og gjennomføre nettbaserte spørreundersøkelser.

2.1.7 Kontakten med respondentene og respons

Da spørreundersøkelsen var lagt ut på internett ble det sendt ut en invitasjon til alle på e- post listen til Norsk Fysikklærerforening (se Appendiks A). I invitasjonen ble det forklart kort om hvem som gjennomførte undersøkelsen, og noen ord om studien den inngår i. Internettadressen til spørreundersøkelsen ble oppgitt, og det ble gitt en forklaring på hvordan man skulle gå frem for å besvare undersøkelsen.

Etter et par uker ble det sendt ut en puring (se Appendiks B) til fysikklærerne på samme måte. Dette resulterte i noen flere svar, men ikke så mange som man hadde håpet.

Det var til sammen 70 fysikklærere som svarte på spørreundersøkelsen. Dette er om lag 30 % av de fysikklærerne som fikk invitasjon, og antakeligvis i overkant av 10 % av alle fysikklærere i Norge (forutsatt at antagelsen om at det er ca 600 fysikklærere i Norge stemmer). Man hadde håpet på flere svar, men i følge Hansen (2006) var dette bedre enn man kunne forvente, og bedre enn andre spørreundersøkelser som var utført mot samme medlemsliste.

2.1.8 Reliabilitet og validitet:

Reliabiliteten til en studie handler om hvorvidt studien ville gitt samme resultat dersom den ble brukt på det samme objektet i en annen sammenheng og om hvorvidt en annen forsker ville fått de samme resultatene fra de samme dataene (Robson 2002). Reliabilitet er altså et mål på konsistensen og reproduserbarheten til et forskningsprosjekt eller et -instrument.

Validiteten til en undersøkelse handler om hvorvidt undersøkelsen måler det den gir seg ut for- og er ment å måle. Når man stiller et spørsmål, må det stilles på en slik måte at svarene man får er svar på det man mener å spørre om. Dersom man vil undersøke hvordan en del av befolkningen er innstilt til miljøvern nytter det ikke å spørre om hvor mange turer de har hatt i naturen siste måned. I dette eksempelet er det åpenbart at spørsmålet ikke gir svar på det man vil undersøke, det er ikke et valid spørsmål. Det er også svært viktig at spørsmålene i spørreundersøkelsen stilles på en slik måte at alle respondentene forstår spørsmålene og hvordan det er tenkt at de skal svare på dem. Se for eksempel Robson (2002) for en utførlig diskusjon av reliabilitet og validitet.

I dette spørreskjemaet er antakeligvis ikke validiteten i særlig grad truet av at lærerne tolker spørsmålene på en annen måte enn det er ment å tolkes. Det var fokus på formuleringer under utformingen av spørreskjemaet. De fleste spørsmålene var helt enkle, og det ble gitt forklaringer og presiseringer der det ikke var helt åpenbart hva som mentes med spørsmålsformuleringen, eller hvordan man skulle svare.

Den største usikkerheten rundt reliabiliteten og validiteten til spørreundersøkelsen er nok knyttet til det utvalget av fysikklærere som har svart på spørreundersøkelsen. Det kom inn 70 svar fra en populasjon som er antatt å være på ca 600. Dette er et ganske lite utvalg, og dermed er undersøkelsen sårbar for naturlige variasjoner innenfor populasjonen fysikklærere. Dersom det utvalget som svarte på spørreundersøkelsen ikke var representativt for norske fysikklærere, ville ikke resultatene fra spørreundersøkelsen være generaliserbare. Dermed ville både validitet og reliabilitet vært tapt. Validitet ville vært tapt da spørreundersøkelsen i så fall ikke hadde gitt svar på det den var ment å gi svar på. Reliabilitet ville også være tapt, da den samme spørreundersøkelsen ville gitt et annet resultat dersom et representativt utvalg fysikklærere hadde svart.

Spørsmålene 1.1 og 1.2 (se Appendiks C) ble lagt inn i spørreskjemaet for å forsøke å kontrollere om utvalget i denne spørreundersøkelsen kunne være tilfeldig. Disse spørsmålene er identiske, både i formuleringer og i svaralternativer, med to av spørsmålene i spørreundersøkelsen Rolf Vegar Olsen gjennomførte for Norsk Fysikklærerforening (Olsen 2006). I denne spørreundersøkelsen var utvalget tilfeldig, og man fikk svar fra 140 fysikklærere (se 2.1.5). Spørsmål 1.1 og 1.2 ga svar som var svært like de svarene Olsen fikk på sine tilsvarende spørsmål (se 3.1.1.). Vi har derfor ingen grunn til å tro at de fysikklærerne som besvarte spørreundersøkelsen skiller seg nevneverdig fra andre fysikklærere. Resultatene fra spørreundersøkelsen kan altså bare brukes til å si noe sikkert om de fysikklærerne som har svart på undersøkelsen, men man kan anta at resultatene ikke skiller seg i særlig grad fra hva resultatene ville vært dersom alle fysikklærerne i Norge hadde svart.

2.1.9 Analyse av dataene

Etter at spørreundersøkelsen var ferdig ble datafilen så lagt inn i statistikkprogrammet SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) for bearbeiding og analyse. Microsoft Excel ble også brukt en del i bearbeidingen av dataene.

Dataene ble først gjennomgått for å sjekke at det ikke var noen besvarelser som virket useriøse eller var helt tomme, og at alle svarene ga mening. Et svar som ikke gir mening er for eksempel dersom en lærer svarer at han/hun er 13 år gammel. Et slikt svar vil da kodes "missing". Manglende svar på spørsmål ble også kodet "missing". Alle variablene (spørsmålene) fikk hver sitt navn for at man skulle beholde oversikten i analysen.

På grunn av forholdsvis få svar på spørreundersøkelsen ble det benyttet mest deskriptiv statistikk i analysen av dataene. Det ble også utført en del korrelasjonsanalyse. *Korrelasjon* eller *samvariasjon* er et mål på hvor stor sammenheng det er mellom forskjellige variable. En variabel er i denne sammenhengen svarene på et spørsmål. I analysen av dataene fra spørreundersøkelsen ble Pearsons korrelasjonskoeffisient benyttet. Dette er en koeffisient med verdi mellom -1 og 1, hvor fortegnet angir hvilken retning korrelasjonen har, og tallverdien angir hvor sterk korrelasjonen er. En korrelasjonskoeffisient på -0,85 mellom to spørsmål i spørreundersøkelsen vil da bety at mange av fysikklærerne avgir svar med høy verdi på det ene spørsmålet avgir svar med lav verdi på det andre spørsmålet.

Under analysen av dataene ble det også laget et "construct". Et construct er en samling av spørsmål som man mener at måler det samme. Reliabiliteten til et slikt construct måles med størrelsen *Cronbachs' alfa*. Dersom et construct har høy Cronbachs' alfa, betyr det at mange av respondentene avgir samme svar på de spørsmålene som utgjør constructet.

Alle forskjeller og korrelasjoner som er oppgitt i resultatdelen er statistisk signifikante på 0,05 – eller 0,01 – nivå. Det betyr at det er mindre enn hhv 5 % og 1 % sannsynlighet for at forskjellene er et resultat av tilfeldighet.

Svarene på de åpne spørsmålene ble kategorisert i dertil egnede kategorier for at man skulle få noe bedre oversikt over disse. De svarene man ikke klarte å tolke, ble heller ikke kategorisert.

2.2 Utvikling av dataloggerforsøk

2.2.1 Kriterier for valg av tema for dataloggerforsøkene

Da det skulle utarbeides dataloggerforsøk til denne oppgaven ble det tatt utgangspunkt i at de skulle bidra til å møte kompetansemål i Fysikk 1 og 2 (se 2.2.4 og 2.2.5).

Når man skal lage dataloggerforsøk er det viktig at disse forsøkene er av en slik karakter at dataloggerne tilfører noe. Om man bruker dataloggere der det samme forsøket kunne vært gjort enklere uten dataloggere ("datalogging for dataloggingens skyld") går dataloggerne fra å være nyttige verktøy til å være en hindring (se 1.1.5).

De forsøkene som ble utarbeidet skal brukes som eksempler for hvordan man kan bruke dataloggerutstyret. Dermed var det et poeng å utnytte dataloggerne. Det var også et poeng å

utarbeide forsøk som ikke fantes fra før, i alle fall ikke tilpasset datalogging og med samme detaljerte forsøksbeskrivelse.

For at et dataloggerforsøk skal fungere bra er det viktig at det er ”robust”. I dette ligger det at det må være forholdsvis enkelt å få ”gode” data og grafer fra forsøket. Forsøkene ble derfor prøvd ut og forbedret utallige ganger under utformingen for at hver gjennomføring skulle gi likest mulig resultat. Man var også innom en del andre mulige forsøk

2.2.2 Naturvitenskap, både et produkt og en prosess

De metodene, de eksperimentelle fremgangsmåtene og det tekniske utstyret som benyttes i naturfagene er særtrekk for disse fagene (Sjøberg 2004). På samme måte er selve eksperimentet et særtrekk ved naturfag:

”Naturvitenskap er både et produkt og en prosess. Det er både det man har bygd opp, og det er måten man bygger på. Når man skal begrunne faget, og når man skal tilrettelegge undervisning, må begge disse sidene komme fram. Balansen er ikke enkel.” (Sjøberg 2004, s. 377)

Med utgangspunkt i dette, er målene for hva elevene skal lære av dataloggerforsøkene todelt - i produktmål og prosessmål. I produktmålene ligger det at elevene skal lære om fysiske lover og sammenhenger, og begreper innen fysikken. I prosessmålene ligger det at elevene skal lære naturvitenskapelige arbeidsmåter og metoder. Elevene skal lære å gjennomføre eksperimenter, å bruke elektronisk måleutstyr, samt å samle inn og behandle data. De konkrete læringsmålene står oppført for hvert forsøk (se 2.2.4 og 2.2.5).

2.2.3 Omfang og vanskelighetsgrad

For at dataloggerforsøkene skulle passe inn i vanlig undervisning ble det satt som et utgangspunkt at de skulle vare i maksimalt to skoletimer (ca 90 min), medregnet tid til instruksjoner fra læreren.

Det ble tatt utgangspunkt i at forsøkene skulle kunne utføres av elever (og lærere) uten erfaring med dataloggerutstyret og programvaren som ble brukt. På grunn av den tiden som går med til å lære å bruke dataloggerutstyret, og den vanskeligheten dette representerer for en del elever, var det nødvendig å redusere både vanskelighetsgraden og omfanget i forsøkene noe.

2.2.4 Dataloggerforsøket om friksjon

Mange av kompetansemålene i læreplanene i fysikk 1 og 2 omhandler mekanikk, og dette er ofte det første temaet elevene møter i fysikkfaget. Det passet derfor godt å lage det ene dataloggerforsøket om friksjon, slik at dette forsøket i fremtiden kan brukes som en innføring i bruk av dataloggere tidlig i Fysikk 1. Sharma & Sharma (2007) undersøkte hvor stort læringsutbyttet til fysikkelever var innenfor temaene krefter og friksjon, og sammenliknet med det forventede læringsutbyttet. De fant ut at elevene lærte langt mindre enn det som var

forventet. Friksjon er altså et vanskelig tema som mange elever sliter med, noe som motiverer utarbeidelsen av et nytt dataloggerforsøk som kan ta for seg dette temaet.

Det er vanlig å gjøre et forsøk som likner del 1 av dette forsøket (se Appendiks D og E) ved at man trekker en kloss i med en fjærvekt og variere klossens masse. Man kan da lese av glidefriksjonskraften på klossen mens man trekker, og finne glidefriksjonskoeffisienten fra denne. I denne varianten av forsøket er det vanskelig å lese av riktig kraft på fjærvekten mens man trekker, og det er omtrent umulig å finne den maksimale hvilefriksjonen. Ved å gjøre dette forsøket ved hjelp av datalogging får man god tidsoppløsning samt koblede bevegelses- og kraftgrafer. Man får dermed muligheten til å studere i detalj forløpet av kraftgrafene i det øyeblikket klossen begynner å gli, noe man ikke kan gjøre om man gjør forsøket manuelt med fjærvekt. Se Appendiks E for eksempler på grafer.

I dette forsøket var det meningen at elevene skulle:

- Få erfaring med dataloggere og programmet DataStudio
- Få forståelse av begrepene "hvilefriksjon" og "glidefriksjon"
- Få øvelse i å tolke grafer
- Få øvelse i å resonnerer ut fra data
- Få øvelse i å finne kilder til usikkerhet i forsøket og minimere disse

I læreplanen for fysikk står det oppført følgende kompetansemål for Fysikk 1, som blir berørt av dette forsøket:

Klassisk fysikk:

- *identifisere kontaktkrefter og gravitasjonskrefter som virker på legemer, tegne kraftvektorer og bruke Newtons tre lover*
- *gjøre rede for situasjoner der friksjon og luftmotstand gjør at den mekaniske energien ikke er bevart, og gjøre beregninger i situasjoner med konstant friksjon*

Å beskrive naturen med matematikk:

- *bruke parameterframstilling til å beskrive rettlinjet bevegelse for en partikkel, og bruke derivasjon til å regne ut fart og akselerasjon når posisjonen er kjent, både med og uten digitale verktøy.*

Den unge forskeren:

- *samle inn og bearbeide data og presentere og vurdere resultater og konklusjoner av forsøk og undersøkelser, med og uten digitale verktøy*

(NDET 2006, s. 4)

2.2.5 Dataloggerforsøket om digitalisering av lyd

Digitalisering av lyd er et nytt emne i læreplanen for Fysikk 2, og det fantes ikke norsk undervisningsmateriell om dette temaet tilpasset videregående skole. Dermed passet det godt å lage et forsøk om digitalisering av lyd, som kunne brukes fremover. Det ligger i navnet at et forsøk om digitalisering av lyd krever bruk av dataloggere eller andre digitale hjelpemidler.

Da det ikke fantes noen norsk læreboktekst eller liknende å ta utgangspunkt i, ble utvalget av temaer som skulle belyses gjort med utgangspunkt i læreplanen. Lydsensoren hadde noen begrensninger hva angikk oppløsning og dynamisk område, og satte derfor også noen av premissene for forsøket.

I dette forsøket var det meningen at elevene skulle:

- Få erfaring med dataloggere og programmet DataStudio
- Lære hva lydbølger er, og i hovedtrekk hvordan de registreres digitalt
- Lære om begrepene oppløsning, sampling, samplefrekvens, dynamisk område, aliasing og klipping
- Få øvelse i å tolke grafer

For å forberede elevene på forsøket ble det, i mangel av en lærebok, skrevet et teorihefte til elevene (se Appendiks F). Teoriheftet ble utarbeidet med utgangspunkt i forsøket, med teori om de temaene som ble belyst der. Som bakgrunnsstoff ble det også tatt med litt generell teori om lydbølger og om digitale systemer. Til slutt ble det også skrevet et mer praktisk kapittel om forskjellige lydformater for å vise anvendelsen av teorien. Teorien til teoriheftet ble hentet fra www.wikipedia.org og materiell utarbeidet av Arnt Inge Vistnes til bruk i laboratoriekurs i fysikk ved Universitetet i Oslo. Vistnes var også behjelpelig med kommentarer til teoriheftet underveis.

”Kompetansemål” som berøres av forsøket om digitalisering av lyd:

Fysikk 2:

Den unge forskeren:

- gjennomføre relevante forsøk innen de forskjellige hovedområdene, med og uten digitale verktøy
- vurdere begrensninger i valgt metode og utstyr og foreslå forbedringer og videreutvikling av forsøk

Fysikk og teknologi:

- gjøre rede for sampling og digital behandling av lyd (NDET 2006, s. 5)

2.2.6 Elev- og lærerveiledninger

Som tidligere nevnt var det meningen at forsøkene skulle kunne utføres av personer med liten eller ingen erfaring med datalogging. Til begge forsøkene ble det derfor laget en detaljert elevveiledning (se Appendiks D og G). Alt som skulle gjøres i DataStudio ble beskrevet tastetrykk for tastetrykk. I tillegg var det instruksjoner om hvordan forsøket skulle gjennomføres og hvordan dataene skulle behandles. Underveis i elevveiledningene ble det lagt inn noen spørsmål om resultatene. Dette ble gjort for å få elevene til å tenke over det de gjorde, og hva de kunne lese ut fra grafene.

Det ble også laget en lærerveiledning til hvert av forsøkene (appendiks E og H) med utgangspunkt i elevveiledningene. Da fysikklærerne må forventes å være svært fortrolige med friksjon, inneholdt lærerveiledningen til dette forsøket stort sett forklaring av oppsettet, eksempler på grafer, tips til gjennomføringen om forsøket og litt om hva elevene skulle lære av forsøket.

I og med at digitalisering av lyd er et nytt tema i læreplanen, er det nok mange fysikklærere som kan lite om dette. Derfor inneholdt lærerveiledningen til dette forsøket mer teori, forklaring av resultater og svar på spørsmålene som ble stilt i elevveiledningen.

2.3 Utprøving av dataloggerforsøk

Utprøvingen av forsøkene ble gjort på to forskjellige skoler. Forsøket om friksjon ble prøvd ut på én skole høsten 2006, og forsøket om digitalisering av lyd ble prøvd ut på en annen skole våren 2007. Alle utprøvingene ble gjort i 2Fy- klasser.

Gjennom utprøvingen av forsøkene ønsket man å finne ut av hvordan disse to forsøkene fungerte ”i virkeligheten”, slik at de kunne utbedres. Man ville også forsøke å finne ut noe om hva som fungerer bra, og hva som fungerer dårlig med bruk av dataloggerutstyr, slik at man kunne gi anbefalinger om dette for utarbeiding av fremtidige dataloggerforsøk. Gjennom fokusgruppene som ble holdt etter hver utprøving, var det dessuten et mål å få kjennskap til hvordan elevene forholdt seg til datalogging og fysikkforsøk mer generelt.

2.3.1 Utvalg og rekruttering av fysikklasser

Dataloggerforsøkene skulle bare prøves ut to til tre ganger hver, og dermed var antall klasser som skulle benyttes altfor lite til at det var mulig å få et tilfeldig utvalg. Klassene som deltok i utprøvingen av forsøkene ble derfor rekruttert gjennom personlige kontakter. Begge skolene som deltok i utprøvingen av forsøkene kan nok antas å ha elever som ligger noe over gjennomsnittet faglig. Det er yrkesfaglige tilbud ved begge skolene, som nok er forholdsvis representative for videregående skoler i Oslo og Akershus hva størrelse angår. Det var hhv 3 og 4 grupper i 2Fy ved de to skolene.

2.3.2 Forhåndsinformasjon til deltakerne

Tid og sted for hver utprøving av forsøkene ble naturligvis avtalt direkte med hver fysikklærer. Etter den første utprøvingen av dataloggerforsøket om friksjon ble konklusjonen at det hadde vært en fordel om elevene hadde fått utdelt forsøksbeskrivelsen og gjort seg kjent med denne på forhånd. Før de to siste utprøvingene av friksjonsforsøket ble det derfor sendt e-post til de aktuelle fysikklærerne med beskjed om å dele ut elevveiledningene (disse var vedlagt e-posten). Dessverre var det bare en av lærerne som fikk med seg denne beskjeden. De elevene som fikk utdelt elevveiledningene hadde heller ikke lest disse.

Da forsøket om digitalisering av lyd skulle prøves ut første gang, førte en misforståelse til at elevene ikke fikk utdelt elevveiledningen og teoriheftet. Den andre gangen dette forsøket skulle prøves ut, var forfatteren selv i klassen og informerte om hva som skulle skje i forkant.

Disse elevene ble også entusiastisk anmodet om å lese teoriheftet og elevveiledningen før forsøket.

Hver enkelt fysikklærer burde vært fulgt tettere opp på dette punktet, for å være sikre at elevene fikk informasjon og elevveiledning/teorihefte utdelt i forkant. Det er viktig at slik informasjon gis på en sånn måte at elevene blir nysgjerrige på hva som skal skje, og får lyst til å lese det de får utdelt.

Det var nok under utprøvingen av forsøket om digitalisering av lyd det var viktigst at elevene hadde lest gjennom teorien og elevveiledningen på forhånd. Dette var helt nytt, og til dels vanskelig, stoff for elevene. Det tok betydelig lenger tid å gå gjennom teorien for den som ikke hadde lest teoriheftet på forhånd. De klassene hvor friksjonsforsøket ble prøvd ut hadde vært gjennom friksjon i undervisningen tidligere på høsten. Det var derfor ikke vanskelig teori for dem å sette seg inn i før forsøket startet, og det var tilstrekkelig å gi disse klassene noen minutter til å lese gjennom elevveiledningen.

2.3.3 Begrunnelser for at bare en gruppe per klasse gjennomførte forsøket

Det var tre mulige måter å prøve ut forsøkene på. Det man først tenker seg, er at man kunne dele hele klassen i grupper på tre – fire elever, slik at alle kunne gjøre forsøket samtidig. Det var ikke mulig å gjøre det på denne måten under utprøvingen av forsøkene som ble laget i denne masteroppgaven. En av grunnene til at dette ikke var mulig var mangel på sensorer og annet utstyr. Det hadde også blitt svært mye veiledning, og lite tid til observasjon av gruppene dersom man skulle prøvd ut forsøkene på denne måten.

En annen alternativ måte å prøve ut forsøkene på var å ta ut en gruppe fra hver klasse, og så la denne gruppen gjennomføre forsøket i et annet rom. Problemet med å gjøre det på denne måten var at man da ville gått glipp av data (både feltnotater og fokusgruppedata) fra tilskuerne. Det ville kanskje også påvirket elevene at de ikke hadde klassen rundt seg.

Det siste alternativet, som også ble valgt, var å få en gruppe elever til å gjennomføre forsøket foran resten av klassen. For at alle elevene skulle få med seg alt som skjedde, ble forsøket gjennomført på kateteret i klasserommene. Pc-en ble koblet til en projektor slik at alle elevene kunne se hva som ble gjort i DataStudio på et lerret. Tilskuerne kunne da også notere resultater underveis og komme med innspill når de som gjennomførte forsøket hadde problemer. Ved å prøve ut forsøkene på denne måten kunne forfatteren veilede underveis, og passe på at tilskuerne "var med". Det var også oversiktlig og greit å ta feltnotater underveis.

Man fikk også prøvd ut denne undervisningsformen, som kan være aktuell for å spare tid eller i tilfeller hvor skolen har for få dataloggere eller sensorer. Det ble tatt med spørsmål i fokusgruppene om hvordan elevene syntes det fungerte å gjøre forsøk på denne måten (se appendiks I og J)

2.3.4 Rekruttering og sammensetning av gruppene

De elevene som skulle gjøre forsøkene ble rekruttert ved at de som hadde lyst rakte opp hånden. Jenter ble sterkt oppfordret til å bli med, men ingen ble tvunget. Til tross for alle

oppfordringer var det bare 3 jenter blant de til sammen 17 elevene som gjennomførte forsøkene.

Forsøk	Antall gutter	Antall jenter
Friksjon 1. gang	5	0
Friksjon 2. gang	2	1
Friksjon 3. gang	2	1
Digitalisering av lyd 1. gang	3	0
Digitalisering av lyd 2. gang	2	1

Tabell 2.1: Gruppenes sammensetning.

2.3.5 Tid til rådighet, og disponeringen av denne

I de klassene hvor friksjonsforsøket ble prøvd ut hadde man to skoletimer til rådighet, mens man hadde tre timer til rådighet i klassene hvor forsøket om digitalisering av lyd ble prøvd ut.

Til å begynne med presenterte forfatteren seg for elevene, forklarte litt om hvor han kom fra, om studien utprøvingen av forsøkene var en del av, og om hva som skulle skje videre (både forsøk og fokusgrupper). Under utprøvingen av friksjonsforsøket fikk elevene så noen minutter til å lese gjennom forsøksbeskrivelsen. (sett inn fra ”rekruttering” til fokusgruppene).

Under utprøvingen av forsøket om digitalisering av lyd var det langt større behov for undervisning, og det ble brukt forholdsvis mye tid på dette. I utgangspunktet ble det beregnet en skoletime til introduksjon og undervisning. Under den første utprøvingen av dette forsøket ble undervisningen avbrutt av et rekrutteringsbesøk fra en undervisningsinstitusjon. Dette var ikke forfatteren informert om. Dermed mistet man omtrent en halvtime, og fikk tidsnød under resten av utprøvingen. Etter teoriundervisningen fikk elevene litt tid til å se på elevveiledningen.

Når disse forsøkene skal brukes i vanlig undervisning i fremtiden, bør man selvfølgelig gjennomføre undervisning og andre forberedelser gangen før man skal gjøre forsøket, slik at man får mer tid til selve gjennomføringen av forsøkene. Dette var det ikke mulighet for

Etter at elevene var forberedt på forsøket ble elever rekruttert til å gjennomføre forsøket foran klassen. Dette ble gjort på frivillig basis, men med en spesiell oppfordring til jentene om å delta. Elevene ble informert på forhånd om at de som skulle gjennomføre forsøkene også skulle delta på fokusgruppene.

Umiddelbart etter at forsøkene var gjennomført, ble fokusgruppene gjennomført (se 2.4).

2.3.6 Forfatterens rolle under utprøving av forsøkene

Alle lærerne i klassene hvor forsøkene ble prøvd ut foretrakk å holde seg i bakgrunnen. En av lærerne gikk også ut så snart fraværet var tatt, og kom ikke tilbake før etter at forsøket var ferdig. Dermed trådte forfatteren inn i rollen som lærer under utprøvingene. I tillegg fungerte forfatteren også som observatør, og tok feltnotater.

2.3.7 Datainnsamling under utprøvingen av forsøkene

Under utprøvingen av forsøkene ble det tatt feltnotater av forfatteren. I tillegg ble det etter hver utprøving skrevet et sammendrag basert på feltnotatene og hukommelse. Disse observasjonene ga et inntrykk av hvordan forsøkene fungerte, og ble sammen med fokusgruppene med elevene en del av datagrunnlaget for evalueringen av forsøkene.

2.3.8 Validitet og reliabilitet i utprøvingen av forsøkene

Validitet og reliabilitet er tidligere diskutert for spørreundersøkelsen i avsnitt 2.1.8. I kvalitative studier – studier hvor resultatene ikke lar seg måle i tallverdier, som utprøvingen av dataloggerforsøkene, får disse begrepene en noe annen betydning. Robson (2002) diskuterer hva som ligger i begrepene validitet og reliabilitet i slike studier. Han peker på at det er stor uenighet om dette, og at mange alternative begreper på det samme har vært benyttet.

Der er vanskelig å argumentere for at en kvalitativ studie er reliabel. Det er for eksempel ikke mulig å etterprøve resultatene fra en slik studie ved at en annen forsker gjentar den, da det er umulig å gjenskape akkurat de samme omstendighetene man hadde første gangen studien ble utført. Robson (2002) sier imidlertid at man må vie reliabilitet mye omtanke i kvalitative studier også, gjennom å være grundig, forsiktig og ærlig når man gjennomfører studien.

Det er stor forskjell på fysikk - klasser, og det gjør at forutsetningene for utprøvingen av forsøkene var forskjellige i alle klassene. Dette har konsekvenser for validiteten og reliabiliteten til studien. For å forsøke å redusere forskjellene ble det gjort forsøk på å gi elevene i alle klassene samme utgangspunkt før selve gjennomføringen av forsøkene startet (se 2.3.3).

Elevene som deltok i utprøvingen av forsøkene antas å være mer utadvendte, og faglig noe sterkere, enn andre elever. Vi kan imidlertid ikke si at det er noe som taler for at tendensene man så i utprøvingen av forsøkene ikke kan overføres til andre utadvendte og faglig sterke elever. Noen tendenser er nok også uavhengige av disse egenskapene, slik at de i større grad er generaliserbare.

2.4 Fokusgrupper med fysikkelever

Det går utenfor denne masteroppgavens begrensninger å gå dypt inn i alle problemstillingene rundt utforming og gjennomføring av fokusgrupper, så det er her bare tatt med problemstillinger som har vært av betydningen for denne studien. Guttersrud (2001) har i sin hovedoppgave gitt en utførlig diskusjon av hvilke hensyn man må ta når man skal gjennomføre en studie ved hjelp av fokusgrupper.

2.4.1 Spørsmål som ble forsøkt besvart med fokusgruppene

Sammen med feltnotatene skulle resultatene fra fokusgruppene med elevene besvare følgende spørsmål:

- Hva mener elevene om forsøk generelt?
- Hvordan fungerte forsøksbeskrivelsene til forsøkene?
- Hva var bra, og hva var mindre bra med teoriheftet om digitalisering av lyd?
- Hva var bra, og hva var mindre bra med dataloggerforsøkene som ble prøvd ut?
- Hvordan arbeider elevene med dataloggerforsøkene?
- Fungerte dataloggingen bra i forsøkene som ble prøvd ut?
- Hva lærer elevene av dataloggerforsøkene?

2.4.2 Intervjuguide

Før fokusgruppene skulle finne sted ble det laget en intervjuguide. Intervjuguiden inneholder noe informasjon som leses opp for deltakerne, samt de spørsmål og uttalelser moderator skal fremføre under fokusgruppen. Det ble laget to intervjuguides – en til hvert forsøk. Alle generelle spørsmål og spørsmål om det som var felles for de to forsøkene ble holdt identiske i de to intervjuguidene (se vedlegg I og J).

Hva slags spørsmål man ønsker svar på i en studie er avgjørende for hvor streng struktur man skal velge i intervjuguiden. Morgan (1998) argumenterer for hvordan man velger struktur. Han sier at dersom man søker svar på forhåndsdefinerte, smale spørsmål, bør man velge en intervjuguide med streng struktur. Dersom man har åpnere spørsmål man søker svar på, eller dersom man søker kunnskap om et tema, bør man heller velge en mindre strukturert intervjuguide. I sistnevnte tilfelle skal intervjuguiden og moderator legge til rette for diskusjoner rundt deltakernes tanker og interesser innen temaet for fokusgruppen..

I og med at diskusjonen i lite strukturerte fokusgrupper kan ta mange forskjellige retninger og er lite forutsigbar, kan det være vanskelig å sammenlikne data fra forskjellige slike fokusgrupper. Det er også lettere for en uerfaren moderator å arbeide ut fra en strengt strukturert intervjuguide.

I denne studien ønsket man å se på og sammenlikne fokusgruppens diskusjon av konkrete spørsmål. Det ble derfor valgt å bruke en forholdsvis strengt strukturert intervjuguide.

Intervjuguiden for forsøket om friksjon ble endret noe etter den første fokusgruppen, da det etter denne ble besluttet å ta med tilskuere på de resterende fokusgruppene. Dette ble gjort ved at noen spørsmål ble delt i to – ett til de som gjorde forsøket, og ett til tilskuerne.

2.4.3 Rekruttering til fokusgruppene

Rekrutteringen til fokusgruppene ble naturligvis gjort i de klassene der forsøkene ble prøvd ut. Se avsnitt 2.3.1 om rekrutteringen av disse klassene. Før hver utprøving ble det holdt en innledning i klassene der det ble forklart om masteroppgaven utprøvingen var en del av og om hva som skulle skje. Under denne innledningen ble det informert om at man ville intervjuer de elevene som gjennomførte forsøket. I alle klassene unntatt den første ble det også informert om at man ville ha med noen av tilskuerne på intervjuene.

I og med at en del av de som skulle intervjues skulle gjøre et forsøk foran hele klassen først, kan man nok regne med at utadvendte elever var overrepresenterte i fokusgruppene. Selv om

denne måten å rekruttere på ikke gir et representativt utvalg av fysikkelever, er det viktig å ha med elever som er snakkesalige og som kan holde diskusjonen i gang (Morgan 1998).

Det var få jenter som meldte seg frivillige til å være med på å gjennomføre forsøkene, og til å være med på fokusgruppene. Det ble imidlertid presisert at man svært gjerne ville ha med noen jenter også. Til tross for alle oppfordringene var det bare 8 jenter blant de totalt 28 elevene som deltok i fokusgruppene.

2.4.4 Antall deltakere i hver fokusgruppe

Det er ulike oppfatninger om hvor mange deltakere som er passende i en fokusgruppe. Robson (2002) mener at åtte til tolv deltakere som regel er et passende antall, men nevner også at mindre grupper har vært benyttet. Morgan (1998) skriver imidlertid at seks til ti deltakere er typisk for en fokusgruppe, og han argumenterer også for at det kan være gode grunner til å benytte grupper med færre enn seks deltakere. Som den mest åpenbare grunnen til å bruke færre deltagere nevner Morgan (1998) tilfeller der hver enkelt deltaker kan forventes å ha mye å si om temaene som skal diskuteres. Da vil ofte flere deltakere ikke føre til økt datamengde, men til at hver enkelt deltaker får gitt mindre data.

I denne studien var den opprinnelige planen å få fem elever til å gjennomføre forsøkene foran klassen, og deretter intervju disse fem. Siden elevene selv skulle gjennomføre forsøkene, kunne man forvente at hver elev hadde en del meninger om det aktuelle forsøket. Dermed burde det være greit å gjennomføre fokusgruppene med så få som fem deltakere.

Den første utprøvingen av friksjonsforsøket fungerte delvis som en pilotstudie på utprøving av forsøk. Etter den første utprøvingen av dette forsøket ble det klart at det var for mye med fem elever til å gjennomføre forsøket. Antall elever som gjennomførte forsøkene ble derfor redusert til tre i de siste fire utprøvingene. For å kompensere for dette i fokusgruppene ble det valgt å ta med noen av tilskuerne. Det ble på dette tidspunktet interessant å undersøke hvordan undervisningsformen, som ble benyttet i utprøvingen av forsøkene, fungerte for de elevene som var tilskuere.

Antallet deltakere varierte fra gang til gang. I den første fokusgruppen var det som nevnt fem deltakere. I de tre neste fokusgruppene deltok hhv fem, seks og syv elever (de tre elevene som gjorde forsøket pluss tilskuere).

Ved siste utprøving av forsøket om digitalisering av lyd hadde man bedre tid til rådighet enn ved de andre utprøvingene. Derfor ble det besluttet å dele opp i to fokusgrupper - en med de elevene som gjorde forsøket, og en med tilskuere. Dette ble gjort i håp om å få mer data ut av denne klassen. Etter at de utvalgte elevene i denne klassen var ferdige med å gjøre forsøket, ble fokusgruppen med de elevene som hadde gjort forsøket gjennomført mens de andre elevene lekte seg med digitaliseringsutstyret. Man hadde håpet å få med seks tilskuerne til den siste fokusgruppen, men det var dessverre bare tre som ble med. Man kan stille spørsmålet om det er riktig å kalle disse to siste gruppeintervjuene fokusgrupper, i og med det lave deltakerantallet på hvert av dem. De elevene som gjorde forsøket hadde i alle fall mange synspunkter og diskuterte villig. I gruppen med tilskuere meldte den ene deltakeren (jente) seg nesten helt ut på grunn av frykt for opptaksutstyret. De to andre (en gutt og ei jente) hadde en del å bidra med, men de var forholdsvis rolige og forsiktige personer som nok ville vært mer passive om de hadde vært i samme fokusgruppe som de som gjorde forsøket. Delingen i

to fokusgrupper i dette tilfellet antas å ha tilført mer informasjon enn man ville fått om man hadde hatt de seks elevene i samme fokusgruppe.

Tema for fokusgruppen	Antall elever som gjorde forsøk	Antall tilskuere	Antall jenter
Friksjon	5	0	0
Friksjon	3	2	1
Friksjon	3	2	2
Digitalisering av lyd	3	4	2
Digitalisering av lyd	3	0	1
Digitalisering av lyd	0	3	2

Tabell 2.2: Fokusgruppenes sammensetning

2.4.5 Antall fokusgrupper

Hvor mange fokusgrupper man bør gjennomføre er et spørsmål om ”teoretisk metning” (Morgan 1998). Teoretisk metning betyr at man har belyst alle sider ved et tema. Man har oppnådd teoretisk metning når alt som kommer frem i påfølgende fokusgrupper bare er repetisjon.

De mest interessante dataene fra fokusgruppene var uttalelsene fra de elevene som gjorde forsøkene. I og med at forsøkene ble prøvd ut som demonstrasjonsforsøk der en gruppe elever gjorde forsøket, måtte man prøvd ut forsøkene flere ganger for å få flere fokusgrupper med disse elevene. Det ble gjort forsøk på å få prøvd ut forsøket om digitalisering av lyd flere ganger, men uten å lykkes. Dette forsøket ble prøvd ut på våren, og dårlig tid til gjennomgang av pensum før eksamen var årsaken til at ikke man fikk prøvd ut dette forsøket flere ganger.

Dataene fra fokusgruppene skulle ikke brukes til å bygge avansert teori, men til å besvare spørsmål om datalogging generelt, og om de utprøvde forsøkene spesielt. Datagrunnlaget ble derfor sett på som tilstrekkelig til at man kunne trekke hovedslutninger fra dette.

2.4.6 Gjennomføring av fokusgruppene

Fokusgruppene ble gjennomført i dertil egnede rom umiddelbart etter utprøvingen av forsøkene. Moderator i fokusgruppene var forfatteren av denne masteroppgaven. Moderator sin rolle under en fokusgruppe er å lede diskusjonen i gruppen. I tillegg til å stille spørsmålene i intervjuguiden skal moderator få deltakerne til å forklare, forsterke og rettferdiggjøre sine handlinger og ideer (Krueger 1998b). I tillegg skal moderatoren hindre diskusjonen i å spore av, slik at dyrebar tid går med til å diskutere noe man ikke er interessert i.

En fokusgruppe er typisk en til to timer lang (Krueger 1998a; Robson 2002). Det var aldri meningen å ha så langvarige fokusgrupper i denne studien. Til det var temaene som skulle undersøkes for små, og det hadde heller ikke vært mulig innenfor denne masteroppgavens begrensninger. Det var stor variasjon i hvor mye elevene hadde å si, og hvor mye de diskuterte seg imellom. Fokusgruppene varierte i varighet fra ca 12 min til omtrent det tredobbelte. Dette er vesentlig kortere tid enn det som er vanlig i fokusgrupper. Vi velger allikevel å kalle disse gruppeintervjuene fokusgrupper på grunn av metoden som ble benyttet.

2.4.7 Innsamling og bearbeiding av data

Det finnes flere strategier for innsamling og analyse av data fra en fokusgruppe på. Krueger (1998c) beskriver fire måter å gjøre dette på. Man kan basere analysen på lydopptak, transkripsjon av lydopptak, notater tatt under fokusgruppen eller simpelthen hva moderator husker fra fokusgruppen. Analysen i denne studien ble basert på fullstendig transkripsjon av lydopptakene av fokusgruppene.

Transkriberingen av lydopptakene fra fokusgruppene ble utført av moderator kort etter at hver gruppe var gjennomført. Ved å transkribere etter hver enkelt fokusgruppe kunne modereringen forbedres til neste fokusgruppe. Det ble også antatt å være enklest å transkribere mens fokusgruppene var friskt i minne.

Transkriberingen ble gjort i Microsoft Word, og filene ble lagret som ”ren tekst med linjeskift” for videre bearbeiding og analyse i programmet Atlas.

2.4.8 Analysestrategi

I Atlas ble alle interessante utsagn fra fokusgruppene ble gitt en kode. Kodene ble laget underveis som de naturlig ”dukke opp”. Etter at kodingen var gjennomført første gang, gikk man gjennom de forskjellige kodene. Det var opprettet flere koder som var omtrent like, og disse ble slått sammen. Totalt ble det brukt 30 forskjellige koder (se appendiks L). Disse kodene og antall forekomster av hver kode, ble så brukt som grunnlag for analysen.

2.4.9 Reliabilitet og validitet i fokusgruppene.

Reliabiliteten til fokusgruppestudien er i stor grad avhengig av analysen. Dersom man ønsker å gjenta denne studien, må analysen gjøres på samme måte for å kunne reprodusere de samme funnene. Reliabiliteten til analysen kan sjekkes ved at en annen forsker analyserer de samme dataene.

For å ivareta reliabiliteten til studien ble transkripsjonen gjort så nøyaktig som mulig. Det ble ikke gjort forsøk på å gjette hva som ble sagt når det var umulig å tyde. Dette ble i stedet markert med (...).

De to intervjuguidene ble holdt likest mulig slik at alle fokusgruppene diskuterte de samme spørsmålene, stilt på samme måte. Dette ble gjort for å ivareta reliabiliteten til fokusgruppene. Alle deltakerne fikk også den samme informasjonen før fokusgruppene startet (se intervjuguidene, appendiks I og J).

Det utvalget av fysikkelever som deltok på fokusgruppene var ikke representativt for alle fysikkelever. Vi kan dermed ikke uten videre generalisere ut fra disse fokusgruppene. Vi har imidlertid ingen grunn til å tro at elevene som deltok på fokusgruppene i særlig grad avviker fra andre fysikkelever hva angår meninger, holdninger og oppfatninger om datalogging og om utprøvingen av dataloggerforsøkene.

2.5 Fokusgruppe med fysikklærere

Mellom utprøvingene av de to fysikkforsøkene ble det holdt en fokusgruppe med fysikklærere for å utdype resultatene fra spørreundersøkelsen. Metoden som ble brukt i fokusgruppen med lærerne var den samme som ble brukt i fokusgruppene med elevene. Det henvises derfor til kapittel 2.4 for den delen av metoden som ikke er presisert i dette kapitlet.

2.5.1 Rekruttering av fysikklærere

Fysikklærerne som ble rekruttert til fokusgruppen var på Skolelaboratoriet i Fysikk, Fysisk Institutt, Universitetet i Oslo sitt årlige fem dagers etterutdanningskurs for fysikklærere. De 20 kursdeltakerne ble oppfordret til å melde seg frivillig til å være med på fokusgruppen, mot en gratis lunch. Seks lærere meldte seg frivillig.

Utvalget av fysikklærere i fokusgruppen var ikke representativt for hele populasjonen av fysikklærere. Man ville imidlertid uansett ikke hatt et representativt utvalg, så lenge man rekrutterte blant kursdeltakerne, da disse heller ikke er et representativt utvalg. Ved å rekruttere fysikklærere som det ble gjort kunne man anta å få deltakere som var interesserte i å diskutere bruken av dataloggere.

2.5.2 Antall fokusgrupper med fysikklærere

Som nevnt ble det bare gjennomført én fokusgruppe med fysikklærere. Man skal alltid være forsiktig med å basere en studie på bare én fokusgruppe, da det da vil være umulig å vite i hvilken grad innholdet i diskusjonen er unikt for akkurat denne gruppen (Morgan 1998). Fokusgruppen med fysikklærere var imidlertid ikke noen enkeltstående studie, snarere et utfyllende tilskudd til spørreundersøkelsen. Flere fokusgrupper ville ført til et merarbeid som det ikke var plass til innenfor oppgavens avgrensning.

2.5.3 Intervjuguide og spørsmål som skulle besvares

Fokusgruppen med fysikklærere ble, som tidligere nevnt, holdt for å utdype resultatene fra spørreundersøkelsen. Intervjuguiden som ble laget til denne fokusgruppen inneholdt derfor mange av de samme spørsmålene som spørreskjemaet. Denne intervjuguiden var forholdsvis strukturert for å få svar som kunne sammenliknes med, og utdype, svar på spørreundersøkelsen. Diskusjonen ble imidlertid gitt noe friere tøyler enn i fokusgruppene med elevene. Dette ble gjort for å åpne muligheten for at det kunne dukke opp noe uventet, noe man ikke hadde tenkt på, under diskusjonen.

I fokusgruppen med fysikklærere søkte man informasjon som kunne utdype deler av spørsmålene som ble forsøkt besvart med spørreundersøkelsen. De viktigste spørsmålene i denne fokusgruppen var:

- Hvilke forutsetninger har fysikklærerne for å bruke datalogging i undervisningen?
- Hvordan bruker fysikklærerne datalogging i undervisningen?
- Hvilke fordeler og ulemper ser fysikklærere i forhold til bruk av datalogging?

2.5.4 Gjennomføring av fokusgruppen

Fokusgruppen ble gjennomført i et dertil egnet møterom i en av lunchpausene under etterutdanningskurset lærerne deltok på. Etter enkel servering begynte fokusgruppen, og den varte i ca 45 minutter. Forfatteren modererte fokusgruppen.

2.5.5 Analyse

Denne fokusgruppen var som tidligere nevnt enkeltstående, og den ble gjennomført som et forsøk på å utdype dataene fra spørreundersøkelsen. Denne fokusgruppen ble derfor ikke analysert på samme måte som fokusgruppene med elever. Intervjuet ble transkribert i sin helhet. Deretter ble det gjennomgått grundig for å finne utsagn som kunne utdype funnene i spørreundersøkelsen. Resultatene fra denne fokusgruppen er derfor ikke viet et eget kapittel.

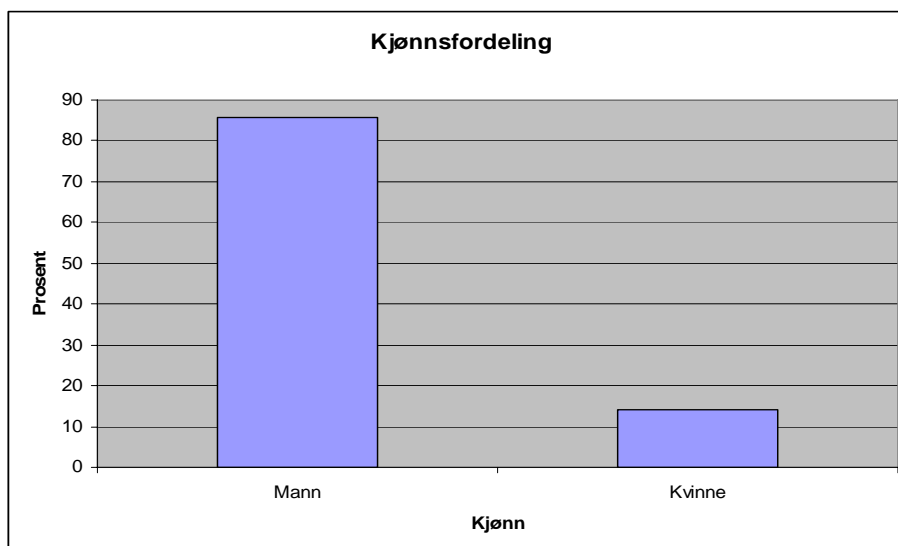
3 Resultater

3.1 Fysikklærernes forutsetninger for å ta i bruk datalogging, samt deres synspunkter på datalogging i undervisningen

3.1.1 Innledning

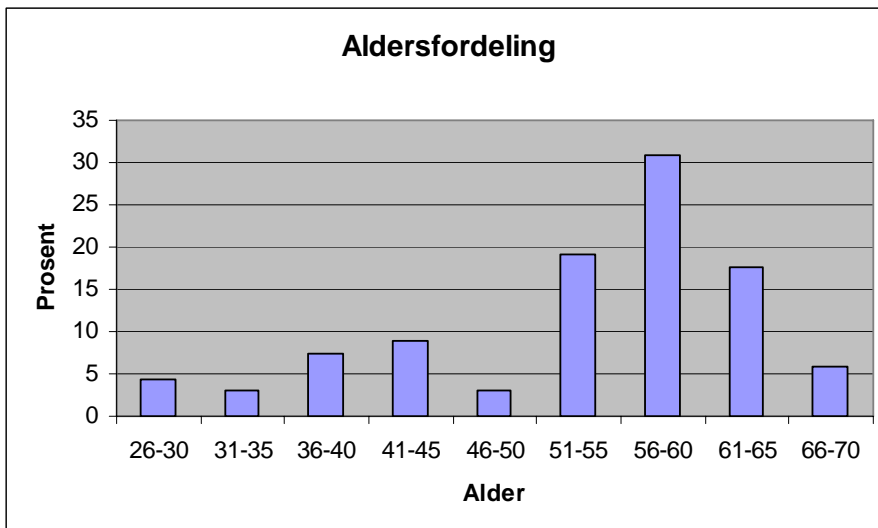
70 fysikklærere besvarte spørreundersøkelsen av en antatt populasjon på ca 600 (se avsnitt 2.1.5). Det var ingen signifikante forskjeller på svarene fra menn og kvinner. Dette er ikke uventet, da det bare var 14 % kvinner som besvarte spørreundersøkelsen (se avsnitt 3.1.2). Dette er en altfor liten andel til at man kan forvente å finne signifikante forskjeller. I tillegg ble utvalget delt inn i forskjellige aldersgrupperinger, men heller ikke dette ga noen signifikante forskjeller. Dette var heller ikke overraskende, da 70 besvarelser er lite å gruppere. Det eneste man kan si ut fra dette er at det ikke var noen grupperinger som skilte seg signifikant fra de andre fysikklærerne i denne studien.

3.1.2 Fysikklæreres kjønns- og aldersfordeling



Figur 3.1: Kjønnsfordelingen til fysikklærerne.

86 % menn og 14 % kvinner besvarte spørreundersøkelsen. Til sammenlikning var det 87 % menn og 13 % kvinner som besvarte spørreundersøkelsen Olsen (2006) gjennomførte vinteren 2006 for Norsk fysikklærerforening.

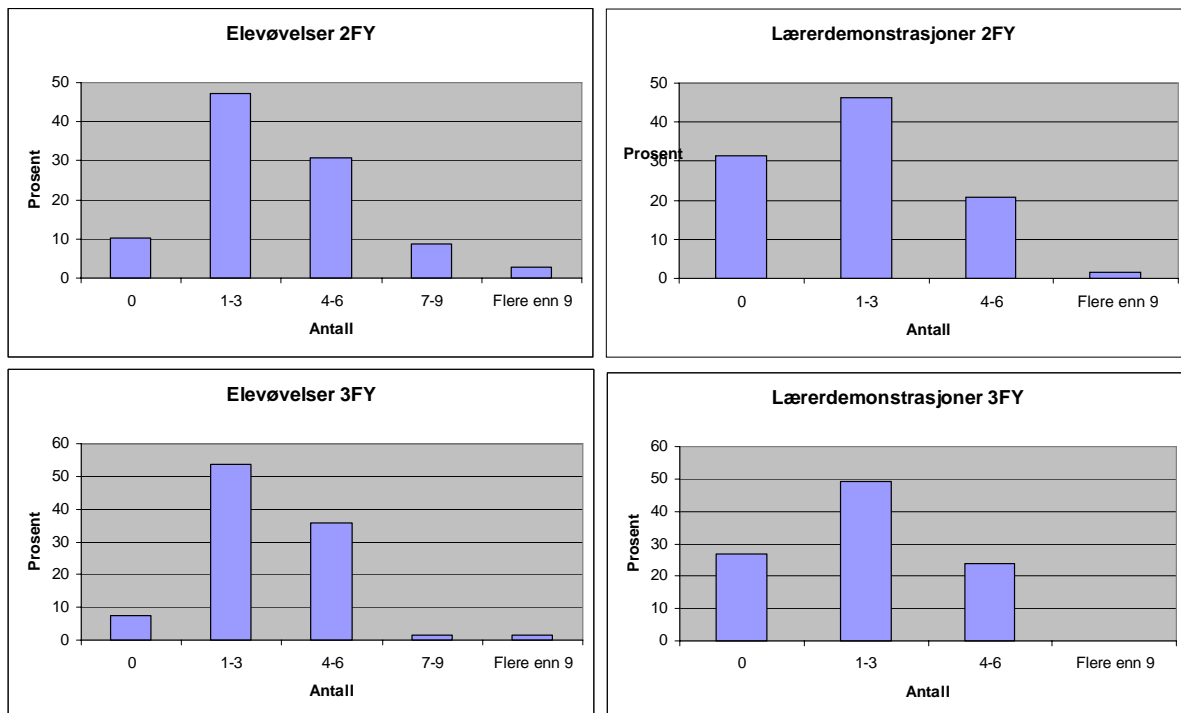


Figur 3.1: Aldersfordelingen til fysikklærerne. 68 svar.

Den gjennomsnittlige alderen til fysikklærerne som besvarte spørreundersøkelsen var 53,7 år. Gjennomsnittsalderen til fysikklærerne som besvarte Olsen sin spørreundersøkelse var til sammenlikning 52,0 år (Olsen 2006). Fysikklærerne svarer i tillegg at de har undervist i gjennomsnitt 21,9 år, mens fysikklærerne i Olsen sin spørreundersøkelse svarer at de har undervist i gjennomsnitt 21,2 år. Fysikklærere ser altså ut til å bli i yrket sitt til de pensjoneres.

Det er ikke store forskjeller på kjønns- og aldersfordelingen i denne spørreundersøkelsen og de tilsvarende fordelingene i Olsen sin spørreundersøkelse. Dette tas som et tegn på at vi ikke har grunn til å anta at de fysikklærerne som besvarte denne spørreundersøkelsen skiller seg særlig fra fysikklærere flest (se 2.1.8).

3.1.3 Omfanget av bruken av dataloggere i elevøvelser og lærerdemonstrasjoner

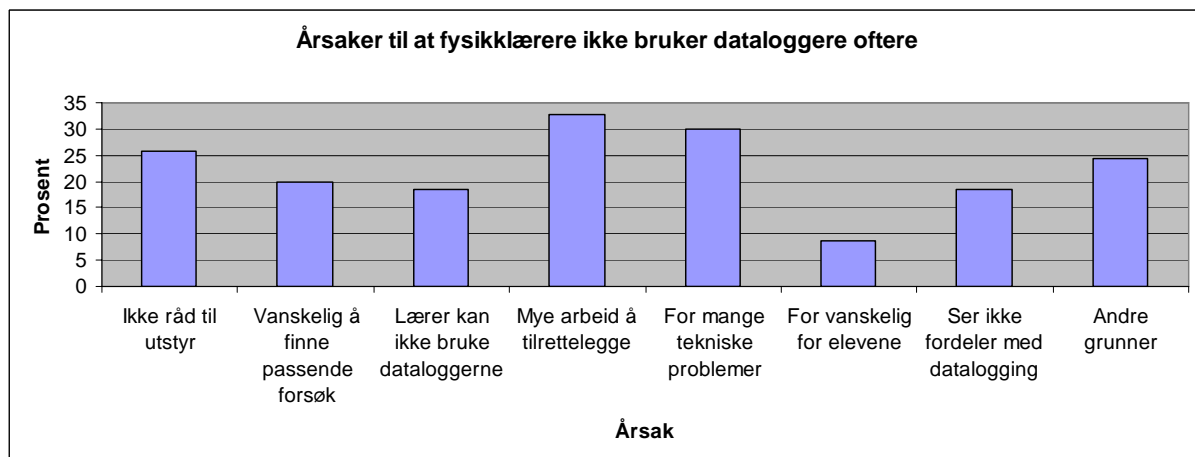


Figur 3.3: Antall elevøvelser og lærerdemonstrasjoner med dataloggere per år per fysikkgruppe.

Vi ser at fysikklærerne bruker dataloggere omtrent like mye i 2Fy og 3Fy. Fordelingen mellom elevøvelser og lærerdemonstrasjoner er også omtrent den samme i begge fag. Dataloggere brukes noe mer i elevøvelser enn i lærerdemonstrasjoner, men vi ser at medianen er 1-3 elevøvelser og 1-3 lærerdemonstrasjoner med dataloggere per år per fysikkgruppe. Det er sterk korrelasjon mellom alle de fire variablene som er vist i søylediagrammene over. Dette betyr at fysikklærerne er konsekvente i at de enten bruker dataloggerne mye eller lite.

3.1.4 Hvorfor ikke bruke dataloggere oftere?

De lærerne som krysset av for de to laveste svaralternativene på spørsmålene om hvor ofte de bruker dataloggere, ble stilt spørsmål om hvorfor de ikke bruker dataloggere oftere:



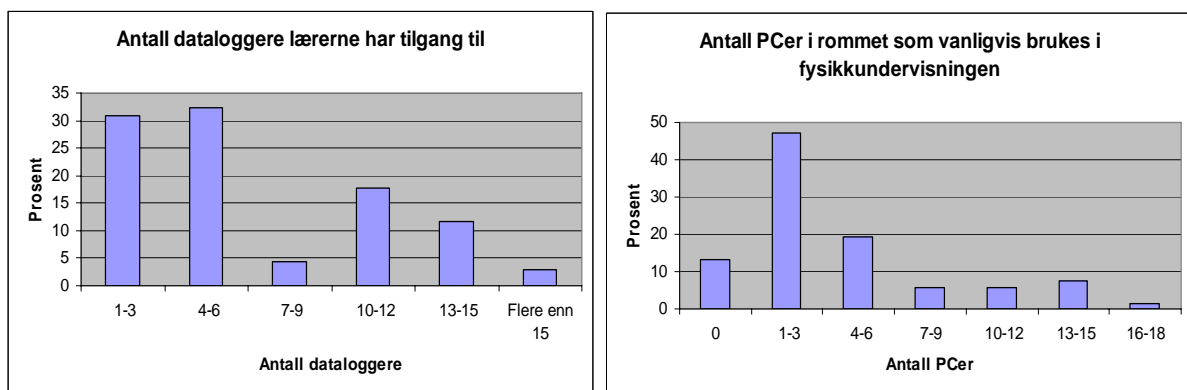
Figur 3.4: Årsaker til at fysikklærere ikke bruker dataloggere oftere i undervisningen

Fysikklærerne som svarte ”Andre grunner” ble bedt om å utdype dette i et åpent oppfølgingsspørsmål. Det kom inn 19 svar på dette åpne spørsmålet. Disse svarene ble kategorisert av forfatteren. Resultatet står i tabellen under.

Årsak	Antall
For lite-/for dårlig utstyr	7
Bruker bare datalogger der jeg må/foretrekker andre typer forsøk	6
Fokus flyttes fra fysikken til utstyret	5

Tabell 3.1: Andre grunner til at fysikklærerne ikke bruker dataloggerforsøk

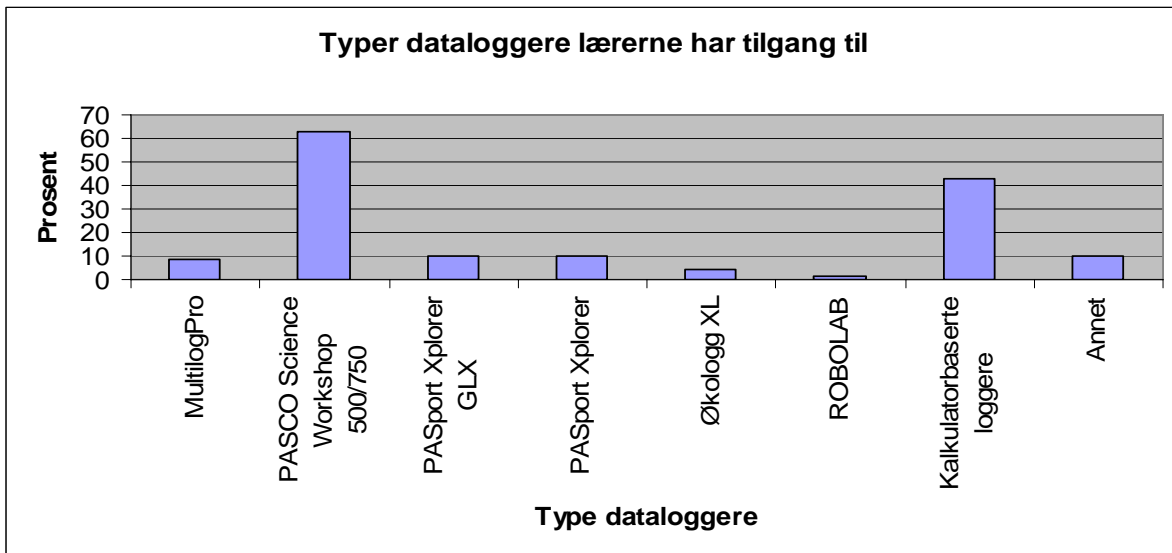
3.1.5 Hvor mye, og hva slags, dataloggerutstyr finnes på skolene?



Figur 3.5: Antall dataloggere og PC-er fysikklærerne har tilgang til

Fysikklærerne har i gjennomsnitt tilgang til 7 dataloggere, men antallet varierte mye – fra 1 til 30. Det er ingen signifikant korrelasjon mellom hvor mange dataloggere fysikklærerne har tilgjengelig og hvor mange forsøk de gjennomfører med dataloggere.

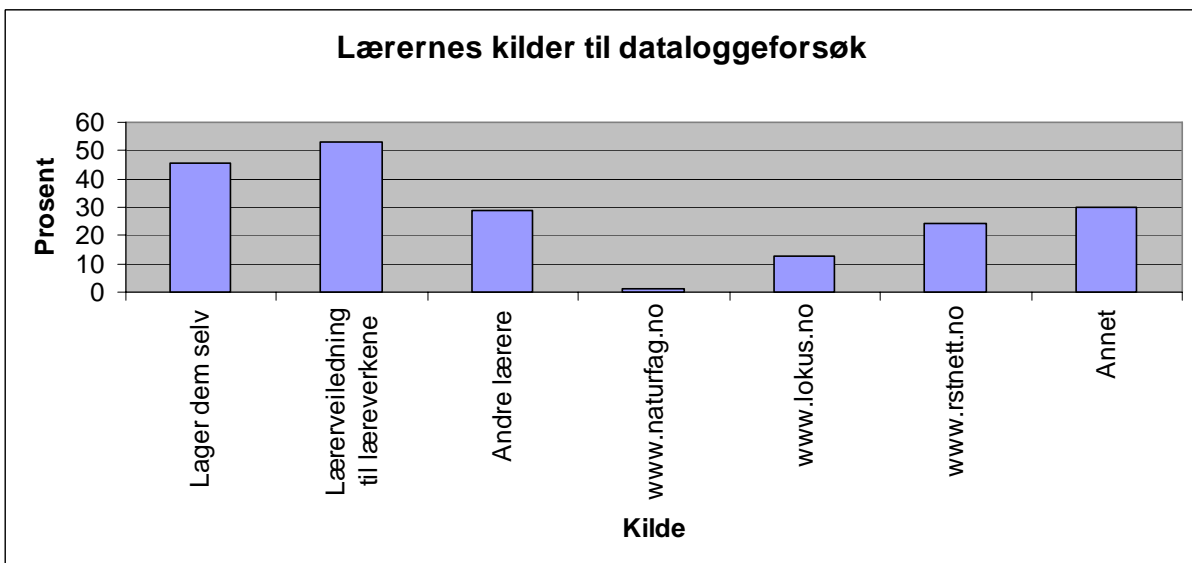
Det er også stor variasjon i hvor mange pc-er fysikklærerne har tilgang til i rommet som vanligvis brukes i fysikkundervisningen, fra 0 til 16. I gjennomsnitt har fysikklærerne 4 pc-er tilgjengelig. 75 % av fysikklærerne har tilgang til 5 eller færre pc-er. Bare 2 fysikklærere oppgir få tilgjengelige pc-er som årsaken til at de ikke gjennomfører flere dataloggerforsøk (disse sorterer under ”for lite-/for dårlig utstyr” i tabell 3.1 i forrige avsnitt), og det er heller ingen signifikant korrelasjon mellom antall pc-er i rommet som brukes i fysikkundervisningen og antall dataloggerforsøk lærerne gjennomfører.



Figur 3.6: Typer dataloggere som finnes på skolene

Av de 7 lærerne som svarte "Annet" på spørsmål om hva slags dataloggere de har tilgang til, oppga 5 at de har tilgang til Coachlab/CoachlabII.

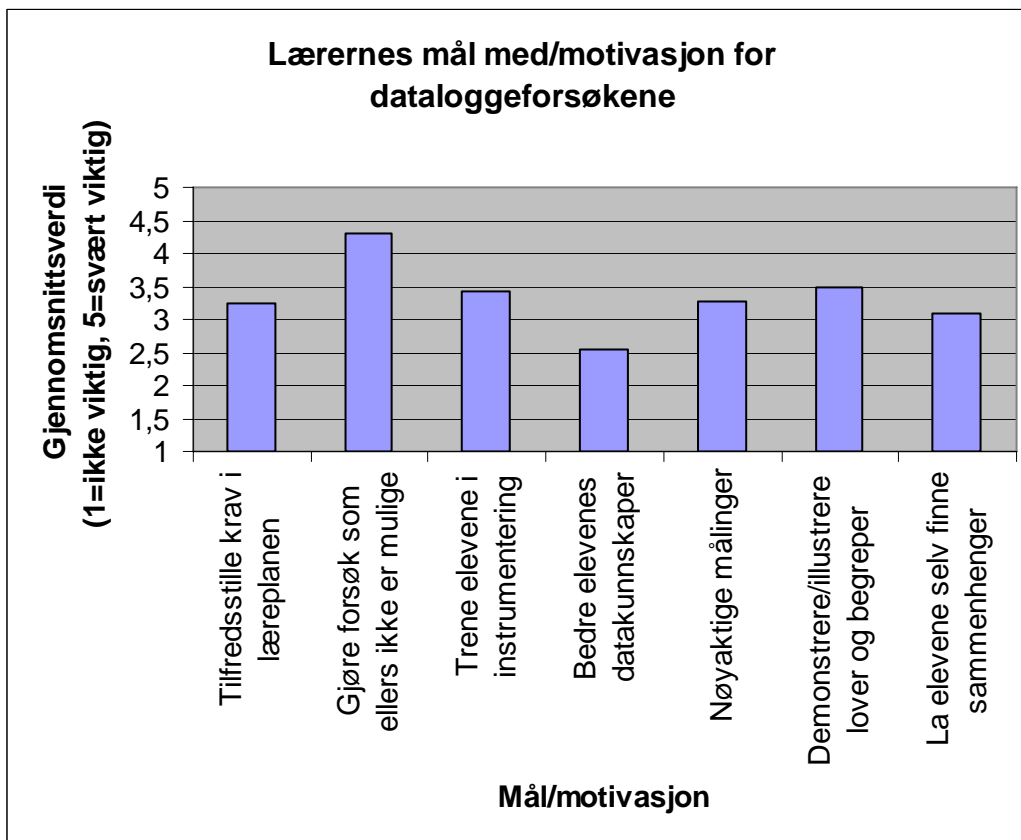
3.1.6 Hvor får fysikklærerne oppleggene til dataloggerforsøkene fra?



Figur 3.7: Lærernes kilder til dataloggerforsøk

Vi ser at fysikklærerne oppgir forskjellige kilder til dataloggerforsøkene de gjennomfører. De fleste fysikklærerne har også flere kilder til forsøkene sine (2 i gjennomsnitt). Fysikklærerne er de viktigste "leverandørene" av dataloggerforsøk. 59 % svarer at de lager dataloggerforsøk selv og/eller får dem fra andre lærere. 51 % av fysikklærerne oppgir lærerveiledningene til lærerverkene som en kilde til dataloggerforsøk, så dette er også en viktig kilde for fysikklærerne. 22 fysikklærere svarte "Annet" på dette spørsmålet. Av disse oppga 16 fysikklærere (23 %) leverandøren av dataloggerutstyret som kilde til dataloggerforsøk. Dette burde man tenkt på under utformingen av spørreundersøkelsen og tatt med som et eget svaralternativ til spørsmålet.

3.1.7 Hvordan motiverer fysikklærerne dataloggerforsøk?



Figur 3.8: Lærernes mål med og motivasjon for bruk av datalogging

I dette spørsmålet ble det brukt 5- delt Likert- skala, med svaralternativer fra "ikke viktig" til "svært viktig". Verdiene i diagrammet er gjennomsnittsverdier, hvor 3 angir nøytral verdi. Det er bare "bedring av elevenes datakunnskaper" som er på "ikke viktig" side av nøytral verdi. Vi ser at den klart viktigste årsaken til at fysikklærerne velger å bruke dataloggere i et forsøk er at det aktuelle forsøket ikke lar seg gjennomføre uten. I fokusgruppen med fysikklærere ble også dette trukket frem:

- Lærer 1: *"Det er jo fordi... i håp om at det skal, vi skal kunne gjøre noe mer enn det vi kunne gjort uten dataloggere. Uten det så er det jo ikke noe vits i, er det vel?"*
- Lærer 2: *"Ja, ja. Der hvor ting er vanskelig på annen måte å måle. Der synes jeg det har mest for seg."*

3.1.8 Fysikklæreres meninger om og holdninger til dataloggerforsøk

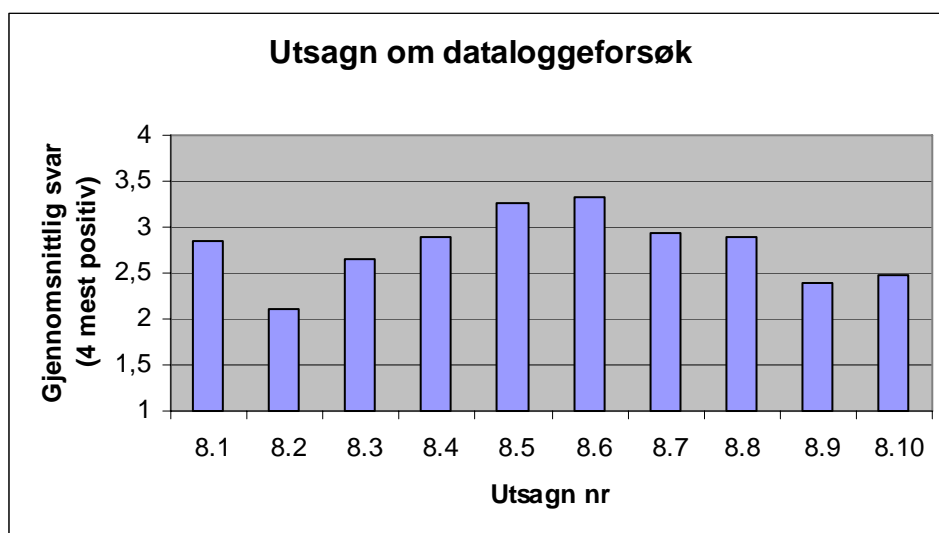
Fysikklærerne ble bedt om å vurdere hvor enige de var i følgende utsagn:

- 8.1: Jeg har i hovedsak dårlige erfaringer med bruk av dataloggere i undervisningen.
- 8.2: Jeg bruker dataloggere i så mange forsøk som mulig.
- 8.3: Elevene lærer mye nyttig av dataloggeforsøk.
- 8.4: Jeg er komfortabel med å gjennomføre dataloggeforsøk.
- 8.5: Bruk av dataloggere gjør det mulig å gjennomføre forsøk som ikke ville vært mulige

uten.

- 8.6: Jeg forsøker å holde meg unna dataloggere i undervisningen.
- 8.7: Dataloggere er viktige redskaper i fysikkundervisningen.
- 8.8: Jeg har nok kunnskap om dataloggere til å bruke dem i undervisningen.
- 8.9: Dataloggeforsøk krever stor innsats i forhold til læringsresultatet.
- 8.10: Forsøk med dataloggere gir elevene bedre fysikkforståelse.

Det ble i dette spørsmålet brukt 4- delt Likert – skala, med svarkategorier fra ”svært uenig” til ”svært enig”. Svarene ble kodet slik at mest positivt svaralternativ fikk verdi 4, og mest negativt svaralternativ fikk verdien 1. Utsagnene 8.1, 8.6 og 8.9 er formulert negativt, og måtte derfor rekodes for at svarene på disse utsagnene skulle være sammenliknbare med svarene på de andre utsagnene. 2,5 angir en nøytral middelverdi.

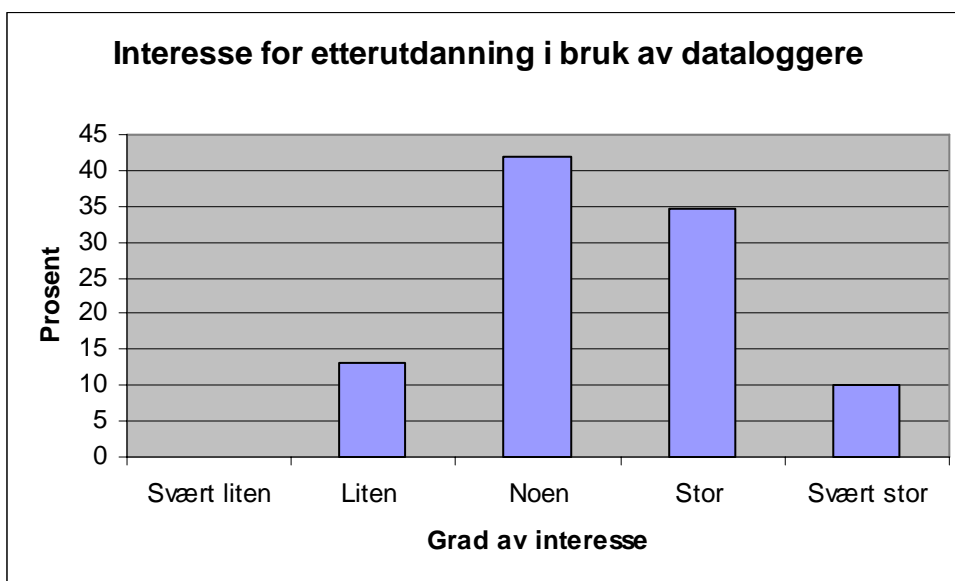


Figur 3.9: Fysikklærernes vurdering av utsagn om datalogging.

Lærerne svarer positivt eller omtrent nøytralt på de fleste av utsagnene. Det utsagnet hvor svarene skiller seg ut i negativ retning er 8.2: ”Jeg bruker dataloggere i så mange forsøk som mulig”. Det er verdt å merke seg at hhv 26 % og 27 % svarer (svært) ”uenig” på påstandene 8.4 og 8.8.

For å finne ut av hvor stor verdi fysikklærerne mener dataloggingen har i undervisningen, ble det laget et ”construct” av utsagnene 8.3, 8.7 og 8.10. Constructet ble kalt ”Verdi”. Til constructet ble det kalkulert en ny variabel i SPSS, kalt verdi_datalogger. Verdiene i denne variabelen er gjennomsnittet av hva hver fysikklærer svarte på 8.3, 8.7 og 8.10. Cronbach’s Alpha ble beregnet til 0,86. Det betyr at lærerne svarer svært konsistent på disse tre utsagnene. Man kan dermed anta at et gjennomsnitt av svarene på utsagnene 8.3, 8.7 og 8.10 sier noe om hvor stor verdi fysikklærere mener datalogging har. Her er det forutsatt at disse utsagnene faktisk måler hvor stor verdi fysikklærerne mener datalogging har, at constructet er valid. Gjennomsnittsverdien til den nye variabelen verdi_datalogger er 2,7 (nøytral verdi er 2,5). Fysikklærerne mener altså at dataloggere har noe verdi i undervisningen.

3.1.9 Etterutdanning



Figur 3.10: Fysikklærernes interesse for etterutdanning i bruk av dataloggere

45 % av fysikklærerne svarer at de har (svært) stor interesse for bruk av dataloggere, og nesten like mange svarer at de har noen interesse. Det er altså et stort ønske om kursing i bruk av dataloggere.

Det er neglisjerbar korrelasjon mellom hvor komfortable lærerne sier at de er med datalogging og hvilken interesse de har for etterutdanning i bruk av dataloggere. Det er heller ikke statistisk signifikant korrelasjon mellom hvor mye kunnskap lærerne sier at de har om datalogging og interessen for etterutdanning i bruk av dataloggere. Lærerne som oppgir at de er (svært) ukomfortable med å gjennomføre dataloggerforsøk er også forholdsvis lite interesserte i etterutdanning (korrelasjonskoeffisient på 0,58)!

3.1.10 Fordeler og ulemper med dataloggere

Fysikklærerne ble stilt to åpne spørsmål hvor de ble bedt om å oppgi fordeler og ulemper med dataloggere.

Det kom inn 55 svar på spørsmålet om fordeler med dataloggere. En del av lærerne oppga flere fordeler. Svarene ble kategorisert av forfatteren. Følgende kategorier ble nevnt mer enn tre ganger:

Fordel	Antall forekomster
”Kan gjøre forsøk som er vanskelige/umulige å gjennomføre uten dataloggere”	35
”Man får gode og nøyaktige data”	13
”Det er enkelt å bearbeide dataene og fremstille dem grafisk”	12
”Elevene får verdifull trening i å bruke tekniske hjelpemidler/de får se litt teknologi i bruk”	5

Tabell 3.2: Fordeler med å bruke dataloggere.

Vi ser at den klart største fordelen lærerne ser med bruk av dataloggere, er at dataloggere gjør det mulig å gjennomføre forsøk som ville vært vanskelige eller umulige å gjennomføre uten. Dette stemmer godt med hva lærerne svarer på spørsmålet om hva som er målet med/motivasjonen for å gjennomføre dataloggerforsøk (se 3.1.6), og på utsagn 8.5: ”Bruk av dataloggere gjør det mulig å gjennomføre forsøk som ikke ville vært mulige uten” (se 3.1.7).

56 lærere svarte på spørsmålet om ulemper med bruk av datalogging. Svarene ble kategorisert av forfatteren på samme måte som svarene på spørsmålet om fordeler med dataloggere. De ulempene som ble nevnt mer enn 3 ganger står i tabellen under.

Ulempe	Antall forekomster
”Det er vanskelig å forstå hva som skjer/fysikken forsvinner inn i en svart boks”	25
”Dataloggere er vanskelige å bruke/tekniske problemer”	21
”Det er tid- og arbeidskrevende å forberede og gjennomføre dataloggerforsøk”	17
”Vi har for lite/for dårlig utstyr”	7
”Ingen ulemper”	4

Tabell 3.3: Ulemper med dataloggerforsøk.

3.1.11 Gode dataloggerforsøk

Til slutt ble fysikklærerne bedt om å forklare minst ett godt dataloggerforsøk. Det kom inn 51 svar på dette spørsmålet. 28 fysikklærere nevnte forskjellige varianter av forsøk om induksjon (magnet gjennom spole) og 5 nevner diverse forsøk som har med impulsloven å gjøre. Ellers ble ingenting nevnt mer enn 3 ganger. Mange svar på dette spørsmålet var vanskelige å tolke.

3.2 Resultater fra gjennomføringen av dataloggerforsøkene og fokusgruppene

Det henvises til appendiks D og E for beskrivelse av dataloggerforsøket om friksjon, og til appendiks G og H for beskrivelse av dataloggerforsøket om digitalisering av lyd. Teoriheftet om digitalisering av lyd finner man som appendiks F.

3.2.1 Elevenes meninger om forsøk generelt

De aller fleste elevene som deltok i fokusgruppene var positive til forsøk generelt. Da elevene ble spurt om hvordan de opplever forsøk i fysikkundervisningen, var de aller fleste enige om at forsøk er gøy, at forsøk er en kjærkommen variasjon i undervisningen, og at forsøk er bra fordi elevene ”får se teorien i praksis” i forsøkene. Sitatene under er eksempler på hva elevene mente om forsøk i fysikk:

Jente: *”Ja, det er veldig gøy, og liksom... ja det blir veldig annerledes enn sånn teori, altså, det er morsommere enn teori, siden man ser hvordan tingene blir.”*

Gutt: *”Det er veldig gøy når du liksom har hatt teorien og så ser hvorfor det skjer, og så ser på at det skjer etterpå.”*

Når elevene snakker om forsøk, tar de det som en selvfølge at teorien skal komme før forsøkene, slik at elevene får bekreftet den teorien de har lært tidligere i forsøkene. Ei jente hadde imidlertid et annet, og interessant forslag:

Gutt: *"Du må i hvert fall kanskje lære litt teori først hva du skal gjøre da, og hvorfor du gjør det. Så ser du i forsøket at teorien stemmer. Så må du ha begge deler."*

Jente: *"Eller så kunne man jo... kanskje vært artig å prøvd omvendt. Sånn: Du får et forsøk, og så kan du se når du drøfter det, hva var det som egentlig skjedde? Og hvorfor."*

De fleste elevene mener at de lærer teoristoffet bedre når de gjør forsøk, fordi de i forsøkene får se teorien "i praksis". Noen elever påpeker også at de gjennom forsøkene får flere innfallsvinkler til teoristoffet, og at de i forsøkene får en bekreftelse på at det de har lært er riktig. Selv om begrunnelsene for at forsøk gir bedre læring er forskjellige, er de aller fleste elevene enige om at forsøk gir økt læringsutbytte:

Jente: *"Vi lærer mer av forsøk enn av vanlig tavleundervisning. Det blir noe annet når du får se hvordan det er i praksis. Da kan du få en større forståelse for hva det er snakk om."*

Gutt: *"Tror at det også... repeterer litt det du har lest. Sånn at du får det inn på flere måter, så det sitter bedre også."*

Gutt: *"Hvis du lærer formlene gjennom å gjøre forsøket, så lærer du mye bedre enn hvis du sitter og pugger."*

Elevene i studien er altså stort sett enige om at forsøk øker læringsutbyttet. Elevene mener imidlertid ikke at forsøkene kan erstatte teoriundervisningen. De er tydelige på at forsøk må komme i tillegg til annen undervisning, som "Gutt 2" i sitatet under:

Gutt: *"Jeg vil si at du må ha både undervisninga og forsøkene for å først lære det grunnleggende, og så... Jeg tror ikke vi kunne ha bare forsøk, for da blir det litt... at man kanskje ikke skjønner det så bra... Hvis du har teori først, og så forsøket etterpå, så funker det"*

Flere elever var opptatt av at det er viktig med forsøk som viste hvordan det elevene lærer på skolen kan brukes i dagliglivet. "Gutt 1" i sitatene under eksempler på dette:

Gutt: *"Det er greit å komme med litt dagligdagse forsøk som det her også, som... for digitale ting bruker vi hele tiden. Mens liksom lysspekteret og sånn [...] Man ser det jo, men man skjønner ikke hva det skal brukes til. Altså, hva kan jeg bruke dette her til. Det blir litt vanskelig, men når man først ser at på en måte... sånn man kan bruke i dagliglivet."*

Gutt 1: *"Ja. Det bringer på en måte fysikken litt mer ned på et virkelig nivå, da. Hvis det på en måte er abstrakt hele tida, så vet man liksom at dette her... (avbrutt)*

Gutt 2: *"Det virker liksom så fjernt når du sitter og regner på det."*

Som nevnt var de aller fleste elevene enige om at forsøk er positivt, men det kom også noen få negative uttalelser om forsøk. De fleste av disse hadde med rapportskrivning å gjøre. Det var

tydelig at elevene ikke likte denne delen av forsøkene. På spørsmål om hvordan elevene opplever å gjøre forsøk, kom følgende sitat spontant fra ei ellers stille og forsiktig jente:

Jente: *”Det er kjedelig å skrive rapporter”*

Da elevene fikk spørsmål om hvordan de opplevde elevveiledningene de fikk utdelt til forsøkene, kommenterte flere elever at de ville være gode å ha til rapportskrivningen i ettertid, i og med at de var så detaljerte som de var. Uttalelsene om rapportskrivning og elevveiledningene passer godt med inntrykket elevene ga under gjennomføringen av forsøkene. Både de elevene som gjennomførte forsøkene og de som var tilskuere noterte svært lite underveis i forsøkene. Dette er forståelig når det gjelder elevene som prøvde ut forsøket om digitalisering av lyd, da disse elevene visste at de ikke skulle skrive rapport til forsøket. Disse elevene visste også at digitalisering av lyd ikke tilhørte pensum for dem, så dette forsøket var inneholdt ikke noe de ”måtte” lære seg til kommende prøver og eksamen. For elevene som var med på utprøvingen av friksjonsforsøket var det annerledes. Dette forsøket tok for seg teori som var relevant med tanke på pensum i faget, og disse elevene hadde også fått beskjed om at de skulle skrive rapport fra forsøket. Likevel måtte mange av elevene fortelles både *at* de skulle notere og *hva* de skulle notere.

Det var stor forskjell på hvor vanskelig elevene syntes det var å gjøre forsøk. Elevene ble ikke stilt spørsmål direkte om dette, men noen av dem kommenterte vanskelighetsgraden til forsøk under diskusjonene. Et par elever syntes at forsøk var veldig vanskelige, mens et par av de elevene som virket faglig sterkest var opptatt av at forsøk må være litt utfordrende, og at det blir kjedelig om forsøkene er for enkle. De elevene som virket faglig sterkest var stort sett de samme som var mest positive til forsøk.

3.2.2 Elevenes tidligere erfaringer med datalogging

Elevene hadde erfaring fra null til tre dataloggerforsøk, hvorav de fleste var lærerdemonstrasjoner. Variasjonen i erfaring var lite merkbar under gjennomføringen av forsøkene. Ingen av elevene som gjennomførte forsøkene virket særlig mer fortrolige med dataloggerutstyret og DataStudio enn andre, selv om noen elever tydelig var mer vant til å bruke dataprogrammer enn andre. Det er verdt å merke seg at alle forsøkene elevene hadde gjennomført og fått demonstrert tidligere handlet om mekanikk.

3.2.3 Gjennomføringen av friksjonsforsøket.

Elevene hadde ikke problemer med å forstå oppsettet til dette forsøket. De fleste av elevene som gjennomførte dette forsøket hadde gjort et forsøk tilsvarende del 1 tidligere, ved hjelp av en fjærvekt og en trekloss. Prinsippet i del 1 (se appendiks D) var derfor repetisjon for disse elevene. Det kom også klart frem under fokusgruppene at elevene syntes teorien i dette forsøket ikke var vanskelig, som i sitatet under:

Gutt 1: *”Nei, egentlig ikke.”*

Gutt 2: *”Vi har gjennomgått det sånn i hvert fall litt før på skolen.”*

Det virket også som om elevene forstod hvordan kraftsensoren og bevegelsessensoren spilte sammen med DataStudio, og hvilke størrelser sensorene målte.

Selve dataloggingen i del 1 gikk bra, og elevene fikk stort sett "fine" grafer. Det hendte et par ganger at elevene var hardhendte da de dro. Dette førte til dårlige målinger i et par tilfeller, men elevene oppfattet selv hvor feilen lå, og at de måtte være mer forsiktige. I disse tilfellene slettet elevene de dårlige målingene og erstattet dem med nye målinger.

Elevene fikk problemer da de ut fra kraft/tid - grafene skulle finne hvile- og glidefriksjonen. Det virket som om de forstod hva de skulle finne, men ikke hvordan de skulle bruke grafene til å finne dette. Elevene ble vist noen enkle funksjoner i grafvinduet som ikke var tatt med i elevveiledningen, men som kunne hjelpe dem til å finne hvile- og glidefriksjonen. Dette pluss et par små stikkord var nok til at elevene som gjennomførte forsøket under den første utprøvingen forstod hva de skulle gjøre. I de to andre klassene hvor dette forsøket ble prøvd ut var det faglige nivået blant elevene, både de som gjennomførte forsøket og tilskuerne, merkbart lavere. I disse to klassene var man nødt til å bryte inn i gjennomføringen av forsøket og forklare hva grafene representerte og hvordan man kunne bruke dem til å finne hvile- og glidefriksjonen. Elevene i disse to klassene hadde nok mindre trening i graftolkning enn elevene i den første klassen. Det kom også frem under fokusgruppene at elevene fra disse klassene ikke var vant til å tolke grafer i fysikkundervisningen, som i sitatet under:

Gutt 1: *"Det var vel litt uvant i forhold til ting vi har gjort før, egentlig. Vi har ikke sett så mye på grafer sånn, på samme måte, fordi vi aldri har gjort noen forsøk med data før."*

Elevene var flinke til å reprodusere målingene, så da de hadde forstått hva de skulle gjøre og hadde gjort det en gang, gjennomførte de resten av målingene uten problemer.

I del 2 av forsøket klarte elevene også greit å gjøre innstillingene i DataStudio, sette opp utstyret og å ta målingene. Målingene ble gode i dette delforsøket også. Det var et par elever som sprutet litt hardt oppi flasken. Dette fikk ikke store konsekvenser for målingene, men det ble ikke fullt så gode resultater som i del 1.

Da elevene ble spurt om de kunne finne noen usikkerheter i forsøket hadde de mange gode forslag. Det var tydelig at elevene var vant til å diskutere dette. Sitatene under er hentet fra diskusjoner rundt dette.

Gutt: *"Ja, at jeg spruta litt sterkere, kanskje. Putta flasken litt mer ned... Jeg spruta ikke med samme styrke hele tida. Jeg måtte jo slippe flasken noen ganger, og så tok det kanskje litt lettere, eller..."*

Gutt: *"Jeg dro vel aldri helt med konstant fart."*

Gutt: *"Ja, når du kommer nær vannflasken med den andre flasken, for eksempel, så begynte den å sveive litt sånn frem og tilbake, og så..."*

Det viste seg å være en vanskelig oppgave for elevene i to av klassene å finne hvile- og glidefriksjonene fra grafene de fikk i del 2 (se appendiks D). Elevene i den første klassen klarte det ganske raskt etter noen små tips. I de to klassene hvor elevene ikke fikk til oppgaven måtte man igjen undervise på tavla. Det ble brukt noen minutter på å tegne og forklare for at elevene i klassen skulle forstå hva som foregikk, men selv etter forklaringer og tegninger på tavlen var det flere elever som så ut som om de ikke helt hadde forstått det. Til

tross for problemene elevene hadde med denne delen av forsøket påstod de altså i fokusgruppene at de ikke syntes teorien i forsøket var vanskelig.

3.2.4 Elevenes syn på friksjonsforsøket

På spørsmål om hvordan de syntes friksjonsforsøket hadde gått, svarte elevene positive. På dette spørsmålet kom elevene som hadde gjennomført forsøket bare med korte svar, som sitatet under:

Gutt: *"Det gikk jo bra, det."*

Tilskuerne var også positive. De sa at de hadde fått med seg hva som skjedde ved kateteret, og at det var like greit å se på at andre gjorde forsøket som å gjøre det selv. Sitatet under er et representativt svar på spørsmålet om tilskuerne fikk med seg hva som skjedde under forsøket.

Gutt 1: *"Ja, vi gjorde det hele tida."*

Gutt 2: *"Vi skjønnte det... Hva dem drev på med."*

Gutt 3: *"Det gikk greit."*

3.2.5 Gjennomføringen av forsøket om digitalisering av lyd

Siden digitalisering av lyd ikke var en del av pensum for elevene fikk elevene som tidligere nevnt utdelt et teorihefte. Elevene som deltok i den første utprøvingen av forsøket hadde på grunn av en feil ikke fått utdelt teoriheftet på forhånd. Disse elevene var dermed litt dårligere forberedt enn elevene som gjennomførte forsøket andre gang. Teorien ble grundig gjennomgått i begge klassene før forsøkene begynte. Elevene syntes teorien var vanskelig men interessant. Under teorigjennomgangen i den første klassen ble man avbrutt av noen studenter fra Blindern som holdt en presentasjon for å rekruttere elever til realfagsstudier. Dette besøket var klarert med ledelsen på skolen, men ukjent for forfatteren. Besøket varte i nesten en halv time. Dermed fikk man hastverk under resten av gjennomføringen i denne klassen.

I dette forsøket hadde ikke elevene noen utfordringer med forsøksoppsettet, i og med at det eneste utstyret de skulle bruke var en lydsensor og en stemmegaffel. Utfordringene lå i å bruke DataStudio og i å tolke målingene de fikk.

På grunn av avbruddet var man nødt til å hjelpe elevene i den første klassen mye med gjennomføringen av forsøket for å rekke gjennom hele i løpet av den tiden man hadde til rådighet. I den andre klassen hadde elevene mer tid og ro til å gjennomføre forsøket, og de virket også faglig sterkere enn elevene i den første klassen.

Elevene i den første klassen måtte ha noen små instruksjoner da de skulle gjøre de første innstillingene i DataStudio, mens elevene i den andre klassen fant ut av dette på egenhånd ut fra det som stod i elevveiledningen. Elevene i begge klassene fikk på samme måte som elevene som gjennomførte friksjonsforsøket litt hjelp til å finne de forskjellige funksjonene i grafvindue. Det gikk greit for elevene å ta de første målingene, og de ble raskt forholdsvis komfortable med å bruke DataStudio. Spørsmålene underveis i elevveiledningen ble tatt opp i plenum, og alle i klassene ble oppfordret til å bidra til diskusjonene om disse spørsmålene.

Det var stor forskjell på hvor godt dette fungerte i de to klassene. I den andre klassen var elevene engasjerte og interesserte, og man fikk fruktbare diskusjoner av spørsmålene. I den første klassen var elevene mindre engasjerte. Det førte til at forfatteren måtte gi svarene på spørsmålene selv, uten særlig hjelp fra elevene. Gjennomføringen av forsøket i den første klassen ble i det hele tatt langt mer lærerstyrt enn gjennomføringen i den andre klassen.

Flere av elevene, særlig tilskuere, hadde tydelig problemer med å forstå hva grafene som kom opp på skjermen representerte. Særlig gjaldt dette FFT- grafen. I begge klassene måtte man derfor bryte inn og presisere dette for å få med flest mulig av elevene videre i forsøket. Problemene med graftolkning kom ikke frem under fokusgruppene, med unntak av et par elever som ikke hadde forstått helt hva FFT- grafen representerte.

Dessverre er det en svakhet i DataStudio som ødela litt av konsentrasjonen for elevene under forsøket. Når man åpner FFT- vinduet settes samplefrekvensen automatisk til 2500, uansett hva den stod på før man åpnet FFT- vinduet. Da elevene skulle ta om igjen målinger de hadde sett på i FFT- vinduet, for eksempel da de så på egenskapene ved sangstemmen til en av elevene, var de nødt til å stille inn samplefrekvensen på nytt. I tillegg kunne man ikke endre oppløsningen til lydsensoren, noe særlig en elev var frustrert over:

Gutt: *”Nei, det er bare det du sa da, at den har en fast oppløsning som du ikke kan endre på, det var jo dritteit.”*

Noen elever ble litt utålmodige mot slutten av den andre utprøvingen av forsøket fordi de oppfattet det som at det ble gjort mange målinger av ”det samme”.

3.2.6 Elevenes syn på forsøket om digitalisering av lyd.

Elevene påpekte i fokusgruppene at de likte godt å lære om noe de kunne relatere til sin egen hverdag, og at de følte at de gjorde det i dette forsøket. Sitatet under er et eksempel på dette:

Gutt: *”Jeg synes det var mer interessant enn de fleste forsøkene vi gjør, for at dette her var liksom litt mer utfordrende og litt mer sånn... ja, hverdag... dagligdags da, enn de fleste forsøkene vi gjør. Det har vært så abstrakte, eller mye som ikke på en måte har noe med hverdagen å gjøre, enn å på en måte se hvordan, ja måling av sånn volt som går over... mellom to sensorer. Vi kan liksom regne litt mattegreier med det, men det er liksom ikke sånn som man ser i dagliglivet.”*

I fokusgruppene mente de elevene som hadde gjennomført forsøket at de hadde fått mer ut av forsøket enn tilskuerne. Tilskuerne var uenige i dette. Det var ikke noe problem for dem at de ikke fikk slå på stemmegaffelen, og de fikk med seg alt som skjedde i DataStudio, da skjermbildet til pc-en ble vist på lerret via projektor. Tilskuerne var imidlertid enige i at det var en fordel at alle får prøvd seg i andre forsøk med mer kompliserte oppsett. Sitatet under er fra diskusjonen rundt dette i den ene fokusgruppen.

Gutt, forsøk: *”Jeg tror man lærer mer av at alle sammen prøver det, enn at man skal se på det, for da hender det at man på en måte er litt sliten, og ikke greier å følge med. Da går man glipp av en del, men når du selv gjør*

det, så er det liksom at du må tenke når du skal gjøre de forskjellige tingene, og sånn. Og da følger du bedre med. Og da lærer du bedre.

Gutt, tilskuer: *"For å være helt ærlig, så vet jeg ikke om de fikk så mye mer ut av å gjøre det, da. For meg så det ut som om de bare slo på den der stanga (stemmegaffelen)*

Gutt, forsøk: *"Ja, men andre forsøk, la oss si at det skal være noe annet, da, som er... der... hvor du skal gjøre noe mer.*

Gutt, tilskuer: *"Da er jeg enig, men jeg er ikke akkurat enig på det vi gjorde nå."*

Elevene virket i all hovedsak fornøyde med gjennomføringen under fokusgruppene.

Jente: *"Jeg synes det var bra at de fikk lov til å prøve det selv, jeg. At dem fikk lov å drive og kludre med det, og prøve å finne ut av det. Istedenfor at du stod og gjorde alt, for da ble det mer sånn. Hvis du roter litt mer med det, så skjønner du "åja, det er sånn jeg skal gjøre det". Så ser du litt mer sammenhengen da, fordi du må finne det ut selv."*

3.2.7 Elevenes utbytte av friksjonsforsøket

Elevene fikk trening i å bruke ulike funksjoner i DataStudio, og de lærte å bruke sensorene. Som nevnt i avsnitt 3.2.3, fant elevene ut av mye av bruken av dataloggere og DataStudio på egenhånd, og de fikk noen instruksjoner. Elevene ble raskt fortrolige med DataStudio, og de ga også uttrykk for dette i fokusgruppene.

Gutt: *"Enkelt program også. Det var ikke så avansert."*

Elevene hadde fått med seg det viktigste av teorien i forsøket, i alle fall kvalitativt. Denne teorien var som tidligere nevnt repetisjon for elevene. Under fokusgruppene kom det klart frem at elevene hadde fått med seg at den maksimale hvilefriksjonen er større enn glidefriksjonen:

Gutt: *"At hvilefriksjonen ville øke etter hvert som du drar hardere, så lenge den står stille vil den være like stor som kraften du drar med. Og når den først begynner å bevege på seg, så blir friksjonen, altså glidefriksjonen den er mindre enn den statiske friksjonen."*

Noen trakk også frem at friksjonskoeffisientene var (omtrent) uavhengige av massen til klossen:

Gutt 1: *"Så skulle det bli likt. Hva er det som skulle bli likt der, da? Skulle bli likt. Er det ikke det? Sånn ca."*

Gutt 2: *"Friksjonstallet."*

Gutt 1: *"Ja."*

Elevene ga inntrykk av at de hadde forstått hvordan man fant friksjonskoeffisientene i del 1 av forsøket, men de var noe mer usikre når det gjaldt hva de egentlig hadde gjort i del 2. Elevene hadde ikke helt forstått hvilke målinger de måtte ta for å finne glidefriksjonskoeffisienten i del 2, selv om noen av elevene hadde fått med seg at akselerasjonen var konstant under

bevegelsen i denne delen av forsøket, og at det var det de måtte utnytte. Elevene ble ikke veldig presset på detaljer rundt disse målingene under fokusgruppene.

I forsøket fikk elevene mye trening i tolkning av grafer, og dette ble også nevnt når elevene snakket om hva de hadde lært av forsøkene. Under gjennomføringen av forsøkene så det ut til å gå opp et lys for noen av elevene med hensyn på graftolkningen.

Gutt 1: *"Men når vi fant ut av at det var newton som ble målte oppover, så var det ganske... Da var det egentlig..."*

Gutt 2: *"Da så vi sammenhengen ganske fort, egentlig."*

Som tidligere nevnt fikk elevene også trening i å lete etter usikkerheter i forsøket, noe de behersket bra fra før.

3.2.8 Elevenes utbytte av forsøket om digitalisering av lyd

I dette forsøket var det delte meninger om hvor godt elevene syntes DataStudio fungerte. Under den første utprøvingen av forsøket gjorde tidspresset at elevene fikk en del hjelp med å finne frem i DataStudio. Elevene som prøvde ut forsøket andre gang var mer overlatt til seg selv, og hadde noen små problemer underveis. Dette var nok årsaken til at elevene som prøvde ut forsøket andre gang var mer negative enn elevene som prøvde ut forsøket første gang, noe sitatene under er eksempler på.

Gutt 1. utprøving: *"Det var oversiktlig, da. Var ikke så vanskelig å skjønne hvor man skulle trykke til hvilken tid."*

Gutt 2. utprøving: *"Jeg synes... Det eneste negative var kanskje at det der... at programmet var litt klønete, da. At den at den (samplefrekvensen) driver og resetter seg når du går inn på det FFT - vinduet, og de greiene der, men..."*

Elevene var flinke til å reprodusere operasjoner i DataStudio når de først hadde fått dem vist en gang. Man må derfor kunne si at elevene har fått økt sine digitale ferdigheter.

Gjennom dette forsøket og den innledende teoriundervisningen var det et mål at elevene skulle lære om egenskaper ved lyd og kjennskap til problemstillinger og begreper rundt digitalisering av lyd. I fokusgruppene ble denne teorien diskutert. Det var tydelig at elevene hadde forstått de enkle begrepene som *samplefrekvens* og *oppløsning*. Sitatene under er elevenes forsøk på å forklare disse begrepene.

Samplefrekvens:

Gutt: *"Ja, det er hvor mange ganger... Ja, det blir vel hvor mange ganger i sekundet du tar en trykkmåling av... Ja, fra mikrofonen, eller måleren, da."*

Oppløsning:

Jente: *"Eller hvor mange punkter, hvor mange trinn du kan velge mellom til å sette en måling til."*

Når det gjaldt de vanskeligere begrepene var elevene mer usikre. Særlig aliasing var vanskelig å forstå for elevene.

Gutt 1: *”Trur at det med aliasing er litt vrient. Så på en måte hvordan, sånn... Hvis man har få... Hvis man har få punkter på sånn graf. Hvis man bare har to punkter, eller ett punkt per... en eller ett og et halvt punkt per sånn halve bølgelengde... Hvordan da på en måte... Ja, hvordan man da på en måte får en sånn fin graf som er så og så høy, og har så og så mye amplitude og sånn.”*

Gutt 2: *”Ja, aliasing var litt diffust.”*

Det var heller ikke alle som forstod hva FFT- funksjonen gjorde, og hva FFT- grafen representerte.

Gutt: *”Ja, altså, på den FFT – greia. Hvorfor var den en skikkelig høy topp, og så... mens på den andre grafen, så var det sånn liksom... så var det mye rettere. Jeg skjønnte ikke det helt.”*

3.2.9 Hvor godt fungerte elevveiledningene?

I forsøksbeskrivelsene ble oppsettet av dataloggerutstyret, samt de aller fleste operasjonene som skulle gjøres i DataStudio detaljert beskrevet. Dette ble gjort for at elevene skulle kunne gjennomføre forsøkene uten å ha forkunnskaper om datalogging (se avsnitt 2.2.6 og appendiks G). Selv om instruksjonene i bruken av DataStudio var detaljerte, var man nødt til å vise elevene noen enkle funksjoner under gjennomføringen av forsøkene. Å ta med utførlige instruksjoner om alle mulige funksjoner i elevveiledningene, for eksempel alle funksjonene i grafvindue, ville vært altfor omfattende.

Elevene som var med på utprøvingen av forsøkene hadde læreren og resten av klassen som tilskuere. Dette førte til at mange av elevene ikke fikk den roen gjennomføringene av forsøkene som de ville hatt om de hadde gjennomført forsøkene som vanlige elevforsøk. Dette førte til at elevene som gjennomførte forsøkene flere ganger henvendte seg til forfatteren for å få instruksjoner, istedenfor å følge elevveiledningene. Man var nødt til å hjelpe elevene forholdsvis raskt videre da de stod fast, da tilskuerne ble utålmodige ved pauser i gjennomføringene. Man havnet også tidsnød under den første utprøvingen av forsøket om digitalisering av lyd, slik at man måtte skynde seg noe for å komme gjennom forsøkene.

Det var stor forskjell på det faglige nivået til elevene som gjennomførte forsøkene. De faglig svake elevene var lite selvstendige, og fulgte elevveiledningene langt mindre enn de faglig sterke elevene. Den første gangen friksjonsforsøket ble prøvd ut og den andre gangen forsøket om digitalisering av lyd ble prøvd ut, var elevene som gjennomførte forsøkene sterke faglig. Disse elevene hadde langt mer ro til å følge elevveiledningene enn de andre elevene hadde, og fant ut av det aller meste uten hjelp.

Det var ingen merkbar forskjeller på de to elevveiledningene når det gjaldt hvordan elevene omtalte dem i fokusgruppene. Mange av tilskuerne fulgte ikke med på elevveiledningene under forsøkene, og hadde derfor heller ikke synspunkter på disse under fokusgruppene. De elevene som hadde synspunkter på elevveiledningene var positive til dem. Elevene satte pris på at instruksjonene i elevveiledningene var detaljerte, både når det gjaldt hva som skulle gjøres i DataStudio og ellers. Dette ble også påpekt i fokusgruppene, som i følgende sitater:

Gutt: *"Den var veldig detaljert, og... kom klart frem hva vi skulle gjøre."*

Gutt 1: *"Det gir jo også en innføring i bruken av det programmet."*

Gutt 2: *"Når vi ikke har brukt det før, så er det veldig greit at det liksom står..."*

Gutt 1: *"Det står litt tastetrykk og sånn da. Hvis det bare hadde stått hva vi skulle gjøre, så hadde vi sikkert ikke skjønt så veldig mye."*

Noen elever var, som nevnt i avsnitt 3.2.1, også opptatt av at detaljerte forsøksbeskrivelser ville gjøre det lettere for dem å skrive rapport i ettertid. Elevene sitatet under er hentet fra var vant til at læreren forklarte forsøkene muntlig.

Gutt 1: *"Ja, fordi... det er litt lettere å få sånn der, for da kan vi... Når vi kommer hjem, så hvis vi... Hvis det tar litt tid før vi skriver, da, så kan vi i alle fall lese hva vi har gjort. Han forklarer jo mens vi står der. Så, eller mens vi er der, som regel."*

Gutt 2: *"Så må vi huske akkurat hva han har gjort."*

Gutt 1: *"Ja."*

Gutt 2: *"Men her så ser vi jo... i ettertid... liksom."*

Læreren til en av klassene hvor friksjonsforsøker ble prøvd ut mente at "lærebokteorien" i begynnelsen av elevveiledningen var overflødig, og at elevene like godt kunne lest dette i bøkene sine. Ingen av elevene nevnte noe om dette i fokusgruppene.

3.2.10 Elevenes meninger om teoriheftet.

Et par av elevene som deltok på fokusgruppene hadde ikke lest teoriheftet skikkelig, og hadde dermed ikke noen synspunkter på det. De elevene som hadde lest teoriheftet var positive til dette. Elevene syntes den første delen av teoriheftet – det som gikk på hva lyd "er" og hva det vil si at noe er digitalt – var lett å forstå. Teorien rundt aliasing, klipping, dynamisk område og FFT var vanskeligere. Sitatene under er eksempler på elevenes uttalelser om teorien i forsøket. Elevene trakk frem at heftet var oversiktlig bygget opp, og at forklaringene av de forskjellige begrepene og fenomenene heftet tok for seg var forståelige:

Jente: *"Det var veldig bra skrevet. Det var liksom lett å forstå alle tingene siden alt var bra forklart, synes jeg"*

Jente: *"Det siste hadde jeg ikke hørt om før, så det var litt sånn... Det var veldig nytt for meg. Men det første, det skjønnte jeg egentlig. Det stod veldig bra i det heftet. For det var liksom sånn... Det var delt opp, så du fikk liksom den informasjonen, så visste du at det var det det var snakk om. I boka så er det ofte snakk om veldig mange ting samtidig."*

3.2.11 Elevenes syn på datalogging

Undre fokusgruppene ble det diskutert hvordan elevene opplevde dataloggerforsøk i forhold til andre forsøk. De fleste elevene var positive til dataloggerforsøk, og de hadde flere begrunnelser for hvorfor dataloggerforsøk var bra. Flere av elevene er opptatt av at dataloggerne gir mer nøyaktige målinger enn annet måleutstyr:

Gutt: *”Dataloggere gir jo mye mer sånn nøyaktige målinger da.”*

Jente: *”[...] det er litt gøy med sånne nøyaktige målinger da, som du får via den.”*

Elevene ser også fordelene med at dataloggerne sparer dem for arbeid. Dataene kan leses rett fra skjermen, og DataStudio gjør mellomregninger som elevene selv måtte gjort om de hadde tatt målingene på annet vis. Da dataloggerne samler inn dataene kan elevene ha fullt fokus på selve gjennomføringen av forsøket underveis, og så gå tilbake og se på dataene etterpå.

Gutt: *”Jeg synes det er greiere (med dataloggerforsøk) [...] og du trenger kanskje ikke å notere så mye hele tida, fordi i mange forsøk så må du liksom ha masse forskjellig utstyr, og så skal det litt til for å få alt sammen... Men jeg synes liksom, når du bruker datalogger, da er det... Da blir alt registrert der og da, så du kan gå tilbake og se på hva som har skjedd.”*

Gutt: *”Så blir det ikke så mye mellomregninger heller, for den maskinen regnet ut en del av seg selv [...] Så har du det, så du kan bruke litt lenger tid på å tyde dataene.”*

Et par elever var noe mer skeptiske til dataloggere. De påpekte viktigheten av at dataloggerne måtte tilføre noe nytt for å kunne forsvares, og virket redde for at det skulle bli for mye teknologi i undervisningen. Ikke uventet var jenter overrepresentert blant slike utsagn.

Jente: *”Jeg synes det er bra med litt variasjon, da. Jeg synes det er... altså, det kan bli litt mye sånn datagreier hvis man har det hele tiden. [...] Ikke bare ser det på en skjerm, men at du ser hva som skjer i virkeligheten.”*

Jente: *”Noen ganger kan det være egentlig litt greit å gjøre det manuelt også, for å si det sånn, enn at det kun skal være... alt skal være teknologi og det der.”*

Noen elever stoler for mye på de dataene de får fra dataloggerne. Flere elever omtaler dataene fra dataloggerne som ”helt riktige”, og ser ikke ut til å reflektere over at de selv kan ha satt dataloggerne til å måle noe annet enn de tror de måler, eller at de kan ha gjort gale innstillinger i DataStudio. Sitatene under er eksempler på dette.

Gutt: *”Synes det er mye bedre jeg, for da får du helt riktig svar. Det er jo sånn... hvis du..., man har andre måleutstyr da, så kan det bli litt mer sånn usikkerhet. Men når du bruker datalogger, så står det akkurat hva det er.”*

Gutt: *”Med dataloggeren er det mer sånn at enten så får du det til, eller så får du ingen måling. [...] Det blir ikke noe feil måling.”*

4 Diskusjon

4.1 Utstyrssituasjonen i Norge og lærernes holdninger til og bruk av datalogging i undervisningen.

4.1.1 Den typiske norske fysikklæreren

Fysikklærerne som besvarte spørreundersøkelsen ble, som nevnt i avsnitt 3.1.1, gruppert etter alder og etter kjønn under analysen av dataene, uten at man fant noen forskjeller på hvordan de ulike gruppene svarte. Dette tyder på at fysikklærere er en homogen gruppe, noe som også påpekes i Angell et al. (2004) og Carlone (2003). Dataene fra FUN – undersøkelsen, som Angell et al. skriver med utgangspunkt i, viste at gjennomsnittsalderen til fysikklærerne i år 2000 var 51,4 år. Det er ikke grunnlag for å si at gjennomsnittsalderen til fysikklærerne i Norge har økt nevneverdig fra år 2000 til år 2006. Det man imidlertid kan se, er at aldersfordelingen har blitt mer høyreskjev. Dette påpekes også i et brev fra Norsk Fysikklærerforening kunnskapsdepartementet av 30. juni 2006 (Olsen 2006). Olsen anslår i dette brevet at det må ansettes i overkant av 50 nye fysikklærere årlig de neste årene.

4.1.2 Dataloggerutstyr og pc-er i fysikkrom i norske videregående skoler

I gjennomsnitt hadde lærerne i spørreundersøkelsen 7 dataloggere og 4 pc-er tilgjengelig i rommet hvor fysikkundervisningen vanligvis foregår (se avsnitt 3.1.5). Det var suverent flest lærere som hadde tilgang til dataloggeren Pasco Science Workshop 500/750, samt nyere varianter av Pasco- utstyr. Det er ingen nevneverdig mellom hvor mange dataloggere/pc-er lærerne har tilgjengelig og hvor mange forsøk de gjennomfører med dataloggere. Det var heller ikke noen sammenheng mellom hvor mye dataloggerutstyr lærerne hadde tilgjengelig og hvilken verdi fysikklærerne mente at dataloggerne hadde. Samtidig svarte mer enn 35 % av fysikklærerne at grunnen til at de ikke gjennomfører flere dataloggerforsøk er at har for lite/for dårlig utstyr, eller at de ikke har råd til å kjøpe utstyr (se 3.1.4). Dette ser ut som en selvmotsigelse, men det kan også bety at de lærerne som mener at datalogging er verdifullt i fysikkundervisningen utnytter det utstyret de har tilgjengelig, uansett hvor mye eller lite dette er. Datamaterialet fra spørreundersøkelsen er for lite til at man kan undersøke slike sammenhenger.

En typisk norsk fysikklærer gjennomfører 1-3 lærerdemonstrasjoner og 1-3 elevøvelser med dataloggere per år i en fysikkgruppe (se 3.1.4). Dette er lite i forhold til hvor stort potensial datalogging har (se 1.1.5). Lærerdemonstrasjoner trenger ikke å ta lang tid, og for å gjennomføre en lærerdemonstrasjon trenger man bare én datalogger. Lite dataloggerutstyr trenger derfor ikke å begrense hvor mange demonstrasjoner lærerne gjennomfører for klassene sine. Man er imidlertid avhengig av en prosjektør i klasserommet for å gjennomføre demonstrasjoner foran en hel klasse, noe som kanskje er en større utfordring å få til. Lærerne burde kunne utføre mange små (og noen større) demonstrasjoner i løpet av et skoleår. Med så mange som 7 dataloggere i gjennomsnitt burde også forholdene ligge til rette for flere elevforsøk med datalogging. I overkant av 30 % av lærerne har bare tilgang til 1-3 dataloggere, og det er forståelig om disse ikke gjennomfører mange elevforsøk med datalogging. For resten av lærerne representerer dataloggerutstyret et stort utnyttet potensial.

For at fysikklærerne skal kunne utnytte potensialet i dataloggerne godt, må de ha et stort repertoar av forsøk å ta av. Det bør derfor lages flere tilpassede forsøk som kan gjøres

tilgjengelige for fysikklærerne, og de må få god informasjon om hvor ressursene finnes. Dette vil trolig senke lærernes terskel for å ta i bruk dataloggerne. Over 30 % av fysikklærerne oppgav mye arbeid med forberedelser som en grunn til at de ikke gjennomfører flere dataloggerforsøk. Av figur 3.7 i avsnitt 3.1.6 ser vi for eksempel at omtrent ingen fysikklærere brukte naturfagsenterets internettside (www.naturfag.no) som kilde til dataloggerforsøk, selv om det ligger flere gode dataloggerforsøk tilpasset fysikk 1 og 2 der. Man kan imidlertid anta at andelen lærere som bruker denne nettsiden har steget en del siden spørreundersøkelsen ble gjennomført, da den har blitt mer omfattende og mer profilert i ettertid. Vi ser også at mange lærere lager oppleggene til dataloggerforsøkene selv eller får dem fra kolleger. Det kan tyde på at lærerne ikke vet om de ressursene som finnes. Bedre informasjon om disse ressursene vil dermed kunne minske arbeidet for de lærerne som ikke er klare over at de finnes og således senke terskelen for å ta i bruk dataloggerne.

4.1.3 Behov for bedre opplæring av fysikklærere i bruk av dataloggere

På spørsmål om hvorfor de ikke bruker dataloggere oftere i undervisningen, svarte forholdsvis få lærere at datalogging er for vanskelig for elevene, eller at de ikke ser fordeler med datalogging (se figur 3.4 i avsnitt 3.1.4). Dette tyder på at de fleste lærerne er positive til tanken om å bruke dataloggerne i undervisningen. Nesten 20 % av fysikklærerne oppgav at de ikke kan bruke dataloggere. Disse lærerne trenger naturligvis opplæring for å kunne gjennomføre dataloggerforsøk. Dersom fysikklærerne får bedre opplæring, vil det også være lettere for dem å ta hånd om tekniske problemer, noe omtrent 30 % oppgav som en årsak til at de ikke gjennomfører flere dataloggerforsøk. Gjennom etterutdanning eller bedre grunnopplæring i datalogging vil lærerne bli flinkere til å se de mulighetene som ligger i dataloggerne, og de vil bruke mindre tid på å forberede forsøkene (se 4.1.2).

På spørsmål om ulemper med dataloggerforsøk var det 21 svar i kategorien "Dataloggere er vanskelige å bruke/tekniske problemer" og 17 svar i kategorien "Det er tid- og arbeidskrevende å forberede og gjennomføre dataloggerforsøk". Dette stemmer godt over ens med svarene på hvorfor lærerne ikke gjennomfører flere dataloggerforsøk.

Det er svært viktig at lærerne er i stand til å takle tekniske problemer som oppstår underveis, slik at ikke disse problemene tar fokuset bort fra selve forsøket (Newton 2000). Newton (2000) gjennomførte en kvalitativ studie om bruk av datalogging skoler i Storbritannia, og lærerne i denne studien hadde de samme innvendingene mot datalogging i forhold til tekniske problemer, og selvtillit i forhold til å håndtere disse.

"Teachers using data-logging need to develop the confidence to know when a system is malfunctioning and to be able to deal with it effectively" (Newton 2000, s. 1253)

Tan, Hedberg, Koh, & Seah (2006) har gjennomført en spørreundersøkelse blant realfagslærere om bruken av datalogging i skoler i Singapore. De fant ut at mange lærere ikke følte seg kompetente nok til å bruke dataloggerne effektivt. Disse lærerne ønsket seg mest av alt teknikere som kunne hjelpe dem med å planlegge og med å sette opp dataloggerforsøkene. Egne teknikere er vanskelig å tenke seg på norske videregående skoler, men man kunne hatt en ordning hvor en realfagslærer på hver videregående skole hadde fått ekstra opplæring i datalogging, og som satt med ansvaret for dataloggerutstyret på skolen. Dette måtte i så fall inngå som en prosent av stillingen til læreren, slik at denne læreren kunne fulgt opp dette ansvaret og få tid til å hjelpe kolleger. Newton (2000) konkluderte med at støtte og veiledning

fra erfarne og entusiastiske kolleger er viktig for å få flere lærere til å ta i bruk datalogging i undervisningen.

Som vist i figur 3.10 i avsnitt 3.1.9, er fysikklærerne interessert i etterutdanning i bruk av dataloggere. Denne etterutdanningen er også nødvendig, i tillegg til bedre grunnopplæring av nye lærere i datalogging. I og med at lærere som ikke er komfortable med å gjennomføre dataloggerforsøk, heller ikke vil ha etterutdanning i bruk av dataloggere, bør det nok ikke være opp til den enkelte lærer å sørge for å komme seg på de riktige etterutdanningskursene. Man kan for eksempel tenke seg etterutdanning i bruk av dataloggere som en del av et obligatorisk kursopplegg for lærere i naturfagene. I tillegg bør man vurdere å la datalogging komme inn som en del av utdannelsen for de som tar lærerutdanning i realfag. Som tidligere nevnt (se 4.1.1) er det svært mange fysikklærere som går av med pensjon de neste årene, og dermed (minst) like mange nye fysikklærere som må ansettes. Det vil nok derfor være mest hensiktsmessig å bedre fysikklærernes ferdigheter i datalogging gjennom etterutdanningskurs for "nye" lærere og/eller gjennom å legge datalogging inn som en del av lærerutdanningene. Her kan det nevnes at datalogging for eksempel inngår som en del av utdanningen av realfaglærere ved Universitetet i Oslo.

4.1.4 Fysikklærernes holdninger til datalogging, og deres vurdering av dataloggingens potensiale.

Fysikklærerne ble i spørreundersøkelsen bedt om å vurdere hvor enige de var i 10 utsagn om datalogging (se 3.1.8). Lærerne svarer positivt eller omtrent nøytralt på de fleste av utsagnene, med unntak av "Jeg bruker dataloggere i så mange forsøk som mulig". Fysikklærerne bruker altså ikke dataloggerne for enhver pris. Dette må man ta som et sunt tegn. Det ble laget et construct kalt "Verdi" for å undersøke hvor stor verdi fysikklærerne mente dataloggingen hadde (se 3.1.8). Lærerne svarte konsistent på de tre utsagnene som utgjorde constructet, og mente at datalogging har en verdi i undervisningen.

Den viktigste årsaken til at fysikklærerne i spørreundersøkelsen benytter dataloggere er at dataloggerne gjør det mulig å gjøre forsøk som ellers ikke er mulig (se 3.1.7). I tillegg svarte godt over halvparten av fysikklærerne at en fordel med dataloggere er at de gjør det mulig å gjennomføre forsøk det ikke er mulig å gjennomføre uten (se 3.1.10). Dette ser altså ut til å være den klart største fordelen med dataloggere slik fysikklærerne ser det.

Lærerne i Newton (2000) sin undersøkelse så på datalogging som en mulighet til å vise elevene moderne teknologi. Dette står i kontrast til hva lærerne som deltok i spørreundersøkelsen svarte. Det var bare 5 fysikklærere som oppga dette som en fordel med dataloggere i spørreundersøkelsen (se avsnitt 3.1.10). Videre sier fysikklærerne at "*Det er vanskelig å forstå hva som skjer/fysikken forsvinner inn i en svart boks*" er den største ulempen med dataloggerforsøk. Noen fysikklærere hadde også liknende svar på hvorfor de ikke gjennomfører flere dataloggerforsøk. Å vise elevene moderne teknologi er altså ikke en av begrunnelsene norske fysikklærere har for å gjennomføre dataloggerforsøk. Det er viktig at lærerne har nok kjennskap til dataloggerne til at de kan forklare elevene hva dataloggerne "gjør", og hvorfor man bruker dem.

Det er viktig at ikke dataloggere benyttes der de ikke har noe å tilføre (se 1.1.5). Fysikklærerne er uenige i utsagnet "*Jeg bruker dataloggere i så mange forsøk som mulig*" (se 3.1.8). Dette er et sunt tegn. I tillegg svarer fysikklærerne, som tidligere nevnt, at å "*Gjøre*

forsøk som ellers ikke er mulige” er den viktigste årsaken til at de benytter dataloggerforsøk. Dette, sammen med det at lærerne gjennomfører forholdsvis få dataloggerforsøk (se 3.1.3), tyder på at fysikklærerne bruker dataloggere i forsøk hvor de har noe å tilføre.

4.2 Forsøkene som ble utarbeidet og prøvd ut i denne studien

4.2.1 Dataloggerforsøket om friksjon

Elevene hadde tidligere gjort et manuelt forsøk for å bekrefte Coulombs lov for friksjon. Siden denne teorien var kjent for elevene, og de lett kunne finne den i læreboken, var det nok overflødig å ta med teorien i innledningen i elevveiledningen til forsøket. Læreren til en av fysikkgruppene hvor forsøket ble prøvd ut påpekte også dette. Dersom denne teorien ikke hadde vært med hadde elevene hatt mindre å forholde seg til under forsøket. I ettertid virker det mest fornuftig å bare oppgi Coulombs lov i elevveiledningen, eller kanskje ikke engang det. Se avsnitt 4.3.2 for diskusjon av hva som skal komme først av teori og forsøk.

Det faktum at elevene fikk gode målinger i alle utprøvingene av forsøket indikerer at forsøket er ”robust”, noe som er viktig for et forsøk skal være bra. Både elevene og lærerne oppgir det som en fordel med dataloggere at de er nøyaktige, og for at man skal få utnyttet dette må forsøksoppsettet være robust, slik at det er lett å reproducere målinger. Elevene sier at det er gøy å se ”at det stemmer” i forsøkene, og en forutsetning for at forsøket skal ”stemme” er at det er robust. Elevene var også raske til å sette seg inn i DataStudio, og etter at de fikk hjelp til å ta de første målingene, hadde de ikke problemer med å gjøre de samme målingene på de neste måleseriene.

Elevenes utsagn og forfatterens observasjoner tyder på at elevene lærte en del om tolkning av grafer under del 1 av forsøket. Elevene lærte også en del om datalogging, og de lærte at den maksimale hvilefriksjonen er større enn glidefriksjonen. I del 2 ble det for mye å holde styr på for elevene. I denne delen av forsøket måtte de bruke Newtons andre lov i tillegg til det de hadde lært om friksjon, og samtidig var grafene vanskeligere å bruke/tolke og forsøksoppsettet mer avansert. Elevene hadde problemer med å jobbe med så mange ulike *representasjonsformer* samtidig i denne delen av forsøket. Se 4.3.2 for mer om representasjonsformer. Selv om forsøket også ble grundig forklart på tavlen, var det bare de aller flinkeste elevene som fikk noe ut av dette delforsøket. Man bør altså ikke kombinere vanskelige forsøk med avansert datalogging. Det samme sier en lærer i Newton (2000) sin studie:

“We don’t want a mix of quite a difficult practical and quite a difficult data-logging set up all in one. Because we’re going to have breakdowns and failures, we’ve got to eliminate as many of those as possible to keep it quite tight. Therefore I think we start with something quite basic.” (Newton 2000, s. 1252)

Det tekniske i forsøket fungerte altså bra, men del 2 av forsøket var for vanskelig for elevene. Selv om elevene syntes det var gøy å gjennomføre del 2 av forsøket, så var læringsutbyttet for magert til at denne delen av forsøket kan anbefales i Fysikk 1. Læreren til en av klassene mente denne delen av forsøket passet bedre som en eksamensoppgave i Fysikk 2. Del 2 av forsøket inneholder ikke noe mer teori om friksjon enn del 1, så det er ikke et fysikkfaglig tap i å gjennomføre del 1 alene. Del 2 kan eventuelt være en nøtt for de aller flinkeste. Denne

delen av forsøket ble tatt med for at elevene skulle få mer trening i å tolke grafer og i å bruke DataStudio, men var altså ikke godt nok tilpasset elevenes nivå.

Gratton & DeFrancesco (2006) har foreslått et dataloggerforsøk om friksjon som minner mye om dette forsøket. Den første delen av Gratton & DeFrancesco (2006) sitt forsøk er nesten identisk med del 1 av forsøket som ble utarbeidet i denne studien, mens de i sin del 2 viser stick-slip oppførsel.

4.2.2 Dataloggerforsøket om digitalisering av lyd

Da digitalisering av lyd er et nytt tema i norsk skolefysikk, fantes det ikke noe ferdig skrevet teori om dette som var tilpasset videregående skole. Jeg måtte derfor lage et teorihefte til elevene. Det var naturligvis et tidkrevende arbeid å utarbeide teoriheftet, men jeg hadde fordelene av å kunne skreddersy teorien til forsøket. Jeg forsøkte å bruke analogier som elevene lett kunne forholde seg til, og skrev litt ekstra om digital musikk. Digital musikk er noe elevene omgir seg med daglig, så dette ble tatt med for å fange interessen til elevene. Elevenes utsagn under fokusgruppene tyder på at jeg lyktes med dette (se 3.2.6). Elevene var tilfredse med teoriheftet, og mente forklaringene av de ulike fenomenene var gode. Elevene likte også at heftet var delt inn i små kapitler etter tema, og at det var ”snakk om en ting av gangen”. Under fokusgruppene ga elevene uttrykk for at de hadde forstått det meste av teorien. Omtrent alle elevene kunne forklare hva samplefrekvens og oppløsning er, mens flere elever hadde problemer med de vanskeligere begrepene, og da særlig aliasing. I læreplanen for Fysikk 2 er det ett læreplanmål for digitalisering av lyd. I dette læreplanmålet står det at elevene skal kunne ”gjøre rede for sampling og digital behandling av lyd” (NDET 2006, s. 5). Det ser altså ut til at elevene gjennom forsøket og den innledende teorien fikk med seg det meste av det den teorien de skulle lære ifølge læreplanen.

Forsøksoppsettet var ingen utfordring i dette forsøket. Fokuset i forsøket ble dermed nesten bare på behandling av dataene og innstillingen av lydsensoren (samplefrekvens og følsomhet) i DataStudio. De forskjellige fenomenene som skulle belyses under forsøket kom bra frem i grafene elevene fikk opp på skjermen. Det tekniske i forsøket fungerte altså bra, med unntak av at samplefrekvensen automatisk blir satt til 2500 Hz når man åpner FFT- vinduet. Det er svært viktig at læreren er godt kjent med forsøket og slike eventuelle problemer før forsøket gjennomføres i klassen, slik at læreren kan hindre at tekniske problemer overskygger selve forsøket (Newton 2000). Lærerveiledningen som ble laget til forsøket (se Appendiks H) kan være et godt hjelpemiddel for lærerne når de skal forberede dette forsøket. I lærerveiledningen ble det tatt med svar på spørsmålene som ble stilt i elevveiledningen, det ble vist hvordan lærerne kunne forvente at grafene skulle se ut, og det ble tatt med tips om hva som var lurt å passe på under forsøket. Lærerveiledningen ble delt ut til lærerne i de to klassene man skulle prøve ut forsøket, men man fikk ikke noen respons på dem. Man har derfor ikke noe grunnlag å vurdere denne ut fra.

Elevveiledningen til dette forsøket inneholdt ikke teori, bare instruksjoner om hva elevene skulle gjøre og spørsmål til diskusjon i gruppen. Elevveiledningen ble, som den til forsøket om friksjon, ikke så godt utprøvd som man kunne ønsket (se 4.2.1). Elevene var positive til denne elevveiledningen også, men syntes noen av spørsmålene var vanskelige. Elevene i andre utprøving av forsøket hadde forholdsvis god tid til å gjennomføre forsøket og fikk dermed tid til å følge elevveiledningen. De klarte dette bra, og trengte lite hjelp. Dette er en indikasjon på at elevveiledningen fungerte bra, men for lite grunnlag til å si noe sikkert.

Digitalisering av lyd tilhører altså Fysikk 2, mens forsøket ble prøvd ut i Fysikk 1. Da elevene som tar Fysikk 2 har fått mer trening i å tolke grafer og i analytisk tenkning, kan man forvente at disse elevene vil ha noe lettere for å lære teoristoffet i dette forsøket enn elevene i Fysikk 1. Elever i Fysikk 2 bør ha bedre trening i bruk av DataStudio.

Helhetsinntrykket er at forsøket fungerte forholdsvis bra. Elevene lærte det viktigste av teorien i forsøket forholdsvis bra, men noe var litt vanskelig for dem. Kanskje er det lettere for Fysikk 2 – elever å tilegne seg denne teorien. Det tekniske i forsøket fungerte bra, med unntak av det nevnte problemet i DataStudio. Dette problemet er enkelt å fikse, og er formodentlig rettet opp i neste versjon av programmet. Det blir spennende å se hvordan lærebokforfatterne tolker det nye læreplanmålet om digitalisering av lyd. Dersom lærebøkene velger ut teorien på en annen måte kan det bli nødvendig å redigere forsøket noe, eller eventuelt bruke teoriheftet som en forberedelse til forsøket ved fremtidig bruk.

4.3 Elevers utbytte av datalogging

4.3.1 Elevers ferdigheter i tolking av grafer og hvordan datalogging kan forbedre disse ferdighetene.

Det var stor forskjell på hva elevene syntes om graftolkning. Flere av elevene syntes det var vanskelig å tolke grafer, mens enkelte ikke engang hadde tenkt på at dette kunne være problematisk (se 3.2.3 og 3.2.5). Det var flest elever som syntes graftolkning var vanskelig blant elevene som prøvde ut forsøket om friksjon, men det var også en del elever som hadde problemer med dette i forbindelse med digitalisering av lyd. Elevene som prøvde ut forsøket om digitalisering av lyd hadde et halvt års mer erfaring med fysikk og matematikk, og var dermed bedre rustet til å tolke grafer. Atar (2002) gjennomførte en studie av elevers utfordringer med bruk av dataloggere i kjemi, og fant blant annet at det var en stor utfordring for elevene å tolke grafene fra dataloggerne. Dette stemmer godt med observasjonene som ble gjort under utprøvingen av forsøkene, og enkelte elevers uttalelser om graftolkning under fokusgruppene.

Atar (2002) er opptatt av lærerens rolle under gjennomføringen av dataloggerforsøkene, og trekker frem viktige funn i forhold til hvordan man skal gjøre det lettere for elevene å forstå grafene i forsøk:

”As to lessen students’ challenges, in line with the literature, this study suggested that a little teacher push and support is necessary, especially to facilitated students’ understandings of the MBL generated graphs. This study further suggested that in an attempt to conduct experiments using MBL more effectively, teachers should constantly be on the look out for graph anomalies that may simply be resulted from misplug of probes into the interface”. (Atar 2002, s. 21)

Det er altså viktig at lærerne følger med under dataloggerforsøk. Lærerne må hjelpe elevene litt videre når de har problemer med å forstå grafene. De må også se etter om grafene elevene får virker fornuftige, slik at ikke elevene bruker mye energi på å tolke grafer som ikke er ”riktige”. Dersom elevene ikke har logget korrekt kan elevenes tolkninger av grafene føre til misforståelser i forhold til det emnet forsøkene tar for seg. Under en av fokusgruppene sa en elev følgende, som understreker Atar (2002) sitt poeng:

Gutt: *”Det som kanskje kan være viktig er at læreren prøver å liksom følge med på om elevene har skjønt grafen. For når du ikke først forstår noe, da tror jeg neppe at du greier å, på en måte ha det gøy resten av forsøket, da. Hvis du ikke forstår første delen og... da er du liksom ikke med på resten. Og da kan det bli mye lettere å følge med.”*

Newton (2000) trekker frem et viktig moment:

“Experience suggests that the operational skills can be quickly acquired, but there seems to be a current emphasis on the use of data-logging for gathering data, rather than using the software to explore the data for scientific meaning.” (Newton 2000, s. 1256)

Det Newton sier i sitatet over er viktig. Innsamlingen av dataene er bare en liten del av et forsøk. Det er utforskningen og tolkningen av dataene man har samlet inn som gir elevene forståelsen av fysikken i forsøket. På dette området har dataloggingen minst like mye å tilføre som den har under innsamlingen av dataene. I og med at man har dataene elektronisk, kan man enkelt manipulere og utforske dataene på mange forskjellige måter, noe som blir for arbeidskrevende om man gjør tradisjonelle fysikkforsøk. Disse mulighetene må man benytte fullt ut under gjennomføringen av dataloggerforsøk for at elevene skal kunne bedre ferdighetene sine i graftolkning. Det er derfor bekymringsfullt at bare 12 av de 70 fysikklærerne oppgir som en fordel med datalogging at *”Det er enkelt å bearbeide dataene og fremstille dem grafisk”*.

Ifølge Beichner (1994) er de to mest vanlige feilene elever gjør når de jobber med grafer innen kinematikk (1) at de ser på grafene som faktiske bilder av situasjonen og (2) forvirring rundt betydningen av stigningen til en linje og betydningen av et punkts høyde over den horisontale aksene. Datalogging kan være et godt hjelpemiddel for å rette på disse feilene hos elever. Når elevene gjennomfører dataloggerforsøk får de se hvordan grafene tegnes mens de gjennomfører forsøket i motsetning til etterpå, som de er vant til. Da får elevene se at grafer ikke er statiske ”bilder” av forsøket, men en dynamisk fortelling av hva som skjer. Man kan i tillegg enkelt forandre skalaene på aksene når man har grafene elektronisk. Elevene kan dermed svært enkelt og tydelig få se hvordan utseendet til en graf endres når man endrer skalaene på aksene. For å klare opp i forvirringen rundt betydningen av stigningen til en linje og et punkts høyde, kan det gjennomføres enkle dataloggerøvelser hvor elevene logger bevegelsen til en gjenstand som beveger seg. Elevene kan da få simultane posisjons-, hastighets- og akselerasjonsgrafer som de da kan manipulere og relatere til bevegelsen de ser med øynene. Svec (1999) gjennomførte en studie hvor han så på effekten av dette. Han hadde en gruppe elever som gjorde forsøk om bevegelse med dataloggere, og en gruppe som gjorde tilsvarende forsøk på mer tradisjonelt vis. Svec (1999) målte elevenes ferdigheter i å tolke grafer generelt, bevegelsesgrafer samt elevenes konseptuelle forståelse av bevegelse. Denne målingen ble gjort gjennom pre- og posttester av elevenes ferdigheter, og han fant at elevene som brukte dataloggere hadde økt sine ferdigheter mer på alle tre områdene enn elevene som ikke hadde brukt dataloggere.

4.3.2 Teori før forsøk eller forsøk før teori? – demonstrasjon av fysiske sammenhenger/fenomener eller matematisk modellering?

Angell et al (2004) fant at elevene så på det å ”vise teorien i praksis” (Angell, Guttersrud et al. 2004, s. 697, min overs.) som det viktigste formålet med forsøk i fysikk, og at elevene foretrakk å få teorien servert før forsøket. Fysikklærerne i Angell et al. sin studie rapporterer også dette – forsøk foregår i stor grad etter ”kokebokoppskrifter”. Dette stemmer godt med elevenes utsagn i fokusgruppene, men med ett unntak. Ei jente foreslo, som nevnt i avsnitt 3.2.1, å ha forsøket først, og så få teorien etterpå gjennom diskusjon av det som skjedde i forsøket. Fysikklærere vurderer også det å ”Demonstrere/illustrere lover og begreper” som en viktig motivasjon for forsøkene (se 3.1.7), mens de vurderer det å ”La elevene selv finne sammenhenger” som en middels viktig motivasjon for bruk av dataloggerutstyr. Det ble heller ikke beskrevet noen åpne forsøk i det åpne spørsmålet i spørreundersøkelsen hvor fysikklærerne ble bedt om å gi eksempler på gode dataloggerforsøk. Både fysikklærerne og - elevene i Angell et al. sin studie sier også at forsøk hvor elevene selv velger problem og metode foregår sjelden i fysikkundervisningen, og at elevene ønsker noe mer av dette Angell et al (2004).

Guttersrud (Guttersrud 2008) snakker om fem forskjellige representasjonsformer i fysikkundervisningen: eksperimentell, billedlig, konseptuell, matematisk og grafisk. I følge Guttersrud (2008) er det vanskelig for elevene å skifte mellom de forskjellige representasjonsformene. Guttersrud (2008) tar utgangspunkt i FYS 21 prosjektet. I dette prosjektet ble det fokusert på modeller og matematisk modellering i fysikk:

”I FYS 21 har vi introdusert empirisk – matematisk modellering som et bærende element. Dette innebærer at vi legger vekt på

- *aktiviteter der elevene bruker ulike representasjonsformer når de gjør forsøk og konstruerer og vurderer matematiske modeller av fenomener de studerer*
- *at fysikk handler om modeller av fenomener som ofte er beskrevet i et matematisk språk, og at ”å gjøre fysikk” betyr å arbeide med modeller i vid forstand.”* (Angell, Henriksen et al. 2007, s. 86-87)

Modeller i fysikken er som regel matematiske sammenhenger (matematisk representasjon) mellom fysiske størrelser (konseptuell representasjon) (Guttersrud 2008). For eksempel beskriver Newtons 2. lov, $F = m \cdot a$, den matematiske sammenheng mellom de fysiske størrelsene kraft, masse og akselerasjon.

Angell et al (2004) rapporterer, basert på FUN - prosjektet (”Fysikkutdanning i Norge”) at elevene ser på forsøk som enkle og underholdende, men at man ikke får formidlet til elevene hvilken viktig rolle eksperimenter spiller i naturvitenskapen. Man må altså bli mer bevisst på hva slags forsøk man gjennomfører, og hvordan man gjennomfører dem. Guttersrud (2008) argumenterer sterkt for bruken av matematisk modellering i undervisningen, og sier at:

”Taking on a modelling approach, practical work may improve students’ theoretical as well as their procedural understanding and understanding of the nature of science at least as well as the traditional “cookbook” experiment.” (Guttersrud 2008, s. 84)

Dataloggere kan være svært gode hjelpemidler i modelleringsøvelser. Når elevene gjennomfører dataloggerforsøk får de opp en grafisk representasjon av forsøket (eksperimentell representasjon) i sanntid, og regresjonsverktøy i softwaren (for eksempel DataStudio) gir elevene muligheter til å lete etter matematiske sammenhenger (matematisk representasjon) som beskriver fenomenene (konseptuell representasjon) de undersøker. Dermed får elevene god trening i å jobbe med flere representasjonsformer samtidig, uten at de trenger å bruke mye tid og energi på å bearbeide dataene.

For at et tema skal kunne belyses gjennom matematisk modellering, må temaet inneholde sammenhenger som ikke er for vanskelige for elevene å oppdage. Forsøket om digitalisering av lyd kunne man ikke lagt opp som et modelleringsforsøk, da denne teorien ikke inneholder noen matematiske sammenhenger som lar seg modellere enkelt. Del 1 av friksjonsforsøket kunne man benyttet som et modelleringsforsøk. Elevene kunne funnet glidefriksjonen til klossen med forskjellige masser, og brukt disse dataene til å finne ut av sammenhengen mellom normalkraften på klossen og glidefriksjonen. I dette forsøket ville man imidlertid ikke kunnet utnytte regresjonsverktøyet i DataStudio til å finne denne sammenhengen, så elevene måtte eventuelt brukt en avansert kalkulator til å utføre regresjonen. Denne typen forsøk forutsetter at elevene har noe trening i å bruke dataloggerutstyret, slik at ikke datalogging blir en tilleggsutfordring for elevene.

4.3.3 Bruk av dataloggerforsøk

I utprøvingen av de to forsøkene som ble laget i denne studien ble forsøkene gjennomført av en gruppe elever med forfatteren som veileder og resten av klassen som tilskuere, og med skjermbildet til pc-en på lerret. Elevene ga gode tilbakemeldinger på denne undervisningsmetoden. De elevene som gjennomførte forsøkene syntes det gikk greit å stå foran klassen på denne måten, og tilskuerne mente de fikk godt med seg hva som ble gjort. Observasjonene underveis tyder imidlertid på at det skulle lite dødtid til før en del tilskuere mistet konsentrasjonen, og sluttet å følge med. Det er derfor viktig at det er god kommunikasjon mellom den/de som gjennomfører forsøket og publikum. Dersom elever skal gjennomføre forsøk foran resten av klassen på denne måten bør disse elevene derfor være godt forberedt, og bli bevisstgjort på at de må formidle hva de gjør og hvilke målinger de gjør. Hele klassen må tas med på å diskutere problemstillingene underveis i forsøket, og publikum må oppfordres sterkt til å hjelpe til underveis. Elevene som skal demonstrere forsøket bør ha tilgang til dataloggerne for å kunne kjøre gjennom utstyret på forhånd og bli trygge på forsøket. Fremføringer av ulike slag er vanlige vurderingssituasjoner i flere fag, og fremføringer av forsøk kan godt være en del av vurderingen i fysikkfaget. Det hadde vært interessant å dele elevene i små grupper og gi hver gruppe i oppgave å undersøke et problem, hvor de selv må ”lage” forsøket, og så avslutte med at hver gruppe fremfører forsøket foran resten av klassen. Tilskuerne kan da være ”dommere”, og se etter feil eller svakheter i forsøkene som blir presentert. Et slikt opplegg krever imidlertid at elevene er fortrolige med dataloggerutstyret for at elevene skal være klare over hvilke muligheter de har, og slik at ikke læreren får for stort veiledningspress.

En stor fordel med at en gruppe gjennomfører forsøk foran resten av klassen er at læreren da har mye bedre mulighet til å observere eventuelle feilkoblinger og problemer med dataloggerutstyret, og kan rette opp i dette slik at man unngår at elevene gjør gale målinger, med de problemene det medfører når elevene skal tolke grafene (se 4.3.1).

Demonstrasjonsforsøk krever også lite ressurser, og representerer et dårlig utnyttet potensial (se 4.1.3).

Lærerdemonstrasjoner egner seg best i forsøk som kvalitativt skal vise elevene forskjellige fenomener, som for eksempel forsøket om digitalisering av lyd. I dette forsøket er det de forskjellige fenomenene som kan oppstå når man digitaliserer et signal som er det aller viktigste, og da kan det like greit at læreren, eventuelt med assistanse fra elever, gjennomfører forsøket. Da kan forsøket gjennomføres uten at man behøver å tenke på tekniske problemer (så sant læreren har fått tilstrekkelig opplæring), og man kan stoppe opp og diskutere fenomenene etter hvert som de dukker opp.

Newton (2000) mener at det ikke er noen prinsipiell forskjell på å lære elevene datalogging og å lære dem andre eksperimentelle metoder. Å lære å bruke dataloggerutstyret er dermed et mål i seg selv. Dette ser man også i den norske læreplanen for fysikk, hvor ”*med og uten digitale hjelpemidler*” er frase som forekommer flere ganger (NDET 2006). Det er et mål at elevene skal bli så fortrolige med dataloggere at de etter hvert kan legge opp og gjennomføre dataloggerforsøk på egenhånd (Newton 2000). Når elevene skal lære å bruke dataloggerutstyret er det viktig at de får holde på med det selv og utforske hvordan dataloggerne og DataStudio fungerer. Bevegelseslikningene og newtons lover er ofte de første temaene elevene møter i fysikkundervisningen. Ut fra diskusjonen i avsnitt 4.3.1, ser det ut til at en god start på fysikk 1 kan være å la elevene gjennomføre enkle dataloggerforsøk som utforsker bevegelse under kyndig veiledning av en kvalifisert lærer. Da vil elevene få opplæring i bruk av dataloggerutstyret, de vil få forbedret ferdighetene sine i graftolkning (se 4.3.1), og de vil samtidig få økt sin konseptuelle forståelse av bevegelse. En elev (tilskuer) var inne på samme tanke i en av fokusgruppene:

Gutt: *”Hvis man på en måte legger inn på bærbare pc-er og så lar elevene ha kanskje en trippeltime hvor de bare på en måte prøver seg fram med dataloggerne og ser hva dem kan gjøre. Hvordan det fungerer og sånt noe. Så tror jeg på en måte man kan få satt seg inn i ganske... I alle fall de enkleste funksjonene ganske fort.”*

Det er viktig at man ikke gjør dataloggerforsøkene for vanskelige, særlig før elevene har fått skikkelig opplæring i datalogging, slik at elevene slipper å både lære seg denne metoden og å bruke vanskelig teori/et vanskelig forsøksoppsett samtidig (Newton 2000). Man kan eventuelt lage alternative varianter av forsøkene, slik at elevene kan få et opplegg som er tilpasset nivået deres. For eksempel kan man gi del 2 av friksjonsforsøket bare til de flinkeste elevene, mens mindre flinke elever kan stoppe etter del 1.

Innlæring av tekniske ferdigheter i datalogging er en investering som må tas både for lærere og elever. Man har derfor mest igjen for dataloggingen om man begynner tidlig, og bruker utstyret regelmessig. Da opprettholdes de tekniske ferdighetene både hos elevene og hos læreren.

4.3.4 Konklusjoner og anbefalinger.

Fysikklærerne har brukbar tilgang til dataloggerutstyr, men det gjennomføres forholdsvis få dataloggerforsøk i fysikkundervisningen i videregående skoler. Det er altså et stort uutnyttet potensial her. Særlig lærerdemonstrasjoner kan utnyttes mer.

Det ser ut til at læreres manglende ferdigheter i bruk av dataloggerutstyr, samt deres manglende kunnskap om hvilke muligheter datalogging åpner for, er årsaker til at datalogging ikke benyttes mer i fysikkundervisningen. Bruk av datalogging bør derfor være en del av den obligatoriske utdanningen til nye lærere, og etablerte lærere bør etterutdannes i dette. Fysikklærerne er dårlig kjent med nettsteder som naturfag.no og andre kilder til dataloggerforsøk. I forbindelse med at lærerne får opplæring i datalogging må de derfor få informasjon om hvor de kan finne ferdige utviklede dataloggerforsøk, slik at de ikke trenger å bruke mye tid på å utvikle dem selv. Det er foreslått at en lærer ved hver skole kunne hatt ekstra opplæring i bruk av datalogging, slik at denne læreren kunne fungert som en teknisk støtte for de andre lærerne ved skolen.

Den klart største fordelen med datalogging er, slik fysikklærerne ser det, at datalogging gjør det mulig å gjennomføre forsøk som ellers ikke er mulige. Fysikklærerne mener at den største ulempen med dataloggere er at *”Det er vanskelig å forstå hva som skjer/fysikken forsvinner inn i en svart boks”*.

Erfaringene fra utprøvingene av dataloggerforsøkene som ble laget tyder på at det er viktig å ikke ha for vanskelig teori i dataloggerforsøkene dersom elevene er uerfarne med datalogging. Datalogging krever visse ferdigheter som må læres og vedlikeholdes. Det kan derfor være lurt å begynne med datalogging tidlig i Fysikk 1, slik at man kan utnytte disse ferdighetene i hele Fysikk 1 og 2. Enkel teori, samt god tid til å prøve seg frem for elevene, ser ut til å være viktige stikkord for opplæring av elever i datalogging. Når elevene er fortrolige med datalogging, kan man bruke datalogging til å innhente data i forsøk som er vanskeligere teoretisk. Det er viktig at dataloggingen brukes regelmessig, slik at disse ferdighetene vedlikeholdes både hos elevene og hos lærerne.

Med bakgrunn i data fra utprøvingene av de to dataloggerforsøkene og diskusjon av disse dataene opp mot litteraturen på området vil jeg hevde at dataloggere så absolutt har noe nytt å tilføre fysikkundervisningen. Det mest iøynefallende er at dataloggerne muliggjør forsøk hvor tradisjonelt lab-utstyr ikke strekker til. I tillegg er det svært verdifullt at datalogging gjør det mulig å få de målte dataene presentert grafisk i nesten sanntid. I tillegg til at dette sparer elevene for mye arbeid, så hjelper det tilsynelatende elevene til å forstå hva grafer egentlig representerer og hvordan de skal tolke grafer. Når elevene kan se forsøket og grafen samtidig får de trening i å skifte mellom ulike representasjonsformer, noe man vet er en utfordring for mange elever. I og med at datalogging gir så mange muligheter for utforskning og behandling av måledata ser det ut til å være viktig å fokusere på dette når man skal utarbeide nye dataloggerforsøk. Disse mulighetene åpner for en mengde åpne forsøk, for eksempel i form av matematisk modellering.

Når man utarbeider et dataloggerforsøk er det svært viktig at forsøket er ”robust” – at det er enkelt å reprodusere målingene i forsøket og å få ”gode” data. Begge forsøkene som ble utarbeidet i denne oppgaven viste seg å være robuste.

Undervisningsformen som ble benyttet under utprøvingene av forsøkene – en gruppe elever gjennomførte forsøk foran resten av klassen – fungerte forholdsvis bra. Det at elevene fikk se pc-skjermen på lerret gjorde at tilskuerne fikk med seg det meste av det som foregikk.

Datalogging kan bidra til å øke elevers forståelse av fysiske lover og begreper, så vel som vitenskapelig metode (”prosess og produkt”). Bruk av digitale hjelpemidler i

fysikkundervisningen er dessuten et krav i læreplanen for fysikk (NDET 2006). På bakgrunn av dette konkluderer denne oppgaven som Espinoza (2006 – 2006):

”Studies on the types of technology that have become available to help students learn science have identified mbl as perhaps the most educationally promising tool to engage in cognitively fruitful hands-on tasks [52-54].” (Espinoza 2006 - 2007, s. 317)

Litteraturliste

Angell, C., Ø. Guttersrud, et al. (2004). "Physics: Frightful, but Fun. Pupils' and Teachers' Views of Physics and Physics Teaching." Science Education **88**(5): 683 - 706.

Angell, C., E. K. Henriksen, et al. (2007). "FYS 21 - et prosjekt om modellering og vitenskapelig arbeids- og tenkemåte i fysikkundervisningen." Nordic Studies in Science Education **3**(1): 86 - 92.

Atar, H. Y. (2002). Chemistry Students' Challenges in Using MBL's in Science Laboratories. Annual International Conference of the Association for the Education of Teachers in Science, Charlotte, NC, USA.

Barton, R. (1997). "How Do Computers Affect Graphical Interpretation?" School Science Review **79**(287): 55 - 60.

Barton, R. (1998). "Why Do We Ask Pupils to Plot Graphs?" Physics Education **33**(6): 366 - 367.

Beichner, R. J. (1994). "Testing Student Interpretation of Kinematics Graphs." American Journal of Physics **62**(8): 750 - 762.

Carlone, H. B. (2003). "Innovative Science Within and Against a Culture of "Achievement"." Science Education **87**(3): 307 - 328.

Espinoza, F. (2006 - 2007). "The Use of Graphical Analysis with Microcomputer-Based Laboratories to Implement Inquiry as the Primary Mode of Learning Science " Journal of Educational Technology Systems **35**(3): 315 - 335.

Friedler, Y. and A. McFarlane (1997). "Data Logging With Portable Computers: A Study of the Impact on Graphing Skills in Secondary Pupils." Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching **16**(4): 527 - 550.

Gratton, L. M. and S. Defrancesco (2006). "A simple measurement of the sliding friction coefficient." Physics Education **41**(3): 232 - 235.

Guttersrud, Ø. (2001). En fokusgrupppestudie av fysikkelevers oppfatninger av fysikk og deres grunner for å velge fysikk i videregående skole. Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.
Hovedfagsoppgave.

Guttersrud, Ø. (2008). Mathematical Modelling in Upper Secondary Physics Education. Department of Physics. Oslo, University of Oslo. **unpublished Phd thesis.**

Hansen, H. F. (2006). Personal communication.

Hennessy, S., J. Wishart, et al. (2007). "Pedagogical approaches for technology-integrated science teaching." Computers & Education **48**(1): 137-152.

Krueger, R. A. (1998a). Developing Questions for Focus Groups. Thousand Oaks, Sage Publications.

- Krueger, R. A. (1998b). Moderating Focus Groups. Thousand Oaks, Sage Publications.
- Krueger, R. A. (1998c). Analyzing & Reporting Focus Group Results. Thousand Oaks, Sage Publications.
- Lavonen, J., M. Aksela, et al. (2003). "Designing a user-friendly microcomputer-based laboratory package through the factor analysis of teacher evaluations." International Journal of Science Education **25**(12): 1471 - 1487.
- Lavonen, J., C. Angell, et al. (2007). "Social Interaction in Upper Secondary Physics Classrooms in Finland and Norway: A survey of students' expectations." Scandinavian Journal of Educational Research **51**(1): 81-101.
- Morgan, D. L. (1998). Planning Focus Groups. Thousand Oaks, Sage Publications.
- NDET. (2006). "Læreplan i fysikk - programfag i studiespesialiserende utdanningsprogram." Retrieved January, 2008, from <http://www.utdanningsdirektoratet.no>.
- Newton, L. R. (2000). "Data-logging in practical science: research and reality." International Journal of Science Education **22**(12): 1247 - 1259.
- Olsen, R. V. (2006). "Framtida til programfaget fysikk." Retrieved January, 2008, from http://fysikk.hfk.vgs.no/Til_Kunnskapsdepartementet.pdf.
- Robson, C. (2002). Real World Research. Oxford, Blackwell Publishing.
- Royuk, B. and D. W. Brooks (2003). "Cookbook Procedures in MBL Physics Exercises." Journal of Science Education and Technology **12**(3): 317 - 324.
- Russell, D. W., K. B. Lucas, et al. (1999). Microprocessor Based Laboratory Activities as Catalysts for Student Construction of Understanding in Physics. Annual Meeting of the Australian Association for Research in Education and the New Zealand Association for Research in Education. Melbourne, Australia.
- Russell, D. W., K. B. Lucas, et al. (2003). "The Role of the Microcomputer-Based Laboratory Display in Supporting the Construction of New Understandings in Kinematics." Research in Science Education **33**(2): 217 - 243.
- Russell, D. W., K. B. Lucas, et al. (2004). "Role of the microcomputer-based laboratory display in supporting the construction of new understandings in thermal physics." Journal of Research in Science Teaching **41**(2): 165-185.
- Séré, M.-G., M. Fernandez-Gonzalez, et al. (2001). "Images of Science Linked to Labwork: A survey of Secondary School and University Students." Research in Science Education **31**(4): 499 - 523.
- Sharma, S. V. and K. C. Sharma (2007). "Concepts of Force and Frictional Force: The Influence of Preconceptions on Learning across Different Levels." Physics Education **42**(5): 516 - 521.

Sjøberg, S. (2004). Naturfag som allmenndannelse, en kritisk fagdidaktikk. Oslo, Gyldendal Norsk Forlag AS.

Svec, M. (1999). "Improving Graphing Interpretation Skills and Understanding of Motion Using Microcomputer Based Laboratories." Electronic Journal of Science Education **3**(4).

Tan, K. C. D., J. G. Hedberg, et al. (2006). "Datalogging in Singapore schools: supporting effective implementations." Research in Science & Technological Education **24**(1): 111 - 127.

Appendiks A - Invitasjon til deltakelse i spørreundersøkelsen

E-post som ble sendt ut til medlemmene i Norsk Fysikklærerforeningen.

Kjære fysikklærer!

Jeg er masterstudent ved fysisk institutt, skolelaboratoriet, Universitetet i Oslo. Her holder jeg på med en masteroppgave som går på bruk av dataloggere i fysikkundervisningen. I den forbindelse gjennomfører jeg en spørreundersøkelse blant fysikklærere i videregående skole. Det vil si at *jeg er interessert i deg som underviser i 2FY og/eller 3FY i år eller pleier å gjøre det*. Undersøkelsen handler om forsøk i fysikk og tar ca 10 minutter å fylle ut.

Jeg setter stor pris på om du tar deg tid til å fylle ut spørreskjemaet! Det er bare å klikke på linken under. Jeg ber om at du fyller ut spørreskjemaet innen 7. april.

Spørreundersøkelsen finner du her:

<https://wo.uio.no/as/WebObjects/nettskjema.woa/wa/svar?id=20082>

Resultatene vil bli offentliggjort på skolelaboratoriets hjemmeside.

På forhånd takk!

Med vennlig hilsen:

Tore Andreas Danielsen
Fysisk institutt, skolelaboratoriet, Universitetet i Oslo
<http://www.fys.uio.no/skolelab/>

Appendiks B – Purring til respondentene

E-post som ble sendt ut til fysikklærerne for å få flere svar på spørreundersøkelsen.

Kjære fysikklærer!

For en stund siden mottok du en invitasjon til å delta i min spørreundersøkelse om fysikkforsøk i videregående skole. Dersom du allerede har svart på spørreundersøkelsen, eller ikke underviser i 2FY og/eller 3FY, kan du bare se bort fra denne påminnelsen. Det tar bare ca 10 min å svare. Det er bare å klikke på linken under, så kommer du rett til spørreundersøkelsen.

Spørreundersøkelsen finner du her:

<https://wo.uio.no/as/WebObjects/nettskjema.woa/wa/svar?id=20082>

Takk for hjelpen!

Med vennlig hilsen:

Tore Andreas Danielsen
Fysisk institutt, Skolelaboratoriet, Universitetet i Oslo
<http://www.fys.uio.no/skolelab/>

Appendiks C – Spørreskjemaet

Spørreskjemaet som ble utarbeidet til spørreundersøkelsen. Spørreskjemaets utseende avviker noe fra spørreskjemaet lærerne besvarte i ”Nettskjema”.

DATALOGGING I FYSIKKUNDERVISNINGEN:

BAKGRUNN

Et par spørsmål om deg og din undervisningssituasjon

1.1 Er du mann eller kvinne?

Mann Kvinne

1.2 Hvor gammel er du?

Svar ved kun å skrive ett tall (eksempelvis ’56’).

1.3 Hvor mange år har du undervist i videregående skole?

Svar ved kun å skrive ett tall (eksempelvis ’13’).

ANTALL ELEVØVELSER OG LÆRERDEMONSTRASJONER

I disse spørsmålene menes det antallet for hver gruppe/klasse.

2.1 Hvor mange elevøvelser anslår du at du gjennomfører i løpet av et år i en 2FY-klasse?

0-4 5-8 9-12 Flere enn 12

2.2 Hvor mange elevøvelser anslår du at du gjennomfører i løpet av et år i en 3FY-klasse?

0-4 5-8 9-12 Flere enn 12

2.3 Hvor mange lærerdemonstrasjoner anslår du at du gjennomfører i løpet av et år i en 2FY-klasse?

0-4 5-8 9-12 Flere enn 12

2.4 Hvor mange lærerdemonstrasjoner anslår du at du gjennomfører i løpet av et år i en 3FY-klasse?

0-4 5-8 9-12 Flere enn 12

DATALOGGERE I ELEVØVELSER OG LÆRERDEMONSTRASJONER

I disse spørsmålene menes det antallet for hver gruppe/klasse.

3.1 I hvor mange elevøvelser i året anslår du at du bruker dataloggere i en 2FY- klasse?

- 0 1-3 4-6 7-9 Flere enn 9

3.2 I hvor mange elevøvelser i året anslår du at du bruker dataloggere i en 3FY- klasse?

- 0 1-3 4-6 7-9 Flere enn 9

3.3 I hvor mange lærerdemonstrasjoner i året anslår du at du bruker dataloggere i en 2FY- klasse?

- 0 1-3 4-6 7-9 Flere enn 9

3.4 I hvor mange lærerdemonstrasjoner i året anslår du at du bruker dataloggere i en 3FY- klasse?

- 0 1-3 4-6 7-9 Flere enn 9

FOR DEG SOM BRUKER DATALOGGERE SJELDEN ELLER ALDRI:

4.1 Dersom du på de to forrige spørsmålene markerte et av de to laveste alternativene; hvorfor bruker du ikke dataloggere oftere?

Marker alle alternativene som passer.

- Skolen har ikke råd til å kjøpe inn utstyr.
- Det er vanskelig å finne passende forsøk.
- Jeg kan ikke bruke dataloggeutstyret ordentlig.
- Det er mye arbeid å tilrettelegge forsøk med datalogging.
- Det oppstår for mange tekniske problemer.
- Det er for vanskelig for elevene å bruke dataloggeutstyret.
- Jeg kan ikke se noen fordeler med å bruke dataloggeutstyret.
- Annet

4.2 Dersom du svarte "Annet" på spørsmål 4.1 kan du utdype her hvorfor du ikke bruker dataloggere oftere i undervisningen:

UTSTYR

I det følgende kommer noen spørsmål angående elektronisk utstyr på skolen du underviser ved.

5.1 Hva slags dataloggeutstyr finnes på skolen du underviser ved?

Marker alle alternativene som passer.

- MultilogPro
- PASCO ScienceWorkshop 500/750
- PASport Xplorer GLX
- PASport Xplorer
- Økologg XL
- ROBOLAB
- Kalkulatorbaserte loggere
- Annet

5.2 Dersom du svarte "Annet" på spørsmål 5.1 kan du skrive her hva slags dataloggere som finnes på skolen du underviser ved:

5.3 Hvor mange dataloggere finnes på skolen du underviser ved?

Svar ved kun å skrive ett tall (eksempelvis '12').

5.4 Hvor mange datamaskiner er det i rommet som vanligvis brukes til fysikkundervisning?

Svar ved kun å skrive ett tall (eksempelvis '2').

5.5 Hvor mange elever er det vanligvis per gruppe når elevene selv bruker dataloggere?

- 1-2 3-4 5-6 Flere enn 6 Har ikke dataloggere

OPPLEGG TIL DATALOGGEFORSØK

Her inngår både elevøvelser og lærerdemonstrasjoner i ”forsøk”.

6.1 Hvor får du oppleggene til dataloggeforsøk fra?

Marker alle alternativene som passer. Ikke besvar spørsmålet dersom du ikke benytter dataloggere i undervisningen.

- Lager dem selv
- Fra andre lærere
- www.naturfag.no
- www.lokus.no (Ergo)
- www.rstnett.cappelen.no (Rom, Stoff, Tid)
- Fra læremiddelfirmaene
- Fra lærerveiledninger til læreverkene
- Annet

6.2 Dersom du svarte ”Annet” på spørsmål 6.1 kan du skrive her hvor du får oppleggene til dataloggeøvelsene dine fra:

MÅL MED BRUK AV DATALOGGERE

Her inngår både elevøvelser og lærerdemonstrasjoner i ”forsøk”.

Vurder hvor viktig hvert av målene under er for deg når du velger å bruke dataloggere i fysikkundervisningen. 1 = ikke viktig, 5 = svært viktig.

	1	2	3	4	5
7.1 Å tilfredsstille krav i læreplanen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.2 Å få gjort forsøk som ellers ikke lar seg gjennomføre	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.3 Å bedre elevenes datakunnskaper	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.4 Å gi elevene trening i instrumentering	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.5 Å få nøyaktige målinger i forsøkene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.6 Å demonstrere/illustrere lover og begreper	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.7 Å la elevene selv finne fram til en sammenheng (modellering)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.8 Dersom det er andre mål som er viktige for deg når du bestemmer deg for å benytte dataloggere i undervisningen kan du skrive dem her:					

NOEN UTSAGN OM DATALOGGERE

Hvor enig er du i følgende utsagn? ”Forsøk” inkluderer her både elevøvelser og lærerdemonstrasjoner. Svar kun på disse spørsmålene dersom du har tilgang til dataloggere.

8.1 Jeg har i hovedsak dårlige erfaringer med bruk av dataloggere i undervisningen.

Svært enig Enig Uenig Svært uenig

8.2 Jeg bruker dataloggere i så mange forsøk som mulig.

Svært enig Enig Uenig Svært uenig

8.3 Elevene lærer mye nyttig av dataloggeforsøk.

Svært enig Enig Uenig Svært uenig

8.4 Jeg er komfortabel med å gjennomføre dataloggeforsøk.

Svært enig Enig Uenig Svært uenig

8.5 Bruk av dataloggere gjør det mulig å gjennomføre forsøk som ikke ville vært mulige uten.

Svært enig Enig Uenig Svært uenig

8.6 Jeg forsøker å holde meg unna dataloggere i undervisningen.

Svært enig Enig Uenig Svært uenig

8.7 Dataloggere er viktige redskaper i fysikkundervisningen.

Svært enig Enig Uenig Svært uenig

8.8 Jeg har nok kunnskap om dataloggere til å bruke dem i undervisningen.

Svært enig Enig Uenig Svært uenig

8.9 Dataloggeforsøk krever stor innsats i forhold til læringsresultatet.

Svært enig Enig Uenig Svært uenig

8.10 Forsøk med dataloggere gir elevene bedre fysikkforståelse.

Svært enig Enig Uenig Svært uenig

ETTERUTDANNING

9.1 I hvilken grad ville du være interessert i etterutdanning i bruk av dataloggere dersom du fikk tilbud om det?

- Svært stor Stor Noen Liten Svært liten

FORDELER OG ULEMPER MED DATALOGGERE

10.1 Hva er den største fordelene med å bruke dataloggere i undervisningen slik du ser det?

10.2 Hva er den største ulempen med å bruke dataloggere i undervisningen slik du ser det?

GODE FORSØK MED DATALOGGERE

Her inngår både elevøvelser og lærerdemonstrasjoner i "forsøk".

11.1 Her vil jeg gjerne at du beskriver minst ett godt forsøk som du har gjort med dataloggere:

Appendiks D – Elevveiledning til dataloggerforsøket om friksjon

Elevveiledning til dataloggerforsøk om friksjon

Innledning:

I dette forsøket skal du lære mer om hvilefriksjon og glidefriksjon, og finne hvile- og glidefriksjonskoeffisienten for papir mot tre. Dette skal du gjøre ved hjelp av dataloggere.

Friksjonskrefter er kontaktkrefter, og hvor store disse kreftene er kommer an på hvordan flatene disse kreftene virker på ser ut på mikronivå. Normalkraften på flatene påvirker også størrelsen på friksjonskreftene.

Friksjonskrefter blir ofte presentert som krefter som ”motvirker bevegelse”, og man hører mest om friksjon der det er et problem som man gjerne vil ha redusert. For eksempel vil man ha minst mulig friksjon mellom skiene og snøen når man kjører slalåm eller mellom skøytene og isen når man går på skøyter. Men friksjon er ikke noe som bare er negativt og som må reduseres. Det er en forutsetning for det livet vi kjenner. Friksjon gjør det mulig å gå og å sitte i en stol, og uten friksjon hadde ikke spikrene holdt husene våre sammen. Når Michael Schumacher kjører Formel 1 vil han ha mest mulig friksjon mellom dekkene og asfalten, slik at han kan akselerere raskest mulig uten å spinne, og slik at han kan ha høyest mulig hastighet gjennom svingene uten å snurre. Det er den samme friksjonskraften som hindrer at hjulene sklir sidelengs i svingene som gjør det mulig for hjulene å rulle fremover.

Hvilefriksjon: Hvis en kloss ligger på bordet må du skyve/trekke med en viss kraft for at klossen skal begynne å bevege seg. Den kraften som man må overvinne for å sette klossen i bevegelse kalles hvilefriksjonskraften. Denne kraften er avhengig av de to kontaktflatene (i vårt tilfelle papir og tre) og av kreftene mellom disse.

Glidefriksjon: Hvis du sender en kloss bortover bordet vil den bremses opp og stoppe før eller siden. Det er på grunn av glidefriksjonen mellom papiret og bordet. Glidefriksjonen er også avhengig av kontaktflatene og av kreftene mellom disse. Glidefriksjonen er imidlertid ikke lik hvilefriksjonen! I dette forsøket skal vi anta at glidefriksjonen er uavhengig av hastigheten, selv om dette er en liten forenkling.

For både hvilefriksjon og glidefriksjon gjelder:

$$F = \mu N$$

F = friksjonskraften

μ = friksjonskoeffisienten

N = normalkraften

I dette forsøket skal du:

- Få erfaring med hvilefriksjon og glidefriksjon
- Få øvelse i å bruke dataloggere
- Få øvelse i å tolke grafer
- Få øvelse i å resonnerer ut fra data
- Få øvelse i å minimere usikkerhet i forsøket
- Få øvelse i å finne kilder til usikkerhet

Les gjennom instruksjonen før du begynner på forsøket.

Dette utstyret trenger du:

Del 1 og 2:

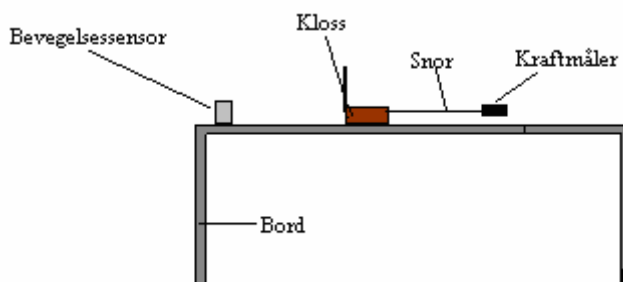
- Pc og datalogger
- Kraftsensor
- Bevegelsessensor
- Hyssing
- Trekloss (for eksempel en bit av en 2''*4'')
- Papirark
- 2 lodd på for eksempel 0,5 og 1 kg

Kun del 2:

- En trinse
- En flaske (for eksempel 1,5 liters brusflaske)
- En spruteflaske eller liknende

Gjennomføring av forsøket:

Del 1:



Figur 1: Forsøksoppsett i del 1

1. Start opp PC-en og koble til dataloggeren
2. Start DataStudio (DS), og trykk på "sett opp et nytt eksperiment" i menyen som kommer opp.
3. Koble til bevegelsessensoren og kraftsensoren.
4. Nå kommer det opp et vindu med "graf 1". Fjern dette vinduet.

5. Trykk på "zero"- knappen på kraftmåleren for å nullstille den (pass på at det ikke er noen belastning på sensoren når du nullstiller måleren) og sett bevegelsessensoren på "short range" (bilde av vogn, ikke av mann) for å måle små avstander.
6. Klikk på "Oppsett" – menyen, og klikk på ikonet til kraftmåleren dersom det ikke er markert (svart firkant rundt) fra før. Velg "Trekk gir positiv verdi" og "Målefrekvens" 1000 Hz. Klikk så på ikonet til bevegelsessensoren. Velg kun "Posisjon" under "målinger", og sett "Målefrekvens" til 50 Hz.
7. Dra ikonet for kraftmåleren ned der det står "graf" og slipp. Da får du opp en graf for kraftmålingene. Dra ikonet for bevegelsessensoren bort på denne grafen og slipp, så får du opp en graf for hastighetsmålingene også i samme vindu.
8. Fest ett papirark under og ett "bak" klossen, og sett opp utstyret som på figur 1. Pass på at bevegelsessensoren står minst 20 cm fra klossen.
9. Vei treklossen (med papir) og de tre loddene på en nøyaktig vekt.
10. Sett det minste loddet på klossen.
11. Trykk på "Start" – knappen i DS for å starte målingene.
12. Ta tak i fingerhullene i kraftsensoren og dra forsiktig til snoren er stram. Det er viktig at du holder kraftsensoren i samme høyde som hyssingen er festet på klossen, slik at hyssingen er vannrett. Hvorfor er dette viktig?
13. Øk trekraften rolig til klossen begynner å gli, og forsøk å holde klossen i jevn hastighet etter at den har kommet i bevegelse.
14. Trykk "Stop" i DS når klossen har vært i bevegelse med jevn hastighet i 3-5 sekunder.
15. Du kan bruke de forskjellige verktøyene som er vist over grafene til å endre på grafene og zoome inn på de områdene av grafene du er interessert i.
16. Gjenta prosedyren to ganger til, slik at du har 3 målinger. De forskjellige målingene representeres ved ulik farge i grafene. Hvis en måling ikke er vellykket, kan du slette den ved å trykke på den aktuelle målingen i menyen og trykke "Del" – knappen på tastaturet.
17. Beskriv grafene. Forklar hvordan de ulike delene av grafene passer inn i hendelsesforløpet i forsøket. Hva kan du si om forholdet mellom hvilefriksjon og glidefriksjon ut fra grafen? Begrunn svarene.
18. Mål hvilefriksjonskraften i hver av grafene og legg inn målingene i tabell 1.

Tabell 1:

Masse kloss med lodd	Tyngdekraft som virker på klossen	Kraft-måling 1	Kraft-måling 2	Kraft-måling 3	Gjennomsnittlig hvilefriksjonskraft F_{hv}	Hvilefriksjonskoeffisient μ_{hv}

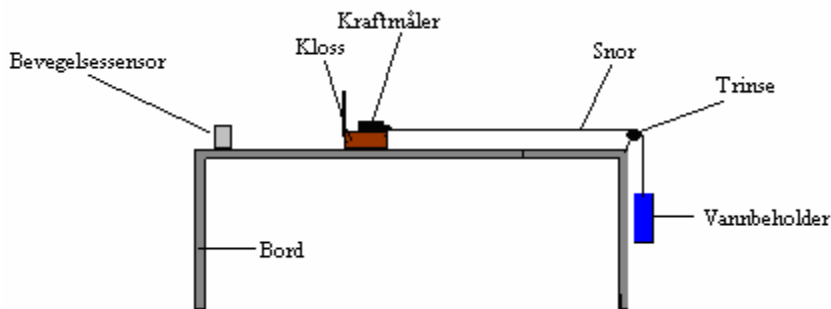
19. Hvordan kan du bruke hastighetsmålingene til å bekrefte at det er hvilefriksjonskraften du har lest av?
20. Marker det området av kraftgrafene der du har trukket klossen med jevn hastighet. Trykk på summetegnet i verktøylinjen og velg "middelverdi". Da får du opp middelverdien til kraftmålingene i området du har markert. Føyr inn disse gjennomsnittsverdiene i tabell 2.

Tabell 2:

Masse kloss med lodd	Tyngdekraft som virker på klossen	Kraftmåling 1	Kraftmåling 2	Kraftmåling 3	Gjennomsnittlig glidefriksjonskraft F_{gl}	glidefriksjonskoeffisient μ_{gl}

21. Slett grafene du har nå.
22. Gjenta hele måleprosedyren med det andre loddet, og med begge loddene, og før inn resten av målingene i tabellene.
23. Hva kan du si om hvile- og glidefriksjonskoeffisientene?
24. Hvilke usikkerheter tror du kan påvirke friksjonskoeffisientene du har fått? I hvilken retning vil hver usikkerhet påvirke målingene (gir den for stor eller for liten friksjonskoeffisient)?

Del 2:



Figur 2: Forsøksoppsett i del 2

1. Finn frem utstyret som står listet opp over, og koble det sammen som på figur 2.
2. Kraftmåleren festes på vognen med kroken mot trinsen.
3. Fest snoren i kroken på kraftmåleren, og fest trinsen slik at snoren er mest mulig horisontal hele veien fra klossen/kraftmåleren til trinsen. Sett avstandsmåleren minst 20 cm fra klossen.
4. Når du har satt opp utstyret åpner du en ny aktivitet i DS og gjør de samme innstillingene som i del 1, med unntak av at du setter bevegelsessensoren til å måle "Fart" isteden for "Posisjon".
5. Først kan det være greit å tilpasse vannmengden i flasken. Sett systemet i utgangsposisjon og fyll på med vann til klossen begynner å gli.
6. Hell ut litt av vannet, og sett systemet opp igjen. Nå er det lite vann som skal fylles på flasken før systemet begynner å bevege seg.
7. Trykk på "Start" i DS og fyll forsiktig vann på flasken ved hjelp av spruteflaske eller dråpeteller.
8. Fortsett å fylle jevnt og forsiktig til systemet begynner å bevege seg.
9. Når bevegelsen er avsluttet trykker du på "Stopp" i DS, og avslutter dermed målingene.
10. Beskriv grafene. Hva representerer de ulike delene av de to grafene? Begrunn svaret.
11. Bruk grafene til å finne kraften som må til for å overvinne hvilefriksjonen.

12. Regn ut akselerasjonen til klossen i det tidsrommet der systemet er i fri bevegelse.
13. Finn hvile- og glidefriksjonskoeffisientene.
14. Vei vannflasken med innhold. Hvordan stemmer tyngdekraften som virker på vannflasken med hvilefriksjonskraften du målte på klossen?

Appendiks E – Lærerveiledning til dataloggerforsøk om friksjon

Lærerveiledning til dataloggerforsøk om friksjon

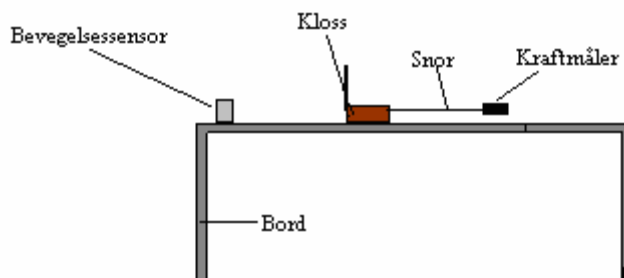
Hensikt

Hensikten med dette forsøket er å la elevene få erfaring med friksjon, og å gi dem en utvidet forståelse av Newtons lover. Gjennom forsøket skal elevene finne hvile- og glidefriksjonskoeffisientene for papir mot tre på to forskjellige måter. Det er et mål at elevene skal lære om friksjon både kvalitativt og kvantitativt, og at de skal lære å bruke elektroniske hjelpemidler. Elevene skal også tolke grafer og bruke Newtons lover med en kompliserende faktor (friksjonen). Elevene skal vurdere hvilke usikkerheter som påvirker målingene, og på hvilken måte disse påvirker resultatene deres. Forsøket er også trening i laboratoriearbeid generelt.

I elevveiledningen står det at elevene skal:

- Få erfaring med hvilefriksjon og glidefriksjon
- Få øvelse i å bruke dataloggere
- Få øvelse i å tolke grafer
- Få øvelse i å resonnerer ut fra data
- Få øvelse i å minimere usikkerhet i forsøket
- Få øvelse i å finne kilder til usikkerhet

Del 1

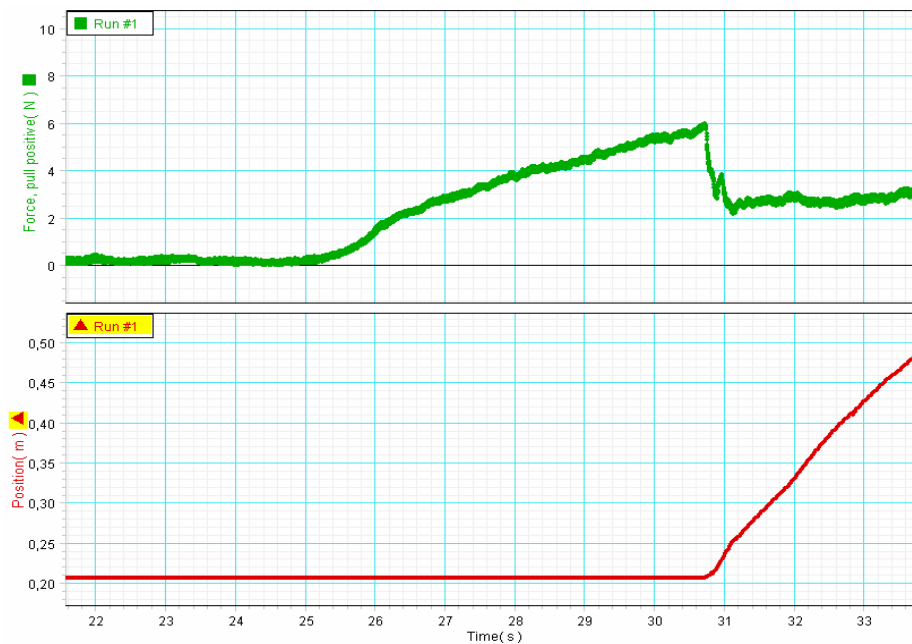


Figur 1: Forsøksoppsett i del 1

I denne delen skal elevene finne hvile- og glidefriksjonskoeffisientene til papir mot tre. Dette skal de gjøre ved å sakte øke trekraften på en kloss med papir under (se bilde 1) til denne begynner å gli, og deretter holde klossen i jevn hastighet noen sekunder. Mens de gjennomfører forsøket skal elevene måle trekraften og posisjonen til klossen med en datalogger.

I og med at hvilefriksjonen er større enn glidefriksjonen, og at elevene får instruksjon om å trekke med jevn hastighet, ikke jevn kraft, etter at klossen har begynt å gli, vil den største kraften elevene måler være hvilefriksjonskraften. Elevene finner dermed hvilefriksjonen, og ved hjelp av denne også hvilefriksjonskoeffisienten.

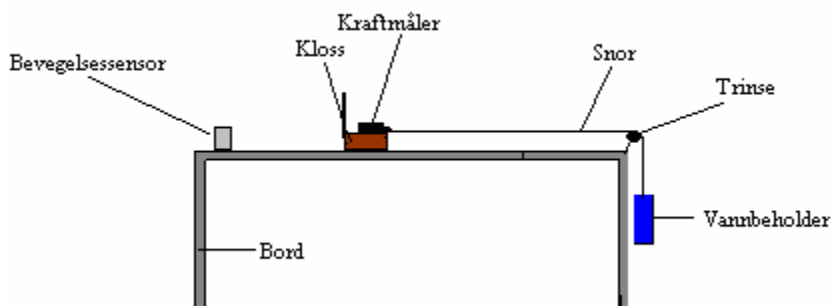
I den delen av kraftgrafene der elevene trekker med jevn hastighet finner de gjennomsnittlig trekkraft på grafen (bruker "middelverdi" – verktøyet i DataStudio). Ved hjelp av den gjennomsnittlige trekkraften finner elevene glidefriksjonskoeffisienten.



Graf 1. Trekkraft på klossen som funksjon av tiden øverst og posisjonen til klossen som funksjon av tiden nederst. Vi ser at trekkraften er størst (maksimal hvilefriksjon) akkurat idet klossen begynner å gli.

Vi ber elevene om å gjøre tre målinger for hvert lodd, til sammen ni målinger. Tre målinger for hvert lodd for å få en mer nøyaktig beregning. Årsaken til at vi velger å gjøre de samme målingene for tre forskjellige masser av klossen (tre forskjellige lodd på klossen) er at elevene skal se at friksjonskoeffisienten er uavhengig av massen til klossen (i alle fall innenfor målenøyaktigheten vår, og for de massene vi opererer med).

Del 2

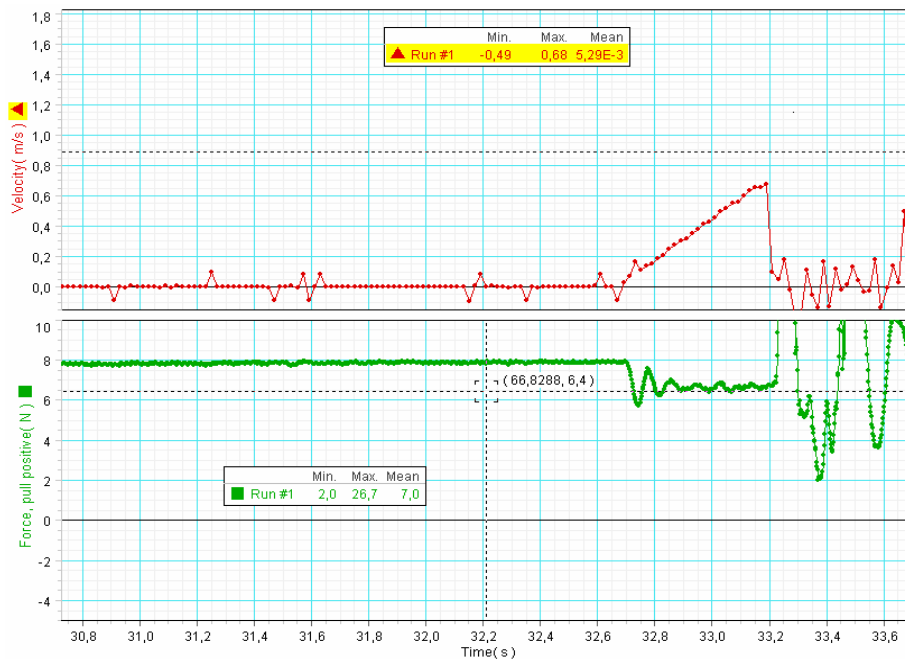


Figur 2: Forsøksoppsett i del 2

I dette forsøket skal elevene finne både hvile- og glidefriksjonskoeffisientene på en litt annen måte enn i del 1. Denne gangen skal ikke elevene dra i kraftmåleren selv, men de skal bruke tyngdekraften til en flaske med vann (se figur 2). Gjennom å finne akselerasjonen til klossen fra hastighetsgrafene, og bruke den målte kraften idet klossen begynner å gli som trekkraften, skal elevene vha Newtons andre lov finne glidefriksjonen som virker på klossen.

I og med at dette oppsettet er litt mer komplisert, og at denne delen nok tar noe lenger tid å gjennomføre, er det greit å bare ta målinger for ett av loddene. Elevene har på dette tidspunktet forhåpentligvis kommet frem til at friksjonskoeffisientene er konstante, så vi har ikke så stort behov for målinger for forskjellige masser.

Vi ser bort fra all friksjon i trinsen i dette forsøket, og går ut fra at klossen glir rett frem, uten å dreies.



Graf 2: Hastighet som funksjon av tiden øverst og trekkraft (snorkraft) som funksjon av tiden nederst. Legg merke til at akselerasjonen er (tilnærmet) konstant den tiden systemet er i bevegelse.

Det er viktig at spruteflaska (eller annen passende anordning) kan fylle flasken sakte, og at påfyllingen slutter så fort klossen begynner å gli. Pass også på at flasken henger fritt. Det er også svært viktig at klossen *ikke* stilles slik at snorkraften først fører til en dreining av klossen.

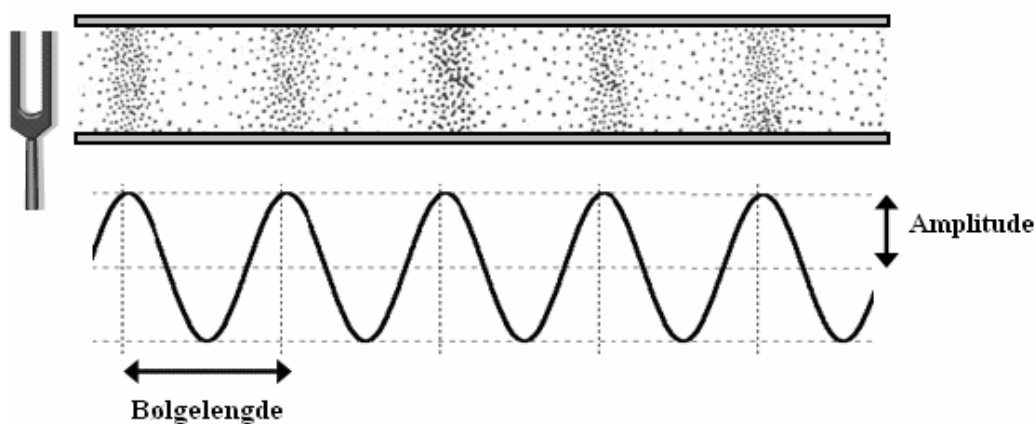
Appendiks F – Teorihefte om digitalisering av lyd

Dette teoriheftet måtte jeg skrive for å ha noe skriftlig ”lærebokteori” å dele ut til elevene.

Digitalisering av lyd – teori

Hva er lydbølger?

Under er det en illustrasjon av hva lydbølger egentlig er, nemlig fortetninger og fortynninger som forplanter seg i et stoff (for eksempel luft). Prikkene på figurene representerer luftmolekyler i et rør, og vi ser at tettheten av molekylene varierer med posisjonen. I grafen under er tettheten på et gitt tidspunkt tegnet som en funksjon av posisjon i røret. Vi ser at tettheten har topper der lufttrykket er høyt og bunner der lufttrykket er lavt. Lydbølgene er longitudinale bølger, det vil si at luftmolekylene svinger fram og tilbake i fartsretningen til bølgene.



Figur 1: En lydbølge som forplanter seg i et rør.

Lydbølgen på figuren over er en ren sinusbølge. Det betyr at denne bølgen representerer en ”ren” tone, som vi for eksempel kan få fra en stemmegaffel. Dette er et spesialtilfelle. Lydbølgene vi lager når vi for eksempel snakker er mye mer komplekse, og likner lite på den pene sinusfunksjonen over. *Alle* lydbølger kan imidlertid skrives som en sum av sinusbølger med forskjellig frekvens.

Når vi hører en lyd er det trommehinnene våre som oppfatter fortetninger og fortynninger i luften. Trommehinnene våre er små membraner som svinger i takt med lydbølgene. Disse svingningene blir omgjort til elektriske impulser som hjernen tolker som lyd. Dette er altså akkurat det motsatte av det som skjer i en høyttaler, der elektriske signaler gjør at høyttalermembranen settes i bevegelse for å lage lyd.

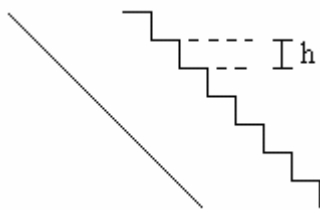
Det er frekvensen til lydsignalet som bestemmer tonehøyden vi hører. Frekvensen måles i antall svingninger per sekund. Enheten for frekvens er hertz, Hz. $1 \text{ Hz} = 1$ svingning per sekund. Mennesker kan ideelt høre lydbølger med frekvenser i området fra ca 20 – 20 000 Hz, men i praksis hører vi sjelden lyder utenfor området 40 – 15 000 Hz.. Jo eldre man blir, desto lavere blir den øvre grensen. Mørke/dype toner har lav frekvens, og lyse/høye toner har høy frekvens. Tenk på hvordan lyden endrer seg når du strammer en gitarstreng: en stram streng vibrerer raskere, og gir derfor lysere tone enn en slakk streng.

Hvor ”kraftig” lyden er henger sammen med amplituden til lydbølgene, altså hvor kraftige tetthetsvariasjonene i luften er (se figur 1).

Hva betyr det at noe er digitalt?

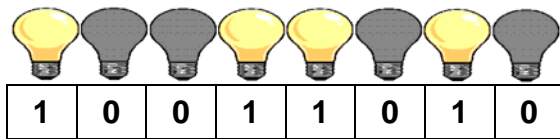
Ordet ”digital” møter man ofte. Men hva betyr det egentlig at noe er digitalt? Jo, et digitalt system er et system som bare bruker diskrete verdier. I dette ligger det at data i et digitalt system bare kan ha et bestemt antall mulige verdier. I et analogt system har man et uendelig antall mulige verdier.

Figur 2 viser en trapp som ligger i en bakke. Da kan vi se på bakken som et analogt system med kontinuerlige verdier, og trappa som et digitalt system med diskrete verdier. I bakken ved siden av trappa kan du velge i et kontinuerlig spektrum av høyder fra bunnen til toppen av bakken (uendelig mange forskjellige høyder), for eksempel $2,534 \cdot h$. I trappa må du imidlertid være i ett av trappetrinnene, så du kan bare befinne deg i en av høydene $0, h, 2h, \dots, 7h$. Ingen andre høyder er mulige. Vi har altså et diskret utvalg av 8 høyder i trappa.



Figur 2: Diskret og kontinuerlig spektrum.

Datamaskiner, mobiltelefoner og Mp3 – spillere er gode eksempler på digitale systemer. I et moderne digitalt system er all informasjon lagret som en serie ett-tall og nuller.



Figur 3: Totallsystemet. Hver bit (lyspære eller rute) kan bare ha to verdier (hhv av/på og 0/1).

Den minste enheten av informasjon (den minste lagringsplassen) i et digitalt system kalles en ”bit”. Hver bit kan kun ha to forskjellige verdier – en eller null. Vi kan tenke på hver bit som en lyspære som enten er på eller av (figur 3). Et tallsystem hvor hvert element kan ha to forskjellige verdier kalles 2-tallsystemet. I tallsystemet vi bruker til vanlig kan hvert element (siffer) ha 10 forskjellige verdier, 0 – 9, og dette tallsystemet kalles 10-tallsystemet.

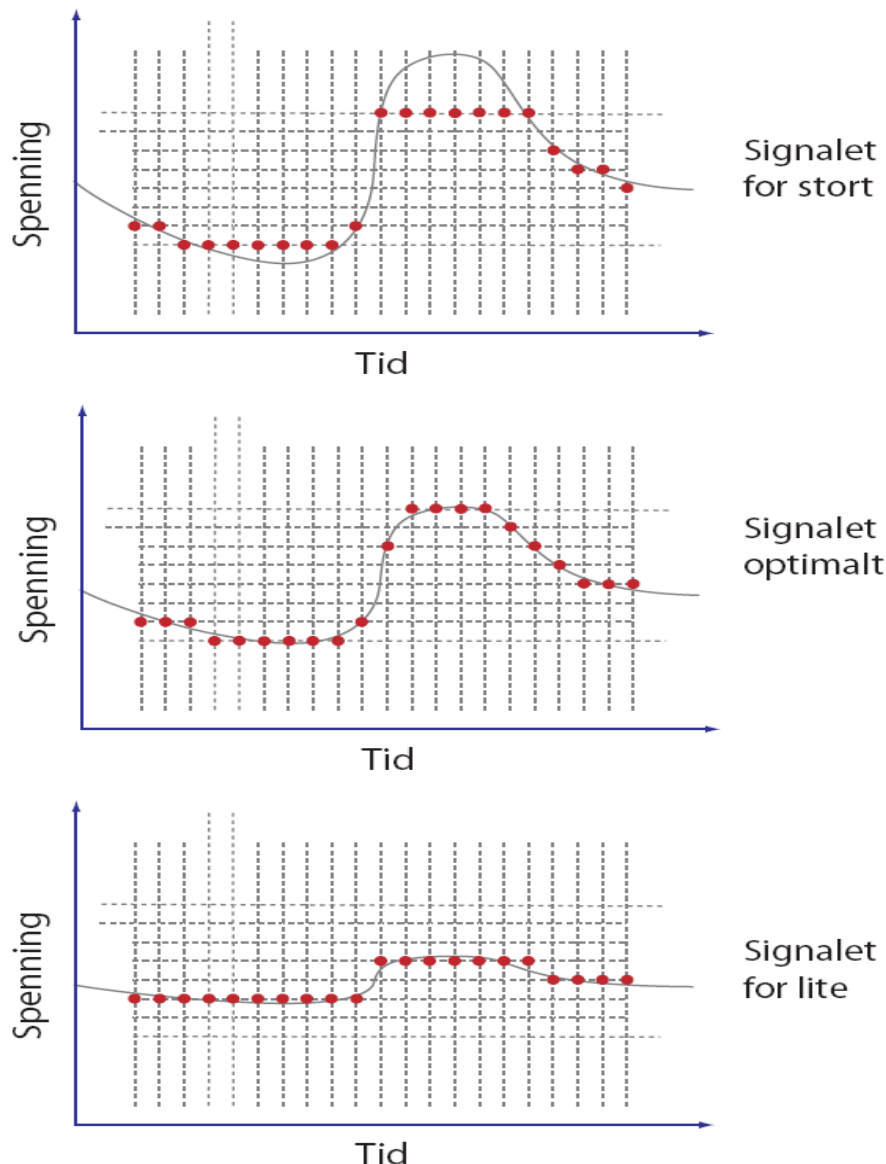
Siden hver bit kan ha 2 forskjellige verdier kan N bit representere 2^N forskjellige verdier. Sett at de 8 bitene (lyspærene) på figur 3 er lagringsplassen som brukes i et digitalt termometer. Da kan termometeret skille mellom $2^8 = 256$ forskjellige temperaturer. Hvis temperaturen oppgis i nærmeste halve grad kan termometeret dekke et område på $256/2 = 128$ °C.

Vi kan si at å digitalisere noe betyr å måle verdien av det til det nærmeste av de nivåene man har til rådighet (256 i eksempelet over). I moderne elektronikk lagres så denne målingen i totallsystemet, som enere og nuller.

Hvordan lyd registreres digitalt – oppløsning, samplefrekvens og dynamisk område

Når lydsensoren på dataloggeren skal ta opp et lydsignal, måler (sampler) den lufttrykket på lydsensorens plass (utsvinget til lydsignalet) et gitt antall ganger i sekundet. Antall ganger lufttrykket måles i sekundet kaller vi samplefrekvensen, f_s . Dersom samplefrekvensen er 500 Hz, betyr det at lydsensoren tar 500 målinger per sekund. Hvordan lufttrykket er mellom to målinger vet vi imidlertid ingenting om.

For å få lydopptak som ligger nærmest mulig det lydsignalet vi tar opp, trenger vi høy samplefrekvens – vi vil ha minst mulig tidsrom mellom målingene.



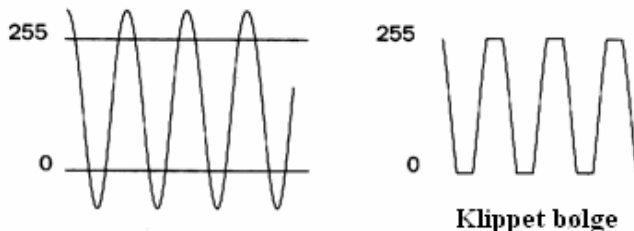
Figur 4 (gjengitt med tillatelse av Arnt Inge Vistnes): Et signal som er digitalisert med oppløsning på 3 bits ($2^3 = 8$ mulige måleverdier). Her ser vi hvor viktig det er at signalet vi skal digitalisere "passer" til det måleområdet vi har – at vi har et passende "dynamisk område". I den øverste figuren mister vi informasjon fordi måleområdet vårt (avstanden fra laveste til høyeste lovlige målenivå) er for lite. I den nederste figuren mister vi informasjon fordi måleområdet er altfor stort – vi bruker bare noen få av de mulige måleområdene. I den midterste figuren ser vi imidlertid at måleområdet er akkurat passelig. Når man skal digitalisere et lydsignal må man være svært oppmerksom på dette, så man får utnyttet de lovlige målenivåene optimalt!

En digital lydsensor kan bare skille mellom et visst antall forskjellige lufttrykk (se figur 4). Hvor mange ulike lufttrykk en lydsensor kan skille mellom, avhenger av hvor mange bits oppløsning den har. Høy oppløsning betyr kort avstand mellom to mulige måleverdier, og lav oppløsning betyr stor avstand mellom to mulige måleverdier. Dersom vi har en lydsensor med 8 bits oppløsning, kan denne skille mellom $2^8 = 256$ forskjellige lufttrykk. Når vi måler lufttrykket med denne lydsensoren kan vi derfor bare få en av 256 forskjellige verdier.

Om man skal bruke et digitalt termometer med 8 bits oppløsning vil man altså ha 256 forskjellige måleverdier til rådighet – man kan måle 256 forskjellige temperaturer. De forskjellige måleverdiene kan man utnytte på forskjellige måter, avhengig av hvilket "dynamisk område" vi velger. Til å måle temperaturen innendørs kan det være hensiktsmessig å velge dynamisk område fra 0 °C til 64 °C. "Avstanden" mellom to mulige måleverdier vil da være $64\text{ °C} : 256 = 0,25\text{ °C}$. Om termometeret skal brukes utendørs trenger man også å kunne måle kuldegrader. Da kan man velge dynamisk område fra -64 °C til 64 °C. Avstanden mellom to mulige måleverdier blir da $128\text{ °C} : 256 = 0,5\text{ °C}$. Nøyaktigheten til hver måling synker altså når det dynamiske området blir større. Som vi ser av figur 4 er det svært viktig at det dynamiske området til sensoren passer til det signalet som skal digitaliseres, slik at vi får med oss mest mulig informasjon i målingene vi gjør.

Klipping

Dersom deler av lydsignalet vi skal digitalisere ligger utenfor det dynamiske området vi har valgt, får vi et fenomen som kalles "klipping" (se figur). Den delen av signalet som ligger utenfor måleområdet blir "klippet" bort fordi vi ikke kan måle så store utsving.



Figur 5: Her skal det digitaliserte signalet kodes i 8 bits. Det dynamiske området er for lite, slik at toppene og bunnene i signalet faller utenfor de 256 (0 – 255) nivåene vi kan måle. Da sier vi at toppene og bunnene klippes bort.

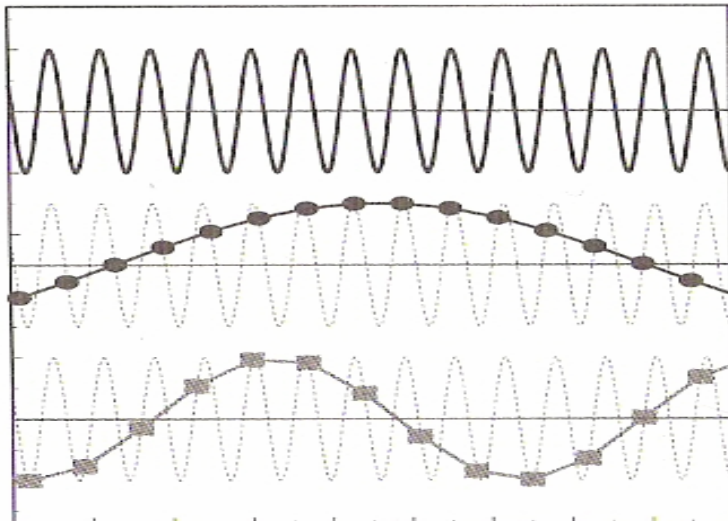
Aliasing

Hvor høye frekvenser vi kan måle med en sensor avhenger av hvor stor samplefrekvens vi bruker.

Når vi skal digitalisere et signal med frekvens f må vi velge en samplefrekvens, f_s , slik at:

$$f_s > 2f$$

Frekvensen må være så stor fordi vi trenger mer enn to målinger på hver bølgelengde for at digitaliseringen skal gi meningsfull informasjon om lydsignalet. Hvis samplefrekvensen er *litt* mindre enn dette, vil det digitaliserte signalet synes å ha en frekvens $f_s - f$. Dette kaller vi et "alias" av det opprinnelige lydsignalet (se figur 6 under).



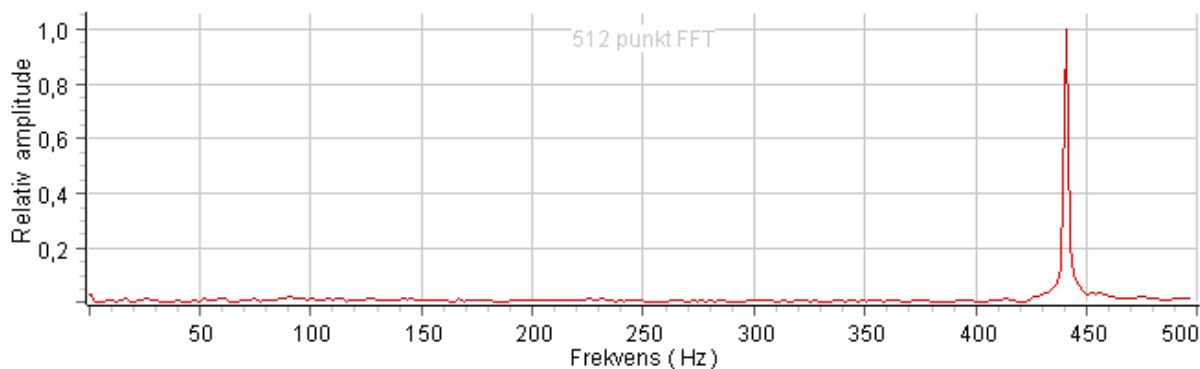
Figur 6: De to nederste grafene viser digitaliseringer av et signal (øverst) der samplefrekvensen er mindre enn dobbelt så stor som signalfrekvensen.

Den øverste kurven på figur 6 er det signalet vi skal digitalisere. På begge de to nederste figurene ser vi at samplefrekvensen er for lav, slik at målingene våre ser ut til å komme fra et signal med mye lavere frekvens enn det egentlige signalets frekvens – vi får et "alias".

Legg merke til at alle målepunktene selvfølgelig ligger på det opprinnelige signalet. Vi har selv gjettest hvordan signalet ser ut mellom målingene (vi vet jo ikke noe om hvordan signalet oppfører seg mellom de målingene vi har gjort). Dette har vi gjort ved å trekke rette linjer mellom målepunktene.

FFT

FFT (eng: Fast Fourier Transformation) er en matematisk operasjon som finner alle frekvenskomponentene i et signal. I DataStudio kan vi bruke denne operasjonen ved å velge funksjonen FFT. Da finner denne funksjonen alle frekvensene i lydsignalet vi har digitalisert, og plotter hvor sterkt hver frekvenskomponent er representert. Det betyr at jo sterkere en frekvens er til stede i lydsignalet – desto høyere blir toppen til denne frekvensen. Dersom lydsignalet vårt er en enkel sinusbølge, har det bare én frekvens – altså får vi bare én topp i FFT- vinduet. Hvis vi derimot har et signal med flere frekvenskomponenter, vil vi få flere topper i FFT- vinduet. Merk at x-aksen i FFT- vinduet går fra 0 til $f_s/2$.



Figur 7: Dette er grafen man får ut når man bruker FFT – funksjonen i DataStudio. Vi ser at det bare er en frekvens i lydsignalet som er tatt opp, og at denne frekvensen er ca 440 Hz. X-aksen går opp til 500 Hz fordi samplefrekvensen er 1 000 Hz – vi kan måle frekvenser opp til halvparten av samplefrekvensen (se ”Alias”).

Hvorfor har MP3- formatet blitt så populært?

MP3 har de siste årene blitt et svært populært lydformat. Årsaken til dette er at en sang i MP3 – format tar vesentlig mindre plass enn en tilsvarende sang i cd – kvalitet. På en cd er det 16 bits koding av lyden. Det betyr at det på en cd kan registreres $2^{16} = 65\,536$ ulike verdier (cd-er har en oppløsning på 65 536 bits). Når man spiller inn lyd på cd bruker man samplefrekvens på 44 100 Hz for at man skal få med alle frekvenser innenfor det området som er hørbart for mennesker (samplefrekvensen må som tidligere nevnt være minst dobbelt så stor som den høyeste frekvensen i lyden vi skal ta opp). I tillegg er det to kanaler – en til hver høyttaler - for å få stereolyd. Mengden digitale data som trengs for å lagre cd – kvalitet blir derfor:

Bitrate: $44\,100 \text{ målinger/sekund} * 16 \text{ bits/måling} * 2 \text{ kanaler} = 1\,411,2 \text{ kbit/s}$

I MP3 – format, derimot, er det mest vanlig med bitrate 32 - 320 kbit/s, avhengig av hvilken kvalitet man ønsker. 128 kbit/s er for eksempel den bitraten som vanligvis brukes til musikkfiler på internett. Det vil si at dersom man gjør om sanger man har på cd til MP3- filer med kvaliteten 128 kbit/s, så vil sangene bare trenge 1/11 av lagringsplassen de opptok på cden! Man kan altså få mange flere sanger inn på samme lagringsplass dersom man gjør om sangene til MP3- format.

Men noe går jo tapt når man forminsker en fil så mye. Når lydfiler formateres i MP3- format gjøres det imidlertid noen grep for at lydkvaliteten ikke skal minke så mye som reduksjonen i størrelse på lydfilen skulle tilsi. Her er noen eksempler på dette:

- Man fjerner frekvenser som ligger utenfor det hørbare området
- Når to eller flere lyder spilles av samtidig og en lyd er (mye) kraftigere enn de andre hører man bare den kraftigste. Derfor kan man droppe de andre.
- Dersom to lyder er svært like i frekvens (høres svært like ut) kan den ene sløyfes uten at det påvirker lyden dramatisk.
- Det er vanskelig å høre hvor en lyd kommer fra ved høye og lave frekvenser, og derfor kan man kode disse frekvensene i mono uten å tape særlig kvalitet.

Det man står igjen med etter at dette er gjort komprimeres deretter til den størrelsen man skal ha.

Appendiks G – Elevveiledning til dataloggerforsøk om digitalisering av lyd

Elevveiledning til dataloggerforsøk om digitalisering av lyd

I dette forsøket skal du lære om digitalisering av lyd. Du skal bruke en datalogger med en lydsensor til å digitalisere lyden fra en stemmegaffel, og se på ulike problemer og fenomener knyttet til digitalisering av lyd. Sentrale begreper du skal innom er samplefrekvens, oppløsning, dynamisk område, klipping og aliasing.

Du trenger:

- En Pasco datalogger med lydsensor
- En stemmegaffel med tonen a_1 , frekvens 440 Hz.

Gjør:

- Først kobler du sammen datalogger og pc.
- Deretter kobler du til lydsensoren og starter programmet DataStudio (DS).
- Velg "sett opp et eksperiment". Du får nå opp en liste over sensorer. Du skal velge "Lydsensor student".
- Du får nå opp et ikon for lydsensoren oppe til venstre i DS- vinduet. Klikk og dra dette ikonet ned til der det står "graf".
- Nå har du fått opp en graf som viser spenning (fra lydsensoren) som funksjon av tiden.
- Gå inn på "oppsett" (oppe til venstre i DS- vinduet). Sett målefrekvensen til 2 000 Hz, og velg følsomhet lav.
- Slå hammeren mot stemmegaffelen, og trykk på start rett etterpå. Trykk stopp etter 3-5 sekunder.
- Zoom inn på et område av grafen du nå har fått opp og se nærmere på den.

På grafen du får er hver måling markert med et punkt, og det er trukket rette linjer mellom disse punktene. Egentlig har dataloggeren bare målt lufttrykket på lydsensorens plass ved hvert av de tidspunktene målingene er gjennomført. Vi vet ikke noe om hvordan lufttrykket endrer seg mellom målingene, men programmet DataStudio "gjetter" at trykket øker eller minker lineært mellom hvert målepunkt.

Gjør:

- Ta en ny måling med samplefrekvens på 10 000 Hz. Zoom inn og se nærmere på denne grafen også

Spørsmål 1: Hva er forskjellen på de to grafene du har fått til nå? Hvorfor er det sånn?

Under avsnittet om hvordan lydsignaler digitaliseres i teoriheftet står det at samplefrekvensen må være minst dobbelt så stor som frekvensen til signalet som digitaliseres. Vi skal nå se hva som skjer dersom vi prøver å bruke lavere samplefrekvens enn dette.

Gjør:

- Klikk på den første måleserien (Kjør #1), og dra den ned på FFT- ikonet.
- Trykk på ikonet oppe til venstre i verktøylinjen i FFT- vinduet som nå kommer opp. Legg merke til at x-aksen går fra 0 til $f_s/2$
- Les av frekvensen til stemmegaffelen.

Spørsmål 2: Hvilken frekvens får du? Stemmer denne frekvensen med forventningene dine?

Gjør:

- Lukk FFT- vinduet, og slett de to første måleseriene (gjøres ved å markere dem og trykke "del" på tastaturet).
- Velg nå en samplefrekvens på 500 Hz, og gjør et nytt opptak.
- Finn frekvensen til det digitaliserte opptaket ved hjelp av FFT, som du gjorde over.

Spørsmål 3: Hva har "skjedd" med frekvensen? Hvorfor har dette skjedd? Kan du se direkte av grafen at noe må ha "gått galt"?

Utfordring: Klarer du, ut fra det som står i teoriheftet under "Aliasing", å forklare hvorfor du får akkurat denne frekvensen?

Gjør:

- Ta et nytt opptak av lyden fra stemmegaffelen med samplefrekvens 10 000 Hz, men denne gangen velger du høy følsomhet.
- Zoom inn på grafen.

Spørsmål 4: Hva ser du? Forklar hva som har skjedd!

Gjør:

- Ta opp noen sekunder med samplefrekvens på 20 000 Hz. Denne gangen synger du inn i lydsensoren istedenfor å bruke stemmegaffelen.
- Zoom inn på grafen.

Spørsmål 5: Forklar hva du ser, og hva som er forskjellen på dette signalet og signalet fra stemmegaffelen.

Gjør:

- Bruk FFT- funksjonen til å finne frekvensspekteret i opptaket.

Spørsmål 6: Hva ser du nå? Hva er forskjellen på sang og lyden fra en stemmegaffel?

Konklusjon: Hva er det viktig å passe på i forhold til samplefrekvens og oppløsning når vi skal digitalisere et lydsignal? Hva taler mot å bruke den kombinasjonen av oppløsning og samplefrekvens som gir "best" digital representasjon av lydsignalet?

Konkurranser til slutt:

- Hvem klarer å synge den mørkeste a- en (lavest frekvens)?
- Hvem klarer å synge den lyseste a- en (høyest frekvens)?
- Hvem har størst forskjell (i Hz) mellom den lyse og den mørke a- en?
- Hvem klarer å synge en a med frekvens nærmest 440 Hz?

Appendiks H – Lærerveiledning til dataloggerforsøket om digitalisering av lyd

Digitalisering av lyd – Lærerveiledning

Motivasjon for forsøket ut fra læreplanen:

Under ”Kompetansemål” i læreplanen, står følgende punkt under ”Fysikk og teknologi”, for fysikk 2:

”Mål for opplæringen er at elevene skal kunne... gjøre rede for sampling og digital behandling av lyd...”

I tillegg står det under ”Grunnleggende ferdigheter” at elevene skal kunne bruke digitale verktøy (utforske, måle, registrere, analysere, dokumentere...) og forstå innholdet i blant annet grafer. Elevene skal også kunne beskrive egne observasjoner og erfaringer fra eksperimenter, og kunne argumentere for egne vurderinger og presentere resultater.

Om forsøket:

Det er lagt opp til at forsøket skal begynne rolig, slik at elevene først kan gjøre seg kjent med dataloggerutstyret og DataStudio. Forsøket begynner derfor med bruk av en stemmegaffel fordi den gir et ”pent” lydsignal. Deretter er det forskjellige små øvelser som skal få elevene til å se hvilken rolle valg av samplefrekvens og oppløsning/følsomhet spiller i forhold til fenomener som klipping og aliasing. Elevene skal også se at lyden vi får fra vår egen stemme skiller seg mye fra den rene tonen fra stemmegaffelen. På slutten er det lagt inn en liten konkurranse man kan gjennomføre om man får tid. Det kan være lurt å skrive ut noen grafer underveis, som elevene kan bruke i rapportene sine.

Det går selvfølgelig fint å bruke andre stemmegaffer (eventuelt andre lydkilder) enn den som er foreslått, men da vil noen andre valg av samplefrekvens kunne være aktuelle enkelte steder i forsøket.

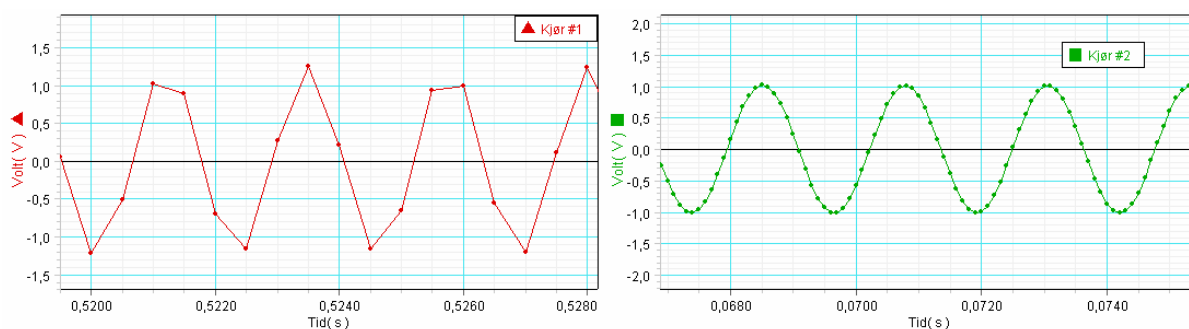
Du trenger:

- En Pasco datalogger med lydsensor.
- En stemmegaffel med tonen a_1 , frekvens 440 Hz.

Gjør:

- Først kobler du sammen datalogger og pc.
- Deretter kobler du til lydsensoren og starter programmet DataStudio (DS).
- Velg ”sett opp et eksperiment”. Du får nå opp en liste over sensorer. Du skal velge ”Lydsensor student”.
- Du får nå opp et ikon for lydsensoren oppe til venstre i DS- vinduet. Klikk og dra dette ikonet ned til der det står ”graf”.
- Nå har du fått opp en graf som viser spenning (fra lydsensoren) som funksjon av tiden.

- Gå inn på "oppsett" (oppe til venstre i DS- vinduet). Sett målefrekvensen til 2000 Hz, og velg følsomhet lav (dvs. lav oppløsning).
- Slå på stemmegaffelen, og trykk på start rett etterpå. Trykk stopp etter 3-5 sekunder.
- Zoom inn på et område av grafen du nå har fått opp og se nærmere på den.



Figur 1: Samme lydsignal digitalisert med samplefrekvens 2 000 Hz og 10 000 Hz.

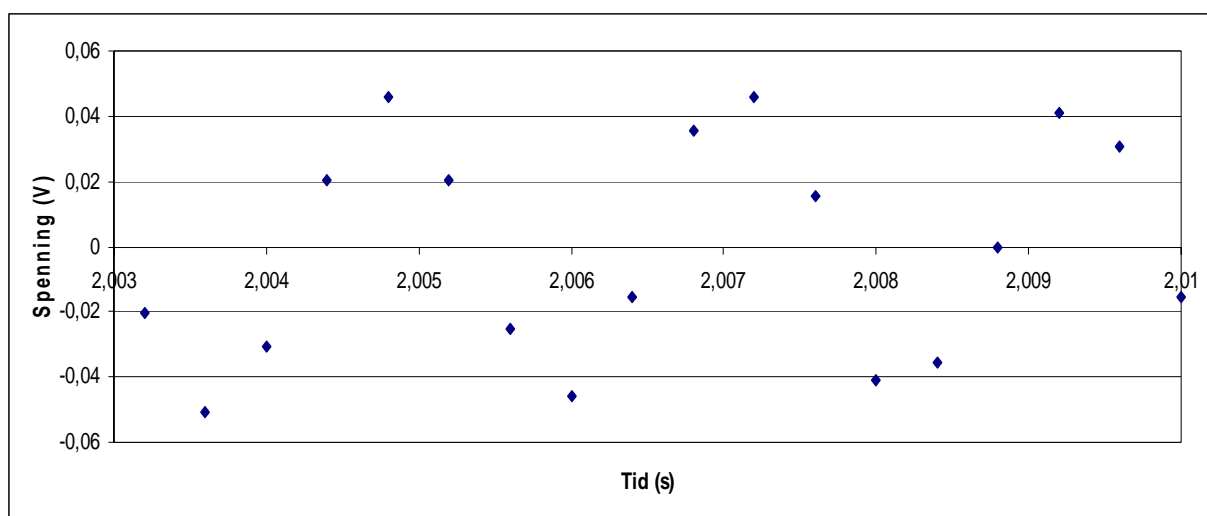
Gjør:

- Ta en ny måling med samplefrekvens på 10 000 Hz. Zoom inn og se nærmere på denne grafen også

Spørsmål 1: Hva er forskjellen på de to grafene du har fått til nå? Hvorfor er det sånn?

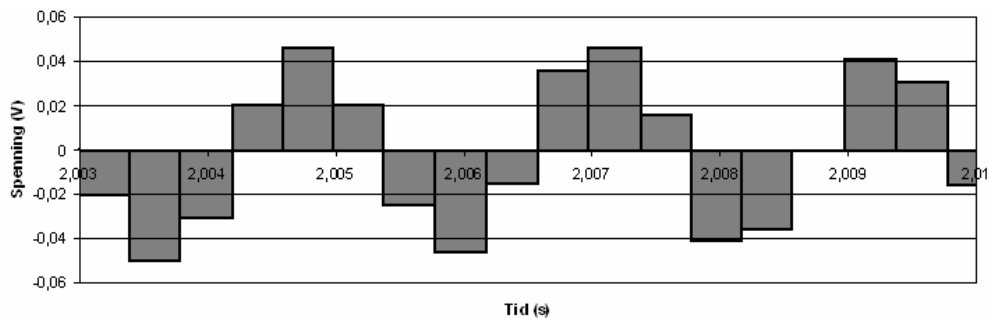
Svar: Vi får mye mer informasjon om lydsignalet når samplefrekvensen er 10 000 Hz enn når samplefrekvensen er 2 000 Hz, så vi får en mye glattere graf for 10 000 Hz enn for 2 000 Hz.

På grafen du får er hver måling markert med et punkt, og det er trukket rette linjer mellom disse punktene. Men egentlig har loggeren bare målt lufttrykket på det eksakte tidspunktet for hver måling. Vi vet jo ikke noe om hvordan lufttrykket endrer seg mellom målingene, men programmet DataStudio "gjetter" at lufttrykket øker eller minker lineært mellom hvert målepunkt. Siden vi ikke vet noe om hvordan lufttrykket faktisk endrer seg mellom hver måling kan det være greit å fjerne linjene slik at bare målingene er plottet (se figur 2).



Figur 2: Bare punktene plottet.

Dersom vi skulle spilt av denne lydmålingen igjen i for eksempel en cd- eller Mp3- spiller, ville lufttrykket vært holdt konstant mellom to målepunkter. For å vise dette er det bedre å representere hvert målepunkt med en søyle (se figuren 3).

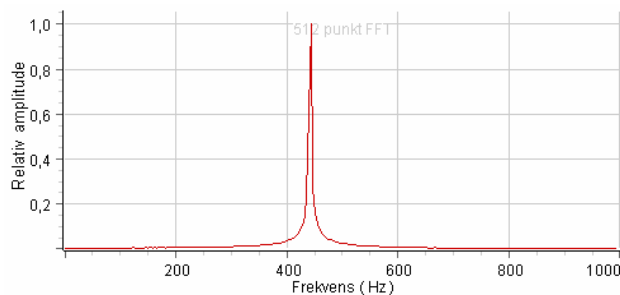


Figur 3: Hver lydmåling representert med en søyle.

Samplefrekvensen må være minst dobbelt så stor som frekvensen til signalet som digitaliseres. Vi skal nå se hva som skjer dersom vi prøver å bruke lavere samplefrekvens enn dette.

Gjør:

- Klikk på den første måleserien (Kjør #1), og dra den ned på FFT- ikonet.
- Trykk på ikonet oppe til venstre i verktøylinjen i FFT- vinduet som nå kommer opp. Legg merke til at x-aksen går fra 0 til $f_s/2$



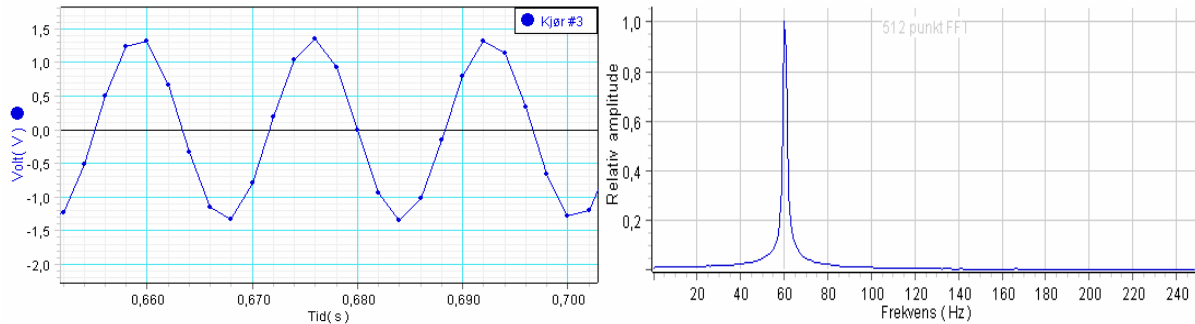
Figur 3: FFT – vinduet man får når man har et signal med frekvens 440 Hz som er digitalisert med samplefrekvens på 2 000 Hz.

- Les av frekvensen til stemmegaffelen.

Spørsmål 2: Hvilken frekvens får du? Stemmer denne frekvensen med forventningene dine?
Her bør man selvfølgelig få samme frekvens som tonen stemmegaffelen gir.

Gjør:

- Lukk FFT- vinduet, og slett de to første måleseriene (gjøres ved å markere dem og trykke "del" på tastaturet).
- Velg nå samplefrekvens 500 Hz, og gjør et nytt opptak.
- Finn frekvensen til det digitaliserte opptaket ved hjelp av FFT, som du gjorde over.
-



Figur 4: Her er samplefrekvensen satt til mindre enn det dobbelte av signalfrekvensen. Dermed får vi et alias med frekvens $500 \text{ Hz} - 440 \text{ Hz} = 60 \text{ Hz}$.

Spørsmål 3: Hva har ”skjedd” med frekvensen? Hvorfor har dette skjedd? Kan du se bare av grafen at noe må ha ”gått galt”?

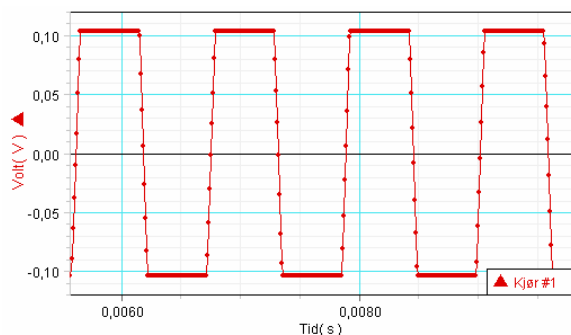
Svar: Her er samplefrekvensen mindre enn det dobbelte av frekvensen til lydsignalet fra stemmegaffelen, så vi får et alias som har mye mindre frekvens enn det opprinnelige lydsignalet. Vi kan se at vi får en penere graf når samplefrekvensen er 500 Hz enn når den er 2000 Hz. Det burde få ei bjelle til å ringe hos elevene. Ellers er det lett å se at det digitaliserte signalet vi får med samplefrekvens 500 Hz har mye større bølgelengde enn de foregående (sammenlikne med figur 1)

Utfordring: Klarer du ut fra det som står i teoriheftet å forklare hvorfor du får akkurat denne frekvensen?

Svar: I teoriheftet står det at dersom samplefrekvensen, f_s , er mindre enn det dobbelte av frekvensen f til signalet vi skal digitalisere, så får vi et alias med frekvens lik $f_s - f$. Her blir det $500 \text{ Hz} - 440 \text{ Hz} = 60 \text{ Hz}$, som vi ser stemmer med det vi får fra FFT.

Gjør:

- Ta et nytt opptak av stemmegaffelen med samplefrekvens 10 000 Hz, men denne gangen velger du høy følsomhet (dvs. høy oppløsning).
- Zoom inn på grafen.



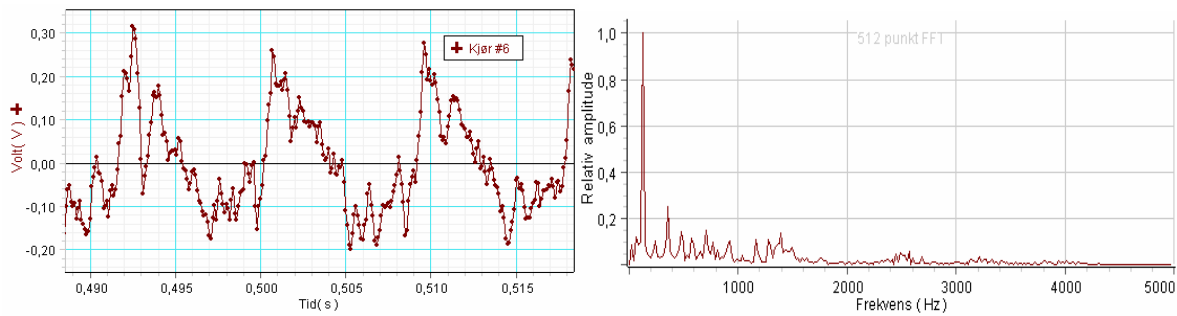
Figur 5: Her er følsomheten for høy, så vi får klipping.

Spørsmål 4: Hva ser du? Forklar hva som har skjedd!

Nå er følsomheten for høy/oppløsningen for stor i forhold til lydsignalet som skal digitaliseres. Dermed havner de største utsvingene utenfor måleområdet og blir satt lik maksimums og minimumsverdiene. Det ser ut som at toppene og bunnene er ”klippet” av.

Gjør:

- Ta opp noen sekunder med samplefrekvens på 20 000 Hz. Denne gangen synger du inn i lydsensoren istedenfor å bruke stemmegaffelen.
- Zoom inn på grafen.



Figur 6: Her er et opptak av en sunget tone, med tilhørende frekvensspektrum fra FFT.

Spørsmål 5: Forklar hva du ser, og hva som er forskjellen på dette signalet og signalet fra stemmegaffelen.

Svar: Dette lydsignalet er satt sammen av mange sinusbølger med ulike frekvenser, i motsetning til lydsignalet fra stemmegaffelen, som bare bestod av én sinusbølge. Vi får derfor et langt mer "rotete" opptak.

Gjør:

- Bruk FFT- funksjonen til å finne frekvensspekteret i opptaket.

Spørsmål 6: Hva ser du nå? Hva er forskjellen på sang og lyden fra en stemmegaffel?

Svar: Nå får vi mange topper i FFT- grafen på grunn av at dette lydsignalet er satt sammen av mange sinusbølger med ulike frekvenser.

Konklusjon: Hva er det viktig å passe på i forhold til samplefrekvens og oppløsning når vi skal digitalisere et lydsignal? Hva taler mot å bruke den kombinasjonen av oppløsning og samplefrekvens som gir "best" digital representasjon av lydsignalet?

I det første spørsmålet er det meningen at elevene skal tenke over og oppsummere det de har lært om digitalisering av lydsignaler. I det siste spørsmålet er det meningen at elevene skal innse at lagringsplass er en begrensning.

Appendiks I – Intervjuguide til fokusgruppe om friksjon

Guide til fokusgruppe om friksjonsforsøk

1. Innledning:

Hei! Jeg heter Tore, og kommer fra universitetet i Oslo. Takk for at jeg får lov til å intervju dere! I dette intervjuet skal vi snakke om forsøket om friksjon dere gjennomførte tidligere i dag/i går. Jeg holder på med en masteroppgave som blant annet handler om bruk av dataloggere i fysikkforsøk, og skal bruke dette intervjuet i forbindelse med denne oppgaven.

Intervjuet kommer til å foregå som et gruppeintervju. Meningen er at jeg stiller dere spørsmål, og dere diskuterer med hverandre rundt de spørsmålene jeg stiller. Det er veldig bra om dere diskuterer mye med hverandre, så griper jeg bare inn for å styre diskusjonen hvis det blir nødvendig. Si ifra hvis det er spørsmål dere ikke forstår – så skal jeg utdype dem.

Det er viktig at dere svarer ærlig på spørsmålene, og ikke sier det dere tror jeg, læreren deres eller noen andre vil høre! Jeg er avhengig av å få høre hva dere virkelig mener!

Dere trenger ikke være redde for at læreren deres eller noen andre skal få greie på hva dere sier her. Jeg kommer til å bruke lydopptaket fra intervjuet i masteroppgaven min, men alt jeg skriver vil bli anonymt.

Hvis noen av dere ikke er komfortable med at jeg tar lydopptak av intervjuet, så står dere fritt til å forlate rommet nå.

Jeg regner med at intervjuet tar ca en halvtime.

Noen spørsmål?

Da tror jeg bare vi begynner.

Start lydopptak

2. Intervju

Innledningsspørsmål om forsøk:

Hvordan opplever dere å gjøre forsøk i fysikktimene?

Er det spennende/vanskelig/kjedelig/slitsomt?

Lærer dere noe av forsøkene?

Lærer dere mer av forsøkene enn av annen undervisning?

Synes dere det er viktig å gjøre forsøk i fysikk?

Om dette forsøket:

Generelle tanker om forsøket

1. Hvordan opplevde dere gjennomføringen av forsøket?
Hva var vanskelig i forsøket?
Var forsøket interessant?

Gjennomføring

2. Kan dere forklare hva dere gjorde i dette forsøket? Steg for steg...
3. "Du" gjorde sånn og sånn – hvorfor det? (refererer til hendelser under forsøket)
Hva lærte du av det?

Grafer og forklaring

4. Kan dere beskrive grafene dere fikk i forsøket og forklare hvorfor de så sånn ut?
5. Hva synes dere om å tolke grafer, slik dere ble bedt om å gjøre i dette forsøket?

Læringsmål og oppfyllelse

6. Hva skulle dere lære av forsøket?
Lærte dere dette?
7. Var det noe dere ikke forstod av det dere gjorde i forsøket?
Hva var det dere ikke forstod?

Hva har elevene lært om friksjon av dette forsøket?

8. Hva lærte dere om hvile- og glidefriksjon i forsøket?

Teori

9. Var teorien i forsøket vanskelig?
Hva var vanskelig?

Om elevveiledningen

10. Hvordan opplevde dere elevveiledningen (- den dere fikk utdelt)?
Var den passelig detaljert?
Gjorde den forsøket for lett?
Burde den gitt flere hint?

Bruk av dataloggere

11. Hvordan fungerte det å bruke dataloggere i forsøket?
Hadde dere noen problemer?
Hvilke?
Hvordan løste dere disse problemene?
Pleier dere å ha mye problemer med dataloggerne?
Hva slags problemer får dere oftest?
Hva gjør dere når problemene oppstår?
12. Hvordan opplevde dere DataStudio?
Er programmet lett å bruke?
Hva er eventuelt problematisk?
13. Hva synes dere om dataloggeforsøk generelt?
Fordeler/ulemper?
14. Kan dere nevne noen forsøk der dere har brukt dataloggere? (nedprioriteres hvis lite tid)

Usikkerheter

15. Kan dere si noe om usikkerheten i målingene deres?
Hvilke konsekvenser fikk disse usikkerhetene for målingene deres?

Stopp opptak.

Takke for hjelpen!

Appendiks J – Intervjuguide til fokusgruppe om digitalisering av lyd

Guide til fokusgruppe om forsøk om digitalisering av lyd

1. Innledning

Hei! Takk for at jeg får lov til å intervju dere!

Som noen av dere kanskje har fått med seg heter jeg Tore. Jeg jobber her på Lambertseter, men nå er jeg her som student ved Universitetet i Oslo. Jeg holder på med en masteroppgave som blant annet handler om bruk av dataloggere i fysikkforsøk, og jeg skal bruke dette intervjuet i forbindelse med denne oppgaven.

Intervjuet kommer til å foregå som et gruppeintervju. Meningen er at jeg stiller dere spørsmål, og dere diskuterer med hverandre rundt de spørsmålene jeg stiller. Det er veldig bra om dere diskuterer mye med hverandre, så griper jeg bare inn for å styre diskusjonen hvis det blir nødvendig. Si ifra hvis det er spørsmål dere ikke forstår – så skal jeg utdype dem.

Det er viktig at dere svarer ærlig på spørsmålene, og ikke sier det dere tror jeg, læreren deres eller noen andre vil høre! Jeg er avhengig av å få høre hva dere virkelig mener!

Dere trenger ikke være redde for at læreren deres eller noen andre skal få greie på hva dere sier her. Jeg kommer til å bruke lydopptaket fra intervjuet i masteroppgaven min, men alt jeg skriver vil bli anonymt.

Hvis noen av dere ikke er komfortable med at jeg tar lydopptak av intervjuet, så står dere fritt til å forlate rommet nå.

Jeg regner med at intervjuet tar maks en halvtime.

Noen spørsmål?

Da tror jeg bare vi begynner.

Start lydopptak

2. Intervju

Innledningsspørsmål om forsøk:

1. Hvordan opplever dere å gjøre forsøk i fysikktimene?
Er det spennende/vanskelig/kjedelig/slitsomt?
Lærer dere noe av forsøkene?
Lærer dere mer av forsøkene enn av annen undervisning?
Synes dere det er viktig å gjøre forsøk i fysikk?
Har dere gjort forsøk med dataloggere før?

Om dette forsøket:

Generelle tanker om forsøket

2. Hvordan opplevde dere gjennomføringen av forsøket?
Hva var vanskelig i forsøket?
Var forsøket interessant?
3. Hvordan opplevde dere å gjøre forsøket foran hele klassen?
Tror dere at dere lærte mer enn de andre, siden dere fikk gjøre forsøket selv?
4. Hvordan opplevde dere å se forsøket som tilskuere, uten å gjøre noe selv?
Tror dere at dere hadde lært mer av å gjøre forsøket selv?

Gjennomføring

5. Hva gikk dette forsøket ut på?
Hva var det dere målte?
6. "Du" gjorde sånn og sånn – hvorfor det? (refererer til hendelser under forsøket)
Hva lærte du av det?

Grafer og forklaring

7. Hva representerte grafene dere fikk opp på skjermen?
8. Hva synes dere om å tolke grafer, slik dere ble bedt om å gjøre i dette forsøket?

Læringsmål og oppfyllelse

9. Hva skulle dere lære av forsøket?
Lærte dere dette?
10. Var det noe dere ikke forstod av det dere gjorde i forsøket?
Hva da?

Teori

11. Var teorien i forsøket vanskelig?
Hva var vanskelig?
12. Kan dere forklare hva samplefrekvens er?
Og oppløsning?
13. Hva er det viktig å ta hensyn til når man skal digitalisere et lydsignal?

Om teoriheftet og forsøksbeskrivelsen

14. Hvordan opplevde dere teoriheftet dere fikk utdelt?
Forstod dere det som stod der?
Hadde dere nytte av det når dere gjennomførte forsøket?
15. Hvordan opplevde dere forsøksbeskrivelsen dere fikk?
Var den passelig detaljert?
Gjorde den forsøket for lett, eller burde den gitt flere hint?

Bruk av dataloggere

16. Hvordan fungerte det å bruke dataloggere i forsøket?
Hadde dere noen problemer?
Hvilke?
Hvordan løste dere disse problemene?
Pleier dere å ha mye problemer med dataloggerne?
Hva slags problemer får dere oftest?
Hva gjør dere når problemene oppstår?
17. Hvordan opplevde dere DataStudio?
Er programmet lett å bruke?
Hva er eventuelt problematisk?
18. Hva synes dere om dataloggeforsøk generelt?
Fordeler/ulemper?
19. Kan dere nevne noen forsøk der dere har brukt dataloggere? (nedprioriteres hvis lite tid)

Stopp opptak.

Takke for hjelpen!

Appendiks K – Intervjuguide til fokusgruppe med fysikklærere

Guide til fokusgruppe med fysikklærere

Innledning:

Hei, takk for at dere sa dere villige til å bli intervjuet!

Jeg heter Tore Andreas Danielsen, og er masterstudent her på skolelaboratoriet. Jeg holder på med en masteroppgave om dataloggerforsøk i fysikk, og i den sammenheng er jeg interessert i å vite hva dere synes om dataloggere og forsøk med dataloggere.

Jeg kommer til å bruke noe av det dere sier her i oppgaven min, men alt er anonymt. Jeg tar opp intervjuet på kassett for at jeg skal få med meg alt dere sier, men når jeg transkriberer og bruker intervjuet videre kommer alt til å være helt anonymt.

Ellers er jeg interessert i alle meninger dere måtte ha, og det er viktig for meg at dere er ærlige og sier akkurat hva dere mener.

Jeg har tenkt det sånn at jeg stiller spørsmål, og så vil jeg gjerne at dere diskuterer med hverandre mer enn å svare meg direkte.

Jeg regner med at intervjuet tar en drøy halvtime.

Da tror jeg bare vi setter i gang.

Start lydopptak!

Intervju:

Utstyrsituasjon:

Hvor mange dataloggere har dere på skolen dere underviser ved?

Hvor mange sensorer har dere?

Er dette nok utstyr til at dere får brukt dataloggerne effektivt sånn dere vil?

- Hvor mye mener dere eventuelt at dere trenger?

Konkret bruk:

Hvor ofte bruker dere dataloggerne i undervisningen?

Hva slags forsøk bruker dere dataloggerne til?

Bruker dere dataloggere til elevforsøk eller lærerdemonstrasjoner?

Hvor mange elever arbeider sammen når elevene bruker dataloggere?

Bruker dere dataloggere forskjellig i 2FY og 3FY?

- På hvilken måte?
- Hvorfor?

Hvor får dere oppleggene til dataloggeforskøkene fra?

Hva skal til for at dere skal bruke dataloggerne mer?

- Er det noe skolelaboratoriet kan gjøre for å lette bruken av dataloggere i undervisningen? Hva?

Motivasjon:

Hva gjør at dere velger å bruke dataloggere i stedet for tradisjonelt utstyr i et fysikkforsøk?

Hvilke mål har dere for bruken av dataloggere i undervisningen?

(Hvorfor bruker dere dataloggere i undervisningen; hva ønsker dere å oppnå med det?)

Hva ønsker de at elevene skal lære av dataloggerforsøkene?

Vurdering:

Hvordan synes dere det går å bruke dataloggere i undervisningen?

- Fungerer det bra teknisk?
- Lærer elevene mye av det?

Hva er den største fordelen med å bruke dataloggere i undervisningen slik dere ser det?

Hva er den største ulempen med å bruke dataloggere i undervisningen slik dere ser det?

Annet:

Hva har dere fått ut av etterutdanningen dere nå har hatt i bruk av dataloggere?

- Ser de nye muligheter nå?

Kan dere fortelle meg om gode dataloggeforsøk dere bruker selv?

Takke for hjelpa!

Appendiks L – Koder som ble brukt i analysen av fokusgruppene

Liste over de kodene man til slutt stod igjen med etter den kvalitative analysen av fokusgruppene med fysikkelever.

DataStudio
Diglyd begrepsavklaring
Diglyd lærdom
Diglyd skulle gjøre
Diglyd teorihefte
DL bra
DL erfaring
DL negativt
Forsøk gøy/spennende
Forsøk lærerikt
Forsøk negativt
Forsøk praktisk anvendelse
Forsøk rekkefølge teori/forsøk
Forsøk variasjon
Forsøk viktig
Forsøk visualiserer teorien
Forsøksbeskrivelse vant til
Forsøksbeskrivelsen
Friksjon feilkilder
Friksjon gikk ut på
Friksjon lærdom
Gjennomføring alle elever bør være aktive
Gjennomføring bra
Gjennomføring greit å se på/-ikke
Gjennomføring negativt
Grafer forklaring diglyd
Grafer forklaring friksjon
Grafer vanskelighetsgrad og viktighet
Rapport
Teori lett/vanskelig