Modellus i fysikkundervisningen

Hallvard Hornnes Yndestad

Masteroppgave i fysikkdidaktikk

Fysisk institutt

Det matematisk-naturvitenskapelig fakultet

UNIVERSITETET I OSLO

29. Mai 2012

Forord

Først og fremst vil jeg takke min veileder Carl Angell for gode innspill og konstruktive tilbakemeldinger i arbeidet med denne oppgaven.

Jeg ønsker også å takke Andreas Pettersen og Jørgen Sjaastad for å ha skapt en svært trivelig kontortilværelse. Jeg vil og takke resten av gjengen på skolelaben for trivelige stunder på lunsjrommet.

Det tolv deltakerne som ville være med i undersøkelsen fortjener også en stor takk. Uten dere kunne jeg ikke ha gjennomført denne oppgaven.

Til slutt ønsker jeg å takke min samboer Katrine for all støtte gjennom hele utdannelsen og for korrekturlesing på slutten.

Sammendrag

Fysikkelevers utfordringer med fysikkens representasjonsformer og matematiske modellering er fyldig beskrevet i fysikkdidaktikken. Modellus ble utviklet på bakrunn av elevers utfordringer på disse områdene.

Modellus er et modelleringsverktøy for fysikk, og er basert på matematikk. Vitor Duarte Teodoro, utvikleren til Modellus, beskriver Modellus som en programvare for å lage og utforske multiple representasjoner av matematiske modeller.

Målet med denne oppgaven er å beskrive fysikkelevers møte med dette modelleringsverktøyet. Deretter vil det redegjort for hvilken innvirkning arbeid med Modellus har på læring i fysikkfaget.

Det ble gjennomført observasjoner av elever på programfaget fysikk 1 i arbeid med Modellus, og det ble utviklet aktiviteter som tok utgangspunkt i å lage og utforske multiple representasjoner av matematiske modeller ved bruk av funksjoner, differensiallikninger og iterative likninger.

Oppgavens teoretiske fundament bygger på litteratur om multiple representasjonsformer, den sosiokulturelle teorien og aspekter fra litteraturen om matematisk modellering.

Undersøkelsen viser at fysikkelever kan øke sin forståelse for fysikk ved bruk av Modellus. Funnene i denne undersøkelsen viser at arbeid med multiple representasjoner har positiv innvirkning på deres evne til å beskrive fysiske fenomener og bruke fysikkens begreper.

Summary

Physics students challenges with multiple representations and mathematical models in physics are well documented in science education. This is the motivation behind the development of Modellus.

Modellus is a modelling tool for physics based on mathematics. Modellus was designed by Vitor Duarte Teodoro. He describes software as modelleling tool to create and explore multiple representations of mathematical models.

The aim of this paper is to describe how physics students can use this modelling tool. I observed twelve students in a upper secondary physics class working in groups with Modellus. The students created and explored multiple representations of mathematical models, using functions, differential equations and iterative equations.

The theoretical background of this master thesis is the litterature on multiple representations and mathematical modelling. The theoretical background also include the sociocultural theory.

This study shows that students can enhance their understandig of physics working with Modellus. Multiple representations seems to have an effect on how students are able to relate physics concepts to the phenomenon.

Innhold

1 Innledning

1.1 Motivasjon for oppgaven

Angell, Guttersrud, Henriksen og Isnes (2004) viser til at norske videregående elever som tar fysikk som programfag anser deres fag som vanskelig i større grad enn hva tilfellet er for elever med spesialisering i samfunnsfagene og språkfagene.

Hvorfor er fysikk så vanskelig for elever? Orton og Roper (2000) viser til at fysikk er ansett som et vanskelig fag hovedsaklig på grunn av dens bruk av matematikk for å beskrive fenomen. Angell, Bungum, Henriksen, Kolstå, Persson og Renstrøm (2011) viser til at forholdet mellom matematikk og fysikk lenge har vært et tilbakevendende tema i fysikkdidaktikken. Angell, et. al. (2011) viser til at for mange elever er det vanskelig å oversette fra en fysisk situasjon til et formalisert matematisk språk.

En annen utfordring for elevene er fysikkens representasjonsformer. I fysikk representeres kunnskap på ulike måter. Fysiske størrelser og sammenhenger beskrives med matematiske symboler og med fysikkfaglige begreper. Vi beskriver de samme sammenhengene med grafiske framstillinger. Elevene skal kjenne hver enkelt representasjonsform og de skal kunne bevege seg mellom de. Dolin (2002) viser til at overgangen mellom de forskjellige formene av representasjoner er en viktig grunn for at mange elever anser fysikk som vanskelig.

I korte trekk kan vi si at utfordringene for elevene i fysikk er matematisk modellering og fysikkens representasjonsformer. Angell et. al. (2011) presenterer modelleringsverktøyet Modellus som en løsning for utfordringene beskrevet. Modellus er et modelleringsprogram utviklet av Vitor Duarte Teodoro. Dette modelleringsprogrammet er utviklet for fysikk og er basert på matematikk. I Modellus kan elevene definere en matematisk modell for fenomenet de ønsker å studere. Elevene kan videre opprette en animasjon som viser fenomenet og vise en graf som beskriver fenomenet. I denne programvaren kan elever utforske flere representasjoner av en matematisk modell samtidig.

Hensikten med denne masteroppgaven er å undersøke hvordan fysikkelever i videregående skole kan bruke programvaren Modellus i fysikkundervisningen. Dette innebærer å undersøke om elever kan bruke programvaren uten omfattende opplæring. Det innebærer også å undersøke hvilke fordeler bruk av Modellus kan gi i lys av utfordringene med fysikkfaget.

I denne oppgaven gjennomfører jeg en kvalitativ studie hvor jeg observerer elever i arbeid med planlagte aktiviteter i Modellus. Hensikten er å gi en fyldig beskrivelse av hvordan fysikkelever arbeider med modelleringsprogrammet Modellus.

1.2 Problemstilling

Problemstillingen i masteroppgaven «Modellus i fysikkundervisningen» omhandler to forskningsspørsmål.

1. Hvordan opplever elever brukergrensesnittet til Modellus? Er elevene i stand til å bruke modelleringsverktøyet Modellus på en selvstendig måte i deres arbeid med fysikken.
2. Kan modelleringsverktøyet Modellus fremme forståelse for fysikkfaget?

Det første forskningsspørsmålet er knyttet til programvarens brukervennlighet. Å bruke Modellus på en selvstendig måte i arbeidet med fysikk innebærer at elevene er i stand til å skrive inn en matematisk modell, sette opp egne animasjoner og sette opp grafiske framstillinger. Det innebærer også at elevene er i stand til å bruke de ulike representasjonsformene i arbeidet med aktivitetene.

Å forstå fysikk omfavner et stort område i fysikkdidaktikken. Hva er å forstå fysikk? Dolin (2002) stiller det samme spørsmålet, og etter en rekke avgrensninger, viser han til at forståelse i fysikk handler om å beherske fysikkens representasjonsformer. Dette temaet kommer jeg tilbake til i kapittel 3.

Oppgavens forskningsspørsmål avgrenses av aktivitetene deltakerne arbeider med i denne studien. Aktivitetene omhandler fysiske under knyttet til hovedområdet klassisk mekanikk. I denne studien gjennomføres tre aktiviteter. Den første aktiviteten omhandler loddrett kast uten luftmotstand. Den andre aktiviteten omhandler et lodd festet i en fjær, en kontekstualisert oppgave om den harmoniske oscillatoren. Den tredje omhandler loddrett kast med luftmotstand.

1.3 Disposisjon til oppgaven

- *Kapittel 1: Innledning*

I dette kapittelet presenteres oppgavens hensikt og problemstilling. Problemstillingen omhandler to forskningsspørsmål.

- *Kapittel 2: Modellus*

I denne delen gis en beskrivelse av modelleringsprogrammet Modellus. Denne presentasjonen innebærer en beskrivelse av programvarens utseende. Det gis en innføring i de funksjonene som deltakerne bruker i arbeidet med Modellus.

I dette kapittelet presenteres også gjennomføringen og resultatene til to studier som er beskrevet doktoravhandlingen til Teodoro (2002).

- *Kapittel 3: Bakgrunn og teori*

Jeg presenterer i dette kapittelet oppgavens teoretiske fundament. Det teoretiske fundamentet består av tre temaer. Det første er fysikkens representasjonsformer. I denne delen presenterer jeg hvordan multiple representasjonsformer kan brukes i læringssituasjoner. Videre viser jeg til hvilke utfordringer elever har med representasjonsformene. Det andre temaet er matematisk modellering i fysikkfaget. Denne delen innebærer matematisk modellering som en undervisningsform og hvilke utfordringer elever har med matematiske modeller. Det siste temaet som tas opp er den sosiokulturelle teorien. Her ligger hovedfokuset på Mortimer og Scotts (2003) "Meaning Making in Secondary Science Classrooms".

- *Kapittel 4: Metode*

Det gis en kort introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode og kvalitativ metode. Det gis en innføring i metodelærens anbefalinger i gjennomføring av observasjonsstudier. Jeg vil i dette kapittelet redegjøre for hvordan jeg har foretatt innsamlingen av data og en beskrivelse av analysen og fortolkningen.

- *Kapittel 5: Resultater*

I denne delen presenteres resultatene av studien. Her presenterer jeg sekvenser av transkripsjonene med deltakernes arbeid med Modellus. Det er med hensikt viet mye plass til dette kapittelet, siden en fyldig beskrivelse av hendelsesforløpet er viktig for å gi et riktig bilde av grunnlaget for analysen.

- *Kapittel 6: Diskusjon*

I dette kapittelet presenteres diskusjonen av resultatene fra kapittel 5 i lys av teorien presentert i kapittel 3.

- *Kapittel 7: Konklusjon*

Her oppsummeres det viktigste hovedfunn og konklusjoner som kan trekkes ut fra diskusjonen i kapittel 6. Videre følger noen forslag til videre undersøkelser.

2 Modellus

I denne delen vil jeg gi en kortfattet presentasjon av modelleringsprogrammet Modellus. Denne delen inneholder en presentasjon av programvarens struktur, en presentasjon av de verktøyene som er relevante for oppgaven. Det gis en presentasjon av motivasjonen for utviklingen av Modellus i tråd med hvordan utvikler Vitor Duarte Teodoro beskriver den.

2.1 Motivasjon for Modellus

Jeg vil her gi en presentasjon av motivasjonen for modelleringsverktøyet Modellus i tråd med hvordan utvikler Vitor Duarte Teodoro presenterer den. Teodoro har siden 1980 – tallet arbeidet med å utvikle programvarer til utdanning i naturfagene og matematikk. Modelleringsprogrammet Modellus er den seneste programvaren han har utviklet, og er et resultat av tidligere erfaring med utvikling av digitale læringsressurser, undervisningserfaring og litteratur om lærevansker i naturfagene og matematikk.

Et begrep Teodoro (2002) bruker om programvarer er *konsept*. Dette begrepet omhandler spørsmålene «hva vil programmet gjøre? Hvordan vil det se ut? Hvordan vil det kommunisere med bruker?» (Cooper, 1995, referert i Teodoro, 2002). Konseptet til Modellus beskrives som

- En programvare til å lage og utforske multiple representasjonsformer av matematiske modeller.
- En programvare med Windows brukergrensesnitt, beskrevet i del 2.2.
- En programvare hvor kommunikasjonen med bruker er basert på konseptet om ”intellectual mirror” med referanse til Schartz (1989), ”the software acts as a mirror of what the user thinks”.

Teodoro (2002) viser til at litteraturen om utfordringene elever møter på i undervisningen i fysikkfaget og matematikkfaget har hatt en viktig rolle i utviklingen av Modellus sitt konsept. Dette omhandler litteraturen om alternative forestillinger, multiple representasjonsformer, og forholdet mellom matematikk og fysikk.

Teodoro (2002) mener en av de viktigste egenskapene til Modellus er muligheten til å utforske multiple representasjoner. I Modellus utvides dette begrepet. En kan lage representasjoner av fysiske fenomen med mindre grad av formalisme enn likninger, grafer og tabeller. I Modellus kan en lage visuelle interaktive representasjoner av matematiske modeller.

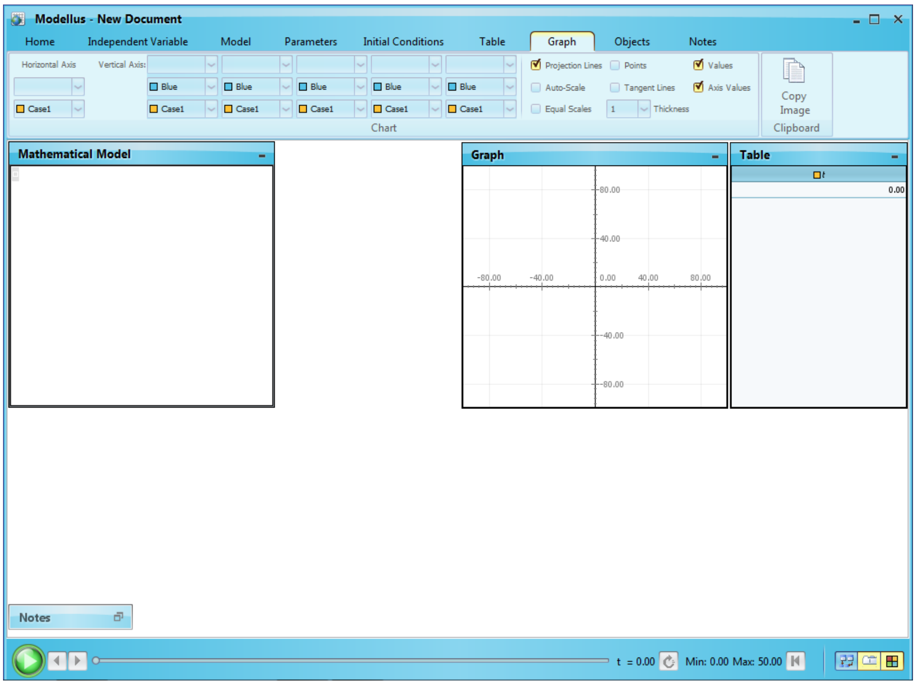
Teodoro viser til at fysikken håndterer en rekke ”objekter”. Eksempel på slike ”objekter” er kraft, hastighet, energi, stråling osv. Disse omtales også som abstrakte objekter. Et begrep Teodoro bruker er kognitive artefakter. Her beskrives en kognitiv artefakt som et verktøy for å lage og utforske konkrete – abstrakte objekter. Hebenstreit (1987) referert i Teodoro (2002) beskriver konkrete – abstrakte objekter, som objekter som er konkrete i så måte at de kan manipuleres på en skjerm og reagere som virkelige objekter, og abstrakte siden de er presentert som vektorer, likninger, osv. Teodoro (2002) viser til Modellus som en kognitiv artefakt hvor abstrakte objekter kan visualiseres og manipuleres.

Med referanse til Papert (1980) viser Teodoro (2002) til at ved bruk av multimediabaserte læringsverktøy kan hinderet mellom lavere og høyere kognitive nivå overkommes. Dette kan bli gjort siden slike verktøy tillater bruker å tilnærme matematiske og fysiske abstrakte objekter på konkrete måter.

2.2 Strukturen til Modellus

Brukergrensesnittet til Modellus følger et standard Windows brukergrensesnitt, i tråd med *Windows Interface Guidelines* (Microsoft, 1995, referert i Teodoro, 2002) .Modellus har et hovedvindu, også kalt kontrollvindu, med følgende mindre vinduer:

- *Matematisk modell*
- *Notat*
- *Grafisk representasjon*
- *Tabell*



Figur 2.1: Modellus hovedvindu, vinduene for matematisk modell, graf og tabell vises.

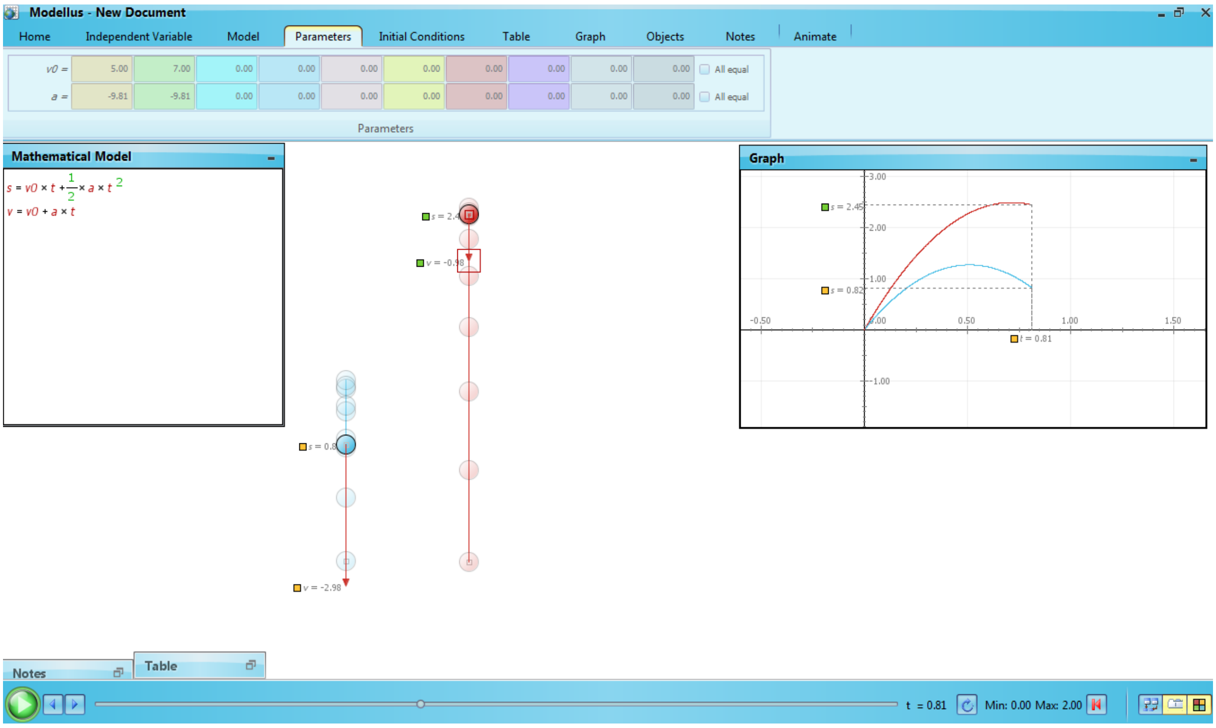
2.3 Verktøy i Modellus

I Modellus kan det lages enkle animasjoner, for eksempel en animasjon av en ball som ”kastes” opp med en gitt utgangshastighet, hvor animasjonen viser ballens bevegelse. Videre kan det i Modellus brukes vektorpiler som indikerer størrelse og retning på ballens hastighet og akselerasjon, og kreftene som virker på ballen.

De matematiske modellene i Modellus kan være funksjoner og differensiallikninger og iterative likninger.

Funksjoner

Bruker kan skrive inn en eller flere funksjoner. De kan opprettes flere animasjoner og grafiske framstillinger med forskjellige parametere.



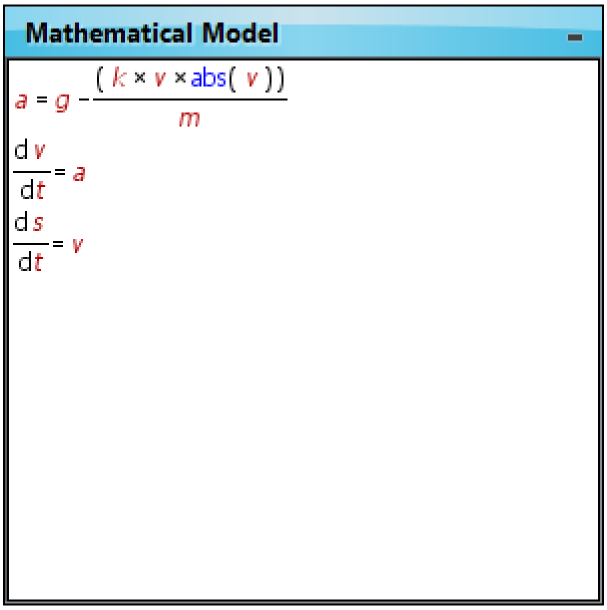
Figur 2.2: En modell som beskriver et loddrett kast uten luftmotstand. De matematiske modellene er bevegelseslikningene for posisjon og hastighet.

Likningene skrives med en notasjon lik den som elevene kjenner fra fysikkfaget.

I menyvalget for parametre kan bruker endre utgangshastighet og akselerasjon. Her kan for eksempel elever sammenligne grafen for loddrett kast med ulike utgangshastigheter. Det er dette Teodoro (2002) mener med kognitive artefakter.

Differensiallikninger

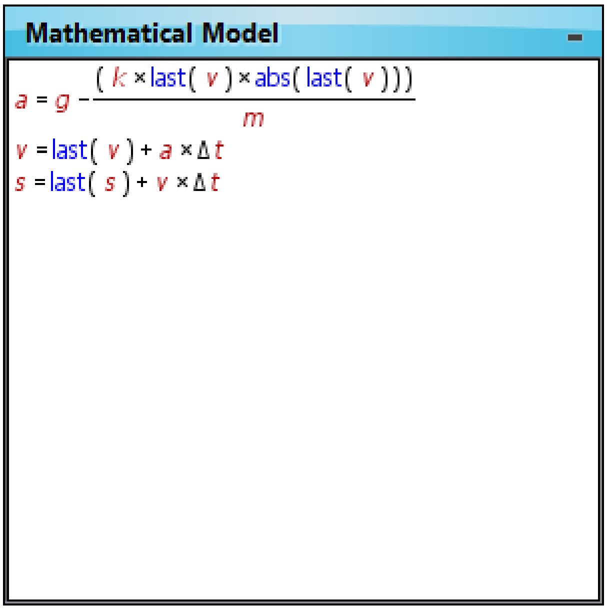
Teodoro (2002) bruker begrepet motor for å angi noen av egenskapene til Modellus. Modellus kan blant annet løse ordinære differensiallikninger (ODE), eller et sett av ordinære differentiallikninger. Et sett med ordinære differensiallikninger løses numerisk ved fjerde ordens Runge – Kutta (Lindstrøm, 2006).



Figur 2.3: Den matematiske modellen for bevegelse i tyngdefeltet med påvirkning av luftmotstand, regnet med en den innebygde motoren i Modellus.

Beregningsorientert tilnærming med Modellus

I tillegg til å kunne løse differentiallikninger og funksjonsuttrykk, er det i Modellus mulig å skrive matematiske modeller med iterasjoner. Teodoro (2002) viser til at iterative modeller er nyttige til å studere enkle eller mer viderekommende numeriske metoder. Å lage iterative modeller i Modellus har likhetstrekk med programmering. Det er en bestemt syntaks som må følges. På en annen side er flere aspekter ved programmering skjult for bruker, det er for eksempel ikke nødvendig å deklarere løkker for å oppdatere variabler.



Figur 2.4: Numerisk beregning med Euler – Cromer, ved iterasjoner i Modellus.

Ligningene i vinduet regnes på nytt hvert tidssteg. Derfor er det ikke nødvendig å deklarere noen løkker. Ved å skrive last() kan man hente verdier fra forrige tidssteg. Dette gir muligheten for en beregningsorientert tilnærming.

2.4 Tidligere forskning

I sin doktoravhandling gjennomførte Teodoro (2002) to undersøkelser med Modellus. En undersøkelse ble gjennomført med tolv elever på 11. trinn. Den første studien hadde et omfang på en uke. Den andre undersøkelsen ble gjennomført med ti studenter på deres andre år ved et bachelorkurs i biologi og geologi ved et universitet i Lisboa, Portugal.

I den første studien var forskningsspørsmålene

- Kan elevene lage deres egne modeller og animasjoner?
- Hvilke fordeler og ulemper identifiserer elevene når de bruker Modellus til innlæring av enkle matematiske modeller for bevegelse?

I denne studien arbeidet elevene med å modellere konstant lineær bevegelse med lineære funksjoner, modellere akselerert lineær bevegelse med kvadratiske funksjoner og modellere oscillert bevegelse med trigonometriske funksjoner.

Her mente elleve av de tolv deltakerne at Modellus var enkelt å bruke. Alle deltakerne kunne trekke fram en eller flere fordeler med Modellus, de mest frekvente var at Modellus kunne bidra med visualisering av fenomenene de studerte. Teodoro (2002) viser til at noen deltakere identifiserte Modellus som en «kognitiv artefakt», som kunne reflektere hva de tenkte, og ga muligheter til å lage og utforske multiple representasjoner. Teodoro mener at denne studien viser at elevene kan starte med å lage modeller med Modellus, etter en kort introduksjon, men at det kreves at de kjenner fysikken og matematikken som er nødvendig for å lage modellen. Han mener også at studien viser at Modellus kan være et viktig redskap for elevene for å tenke på hvordan fysikken beskriver bevegelse med matematiske modeller.

I den andre studien var forskningsspørsmålene

- Kan studentene lage egne modeller og animasjoner?
- Er studentene enige i at Modellus kan promotere en mer integrert tilnærming til fysikk og matematikk?
- Er studentene enige at Modellus kan hjelpe de til å arbeide mer konkret med formelle objekter i matematikk og fysikk?
- Hvilke forskjeller identifiserer studentene når de løser oppgaver med og uten Modellus?

Studentene arbeidet i tre dager individuelt med aktiviteter som inneholdt, lineære funksjoner, kvadratiske funksjoner, parameterframstilling, vektorer, sirkelbevegelse ol.

Alle deltakerne i denne studien mente selv at de ikke hadde gode nok kunnskaper i fysikk, men hvor de fleste mente de hadde gode nok kunnskaper i matematikk.

De fleste studentene mente selv at aktivitetene med Modellus hadde gitt noen forbedringer, men at det likevel ikke var nok til å føle mestring i faget. Ni av de ti deltakerene syntes at fysikk og matematikk burde undervises mer integrert enn hva som blir gjort i undervisningen i skolen. Disse deltakerne mente at Modellus kan hjelpe med å nå dette målet. Hovedgrunnen for disse påstandene var, i følge deltakerne, forbedring i abstrakt tenkning og visualisering. Alle deltakerne i studien mente at Modellus ga de muligheten til å arbeide mer konkret med formelle objekter, siden de matematiske modellene ble mindre abstrakte.

3 Bakgrunn og teori

3.1 Multiple representasjonsformer i fysikk

Begrepet representasjonsformer er brukt i både matematikk – og fysikkdidaktikk, og i bredere læringspsykologiske sammenhenger (Dolin, 2002). I denne oppgaven bruker jeg begrepet representasjonsformer slik Dolin (2002) presenterer den, hvor fysikken ses på som en kultur hvor det er utviklet egne representasjonsformer. Representasjonsformene er forskjellig uttrykte former for viten om det samme fenomen eller hendelse. De utgjør kategorier, som hver innfanger generaliserende trekk ved fenomenet.

En inndeling av representasjonsformene vises i Dolin (2002), basert på Roth (1995).

- Fenomenologisk representasjon
- Eksperimentell representasjon
- Deskriptiv representasjon
- Matematisk – symbolsk representasjon
- Begrepsmessig representasjon

Det er verdt å merke seg at det er andre inndelinger enn den nevnte som også representerer fysikkfaget. Thorley og Stofflett (1996) referert i Dolin (2002) viser til inndelingen med hovedkategoriene: *språklige uttrykk, adskillende egenskaper, eksempler, bilder, analogier* eller *metaforer, kinetiske* eller *taktilske representasjoner* og andre representasjonsformer som *lydmessige*.

I denne oppgaven velger jeg å forholde meg til inndelingen som presenteres av Dolin (2002), hvor jeg ser denne inndelingen mer representativ for temaet i masteroppgaven.

Fenomenologisk representasjon: En opplevelse eller beskrivelse av et fenomen slik det umiddelbart opptrer. Det stilles krav til at elevene må ha evnen til å beskrive det sentrale, det vil si til å finne et fokus. En fenomenologisk representasjon er ikke en forutsetningsløs beskrivelse av hendelser og fenomener, men en fysikers oppfattelse av dem (Dolin, 2002).

Eksperimentell representasjon: Hvordan fenomenet opptrer eksperimentelt ved bruk av måleinstrumenter og annet utstyr, og også hvilke muligheter og begrensninger et eksperimentelt oppsett har (Angell, 2011; Dolin, 2002)

Deskriptiv representasjon: Innebærer forskjellige former for tallmessig og grafisk representasjon av fenomenet. Det innebærer å ha kjennskap til koordinatssystemet, og for eksempel å ha evne til å danne seg et bilde av en bevegelse ut fra posisjon – tid og hastighet – tid grafer. Det er en glidende overgang til det matematisk – symbolske, hvor mange tolkninger av grafiske representasjoner har et tilhørende matematisk uttrykk (Dolin, 2002)

Matematisk – symbolsk representasjon: Hvordan fenomenet representeres i form av matematiske symboler og likninger . Det er snakk om evnen til å se at det er en matematisk sammenheng som beskriver og eventuelt forklarer fenomenet, som kan uttrykkes i en matematisk modell eller likning. Det er en glidende overgang til den begrepsmessige representasjonen, hvor mange matematiske funksjoner kan oppfattes som sammenhenger og lovmessigheter, og forståelse av funksjonene forutsetter derfor forståelse av begrepene (Dolin, 2002).

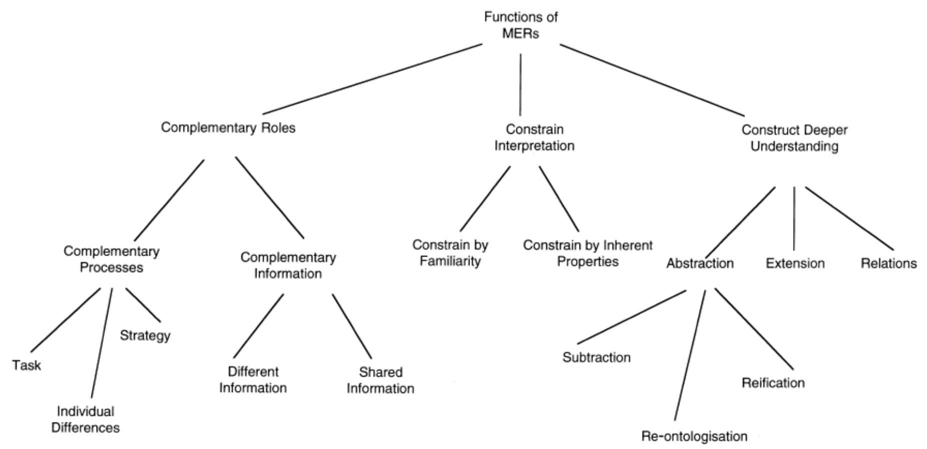
Begrepsmessig representasjon: Hvordan fenomenet kan uttrykkes gjennom klart definerte begreper og relateres til mer generelle sammenhenger (Angell, 2011). Det omhandler å bruke de generaliseringene som fysikere gjennom generasjoner har arbeidet seg fram til som nyttige beskrivelser og forklaringer på fysiske fenomener. Den begrepsmessige presentasjonsformen vektlegges mye i fysikkdidaktikken, fordi den ofte utgjør en helt annen inngang til fenomenet enn elevene er vant til (Dolin, 2002).

3.1.1 Representasjonsformenes rolle i undervisningen

Representasjonsformer er fyldig beskrevet i fysikkdidaktikken. Et omtalt tema er fysikkelevers utfordringer med fysikkens representasjonsformer (Angell et. al. 2011; Dolin, 2002; Guttersrud, 2008). Dette temaet vender jeg tilbake til, men først vil jeg fokusere på hvordan representasjonsformer kan bidra til økt læring i fysikkfaget.

Dolin (2002) beskriver læreprosessen i fysikk som en prosess, hvor individet tilegner seg et emnes representasjonsformer og beveger seg mellom representasjonsformene. Desto flere representasjoner som er integrert hos individet, desto bedre er forståelsen av emnet. Dolin (2002) presiserer at det er i transformasjonene mellom representasjonsformene forståelsen oppstår.

Ainsworth (1999) foreslår tre hovedfunksjoner som multiple representasjonsformer har i læringssituasjoner: *å komplementere*, *å begrense* og *å konstruere.* Ainsworth (1999) har utviklet en taksonomi av funksjonene multiple representasjoner har i læringssituasjoner.



Figur 3.1: En funksjonell taksonomi av multiple representasjoner (Ainsworth, S., 1999, s. 134)

Å bruke multiple representasjoner i komplementerende roller: Denne deles inn i to underkategorier: *komplementerende informasjon* og *komplementerende prosesser*. Den førstnevnte viser til at det ofte ikke er hensiktsmessig å presentere all informasjon i en representasjonsform. Ved å bruke multiple representasjonsformer tillates det at informasjon presenteres på måter som er mest passende til elevenes behov. Den sistnevnte viser til representasjonsformer som er like med hensyn til informasjon som gis. Ainsworth (1999) hevder det finnes en betydelig mengde litteratur som viser til at slike representasjonsformer likevel kan støtte forskjellige tolkninger. For eksempel, en likning og den tilhørende grafen er like med hensyn til informasjonen som gis. En likning gir en kompakt presentasjon av sammenhengen mellom størrelser, men sammenhengen mellom størrelsene gjøres mer tydelig i den tilhørende grafen.

Å bruke multiple representasjoner til å begrense tolkninger: Multiple representasjoner kan brukes slik at en representasjonsform brukes til å begrense tolkningen av en annen. For eksempel kan en animasjon begrense tolkningen av en hastighet – tid – graf. Ainsworth (1999) viser til en dokumentert misforståelse der elever mistolker en horisontal linje til å representere et objekt i ro. Å bruke en animasjon som viser objektet i bevegelse kan lede til en revurdering av oppfatningen av den grafiske representasjonen. En annen mulighet for begrensning av tolkning kan oppnås ved at de underliggende egenskapene til representasjonsform hjelper elevene til å utvikle den mente tolkningen av en annen representasjon. Et eksempel beskrives i Ainsworth (2008), en beskrivelse av et objekts bevegelse i tekstform kan være ”objektet beveger seg fra venstre til høyre”. I en animasjon som skal vise dette, må bevegelsen beskrives med en hastighet og akselerasjon. Dette vil kunne begrense tolkningen av beskrivelsen.

Å bruke multiple representasjoner til å konstruere en dypere forståelse: Denne funksjonen deles inn i tre underkategorier, *abstraksjon*, *utvidelse* og *sammenhengen mellom representasjonsformene*. Den førstnevnte omhandler at elevene kan konstruere referanser på tvers av representasjonsformene som tydeliggjør den underliggende strukturen av emnet de studerer. Abstraksjon kan støttes ved at samme modell brukes i flere situasjoner og løsriver sammenhengen mellom represesentasjonsformene fra spesifikke kontekster. Den andre funksjonen, utvidelse, er overføringen av kunnskap elevene har fra en kjent representasjonsform til en ukjent representasjonsform, uten reorganisering av kunnskapen. For eksempel kan elever vite hvordan en bestemmer akselerasjonen fra hastighet – tid –grafer. De kan deretter utvide deres kunnskap om akselerasjonen til en annen representasjon og få en forståelse for hvordan denne representasjonen framstiller den samme kunnskapen. Den tredje funksjonen, sammenhengen mellom representasjonsformene, handler om når elevene kjenner to eller flere representasjonsformer, men hvor sammenhengen er ukjent. Ainsworth (2008) viser til at målet med å undervise sammenhengen mellom representasjonsformer kan være sluttproduktet i seg selv, men også relateres til abstraksjon.

Ainsworth (2008) viser til at i denne funksjonelle taksonomien argumenteres det for at multiple representasjoner kan gi tre hovedfordeler for å støtte læring av naturvitenskapelige konsepter. Hun viser til at enhver kombinasjon av representasjonsformene kan støtte flere roller samtidig.

3.1.2 Elevers utfordringer med representasjonsformene

Det å oversette mellom de forskjellige representasjonsformene oppleves vanskelig for fysikkelever (Dolin, 2002). Undersøkelser viser at selv om elever har lært to representasjonsformer bruker de primært bare den ene, og at kun få elever har forstått hvordan de to representasjonsformene henger sammen (Dolin, 2002). I intervju med norske fysikkelever viste Guttersrud (2008) at elevene har vansker med å knytte konstantene a og b i det generelle andregradsuttrykket $f(x) = ax^2 + bx + c$ til formen og orientasjonen til den grafiske representasjonen.

Angell et. al. (2011) viser til at forholdet mellom matematikk og fysikk har vært, og er, et stadig tilbakevendende tema i fysikkdidaktikken. Guttersrud (2008) viser til at elever har problemer med å se sammenhengen mellom en matematisk likning og likningene de arbeider med i fysikken. Et eksempel er fysikkformelen $s = vt$, og den samme likningen i matematikk $y = ax$, Guttersrud (2008) viser til at elever ofte ikke har tenkt på at disse to likningene er den samme likningen. Erickson (2006) mener forklaringen er todelt. Den første er knyttet til bruk av symbolene x og y i matematikkfaget, hvor grafer og ligninger med bruk av andre symboler er ukjente for elevene. Den andre er at det i matematikkfaget sjeldent blir spurt om tolkningen av stigningstall og konstantledd, og skjer dette, er det ikke i kontekster som ligner fenomener de arbeider med i fysikkundervisningen.

3.2 Modeller og modellering

Modeller er essentiell i produksjonen, overføringen og aksept av naturvitenskaplig kunnskap. De har en funksjon som en bro mellom naturvitenskapelig teori og verdenen vi erfarer (Gilbert, 2004).

En modell kan defineres som konseptuell representasjon av et virkelig objekt, hendelse, prosess eller et system (Guttersrud, 2008; Hestenes, 1987). Felles for ulike definisjoner av en modell, er at en modell er en forenklet beskrivelse laget for å analysere et fenomen (Guttersrud, 2008). Modellene i fysikk er matematiske modeller, og fysiske egenskaper er representert ved kvantitative variabler i modellene. Fysikk, mer enn andre vitenskapsgrener, bruker modellering som et verktøy i forskningen. Innenfor flere grener av fysikken i dag, handler forskningen om å lage og forbedre modeller for å beskrive fenomener som f. eks. klimaet, universet eller atomkjernene. Modeller og modellering har fått økende oppmerksomhet fra det naturvitenskapelige utdanningsmiljøet som viktige komponenter i samtids naturvitenskaplig utdanning (Angell, Kind, Henriksen, Guttersrud, 2008). Både fordi modeller og modellering ses på som en del av fysikkens egenart, og fordi de ses på som hensiktsmessig for læring av fysiske konsepter og prosesser.

Gilbert (2004) peker på at utfordringene med læring og undervisning i naturfagene har røtter i utformingen av læreplanene i naturfagene, og viser til at læreplanene kan beskrives som sedimentære, i den forstand at informasjon kontinuerlig tilføres og produserer et innhold av isolerte kunnskapsbiter. Han foreslår at modeller og modellering vil være et skritt mot å gjøre undervisningen i naturfagene mer autentisk. Wells, Hestenes og Swackhamer (1995) hevder at kunnskapen studenter tilegner seg fra tradisjonell undervisning i fysikk er fragmentert og diffus. ”To most students the physics course appears to be «one damn thing after another», so they are forced into rote methods to learn it.” (Wells, Hestenes og Swackhamer, 1995, s. 607)

Hestenes (1987) peker også på fysikkstudenters utfordringer med problemløsning i fysikkfaget. Utfordringen for elevene er, i følge Hestenes (1987), at problemløsning tradisjonelt er undervist ved å gi eksempler til elevene, hvor likninger skrives ned og løsninger presenteres. Elevene ser valg av riktig likning som nøkkelprosessen i problemløsningen. Hestenes (1987) mener at all problemsløsning i fysikk primært er en modelleringsprosess. Hestenes (1987) viser til at en vanlig praksis blant fysikere og matematikere, deriblant lærebokforfattere, er at likningene i modellen identifiseres som selve modellen. Dette medfører at tolkningen av modellen tas for gitt, og studentene oppfatter ikke tolkning som en viktig komponent i modellen.

> *Without an interpretation the equations of a model represent nothing; they are merely abstract relations among mathematical variables. Undoubtley, this is how the equations often appear to confused physics students, who have not developed the ability of the instructor to supply an interpretation automatically. (Hestenes, 1987, s.442)*

Hestenes har i flere artikler tatt for seg modelleringsaspektet i fysikkundervisningen (Hestenes, 1987; Wells, Hestenes, Swackhamer, 1995). Et viktig poeng i Hestenes (1987) er bruk av representasjoner. Han skiller mellom eksterne og interne (mentale) representasjoner. Eksterne representasjoner er i form av matematiske symbol, frilegeme diagrammer med kraftvektorer, bane med hastighetsvektorer osv. Hestenes (1987) presiserer at de ikke vet mye om mentale representasjoner, men at de vet at de er knyttet til eksterne representasjoner, og at utviklingen av fysisk intuisjon kan stimuleres ved hensiktsmessige erfaringer med eksterne representasjoner.

3.3 Mortimer og Scotts ”Meaning Making in Secondary Science Classrooms.”

I boken ”meaning making in secondary science classroom” av forfatterene Eduardo Mortimer og Phil Scott ligger fokuset på de ulike formene for interaksjon mellom lærer og elever, og mellom elevene i klasserommet, og hvordan disse formene for interaksjon kan bidra til meningsskaping og læring. I boken presenterer de et analytisk rammeverk som et utviklet fra ulike aspekter fra den sosiokulturelle teorien, i hovedsak fra Vygotsky og Bakhtin. De presenterer rammeverket som et sett av teoretiske hjelpemidler for å analysere og karakterisere de ulike måtene en lærer leder samtalen i naturfagsundervisningen på for å fremme elevers læring. Fokuset til boken er å utvide linken mellom dialog, meningskaping og læring. Forfatterene mener at dialogen er svært sentral i denne prosessen. Mortimer og Scott (2003) mener innholdet i boken involverer en forflytting fra fokuset på alternative forestillinger, mot hvordan elever skaper individuell mening gjennom dialog i undervisningen. De kaller dette et post – konstruktivistisk paradigme, men de forkaster ikke det konstruktivistiske programmet.

Lære naturvitenskap

Fra det sosiale plan til det individuelle plan

Sentral i Vygotskys perspektiv er ideen om at utvikling og læring involverer en overgang fra den sosiale konteksten til en individuell forståelse (Vygotsky, 1978, referert i Mortimer og Scott, 2003). Det er en overgang fra det sosiale plan (intermentale plan) til det individuelle plan (intramentale plan), denne prosessen kalles for internalisering (Mortimer og Scott, 2003; Leach og Scott, 2003). Prosessen internalisering involverer alltid at individet skaper mening og forståelse av innholdet som presenteres på det sosiale plan. Mortimer og Scott (2003) argumenterer for at dette er en dialogisk prosess. Ord, i seg selv, har ikke en unik mening, et ords mening er avhengig av konteksten det er ytret.

Sosiale språk

Mortimer og Scott (2003) viser til Bakhtins begrep *sosiale språk*, ”a discourse peculiar to a specific stratum of society (professional, age group etc) within a given social system at a given time”. Wertsch (1991) referert i Mortimer og Scott (2003) har bygget på ideen om Bakhtins sosiale språk og foreslår at de forskjellige sosiale språkene som individer tilegner seg kompetanse i utgjør verktøy til måter å snakke på og å tenke på. I denne betydningen utgjør naturvitenskapen et eget sosialt språk med sine egne måte å snakke om og tenke på verdenen vi erfarer. Leach og Scott (2003) viser til at forskjellen mellom den hverdagslige måten å snakke om verden på, og den naturvitenskapelige utgjør et læringsbehov. Oppgaven for elevene er å forstå vitenskapelige ideer, og å internalisere en versjon av disse for sitt eget bruk. Elever møter denne utfordringen med å skape et meningsinnhold av disse ideene presentert på de sosiale plan, ved å bruke sine hverdagsforestillinger som den viktigste intellektuelle ressursen (Leach og Scott, 2003). De mener at en analyse av forskjellen mellom hverdagslige og vitenskapelige måter å snakke om verden på i ulike områder av naturvitenskapen kan være nyttige til å forklare hvorfor prosessen internalisering viser seg å være problematisk for mange elever. Forskjellene kan være konseptene som brukes, ontologiske antagelser og det epistemologiske underliggende om hvordan kunnskapen brukes (Leach og Scott, 2003).

Undervise i naturvitenskap

Hva er så involvert i å undervise i naturvitenskap? Mortimer og Scott (2003) mener at lærerens oppgave involverer å presentere det sosiale språket til naturfaget. Fra Vygotskys perspektiver på læring og utvikling, hevder de at naturfagsundervisningen må involvere tre fundamentale deler. Lærer må gjøre de vitenskapelige ideene tilgjengelig på det sosiale planet i klasserommet. Læreren må assistere elevene til å skape mening, og internalisere disse ideene. Til slutt må læreren støtte elevene i bruken av disse ideene, hvor ansvaret gradvis overlates til elevene.

Den første delen omhandler det Mortimer og Scott refererer til som å introdusere og utvikle den vitenskaplige historien.

> *Related to this idea of 'building up' the scientific story, Vygotsky (1934) makes the point that scientific concept do not have a direct relationship with the objects that they refer to in the world: this relationship is always mediated by other concepts.*(…) *Most of the science concept we refer to in science classrooms, such as charge, current and energy, are theoritical entities, which are part of a conceptual system, and meanings are therefore develop for them as they are talked about and used in relation to the other parts of this system. (Mortimer og Scott, 2003, s. 18).*

Sutton (1996) referert i Leach og Scott (2003) mener at læreren må overbevise elevene om verdien og gangbarheten til den vitenskapelige historien.

Det analytiske rammeverket

Nedenfor vises et skjematisk framstilling av det analytiske rammeverket utviklet av Mortimer og Scott (2003)

<table>
<tr><th></th><th colspan="2">ASPECT OF ANALYSIS</th></tr>
<tr><td>FOCUS</td><td>1 teaching purposes</td><td>2 Content</td></tr>
<tr><td>APPROACH</td><td colspan="2">3 Communicative approach</td></tr>
<tr><td>ACTION</td><td>4 Patterns of discourse</td><td>5 Teacher interventions</td></tr>
</table>

Figur 3.2: Analytisk rammeverk (Mortimer og Scott, 2003, s. 25)

I denne oppgaven benyttes kun enkelte deler av det analytiske rammeverket. Dette dreier seg om innholdet i dialogen i klasserommet, som jeg vil benytte meg av i diskusjonen rundt innholdet i dialogen mellom deltakerne i undersøkelsen.

Innhold

Dette aspektet omhandler innholdet i dialogen i klasserommet. Analysen av innholdet er delt inn i tre kategorier; ”everyday – scientific”, ”description – explanation – generalization”, ”empirical – theoretical”.

Den første kategorien handler om det sosiale språket som brukes i undervisningen, og baseres på Vygotskys begrepsdanning med spontane og vitenskapelige begreper.

De to andre kategorien fokuserer på tre fundamentale egenskaper ved naturvitenskapens sosiale språk, beskrivelser, forklaring og generalisering. Mortimer og Scott (2003) skiller mellom empirisk og teoretisk beskrivelse. Empirisk beskrivelse er en beskrivelse av et fenomen i form av observerbare egenskaper til fenomenet. En teoretisk beskrivelse støtter seg til teoretiske størrelser som ikke er observerbare egenskaper til fenomenet. Den sistnevnte er den viktigste i konstruksjonen av den vitenskapelige historien, siden det ikke bare er fenomenet som er av interesse, men hvordan fenomenet er rekonstruert ved de tilgjengelige teoretiske begrepene (Mortimer og Scott, 2003). Forklaring refererer til utsagn som etablerer sammenhengen mellom fenomenet og begrepene, ved bruk av en teoretisk modell til å gjøre rede for et fenomen. Det skilles også mellom empiriske og teoretiske forklaringer. En generalisering er ikke begrenset til et spesielt fenomen, men uttrykker en generell egenskap til fysiske størrelser. En generalisering kan være empirisk eller teoretisk. Dette utgjør et begrepsapparat til å skille hvordan elevene snakker om fenomen.

Kommunikasjonens innfallsvinkel

Mortimer og Scott (2003) viser til ”communicative approach”. Dette aspektet i rammeverket fokuserer på om det forekommer en interaksjon mellom lærer og elever, og om lærer tar tak i elevenes egne forestillinger i undervisningen. Mortimer og Scott (2003) har i sitt rammeverk utviklet en analyse av kommunikasjonens innfallsvinkel i dimensjonene ”dialogic – authoritative” og ”interactive – non-interactive”.

Den første dimensjonen er mellom de to ytterpunktene: lærer hører hva elevene har å si fra elevenes synspunkt, eller lærer hører hva elevene har å si kun fra naturvitenskap i skolens synspunkt. Begrepet ”dialogic” viser til at flere stemmer høres, ulike elevideer presenteres i samtalen og diskuteres. Slik begrepet presenteres i Mortimer og Scott (2003), handler dette ikke om dialog i klasserommet, det brukes om flere ideer som blir presentert, enten av lærer alene eller gjennom samtale mellom lærer og elever. Begrepet ”authoritative” viser til at det er kun den vitenskapelige ideen som presenteres, og ingen diskusjoner om forskjellige ideer. Den andre dimensjonen er hvorvidt det er deltakelse fra elevene i undervisningen, eller ikke.

Ved å kombinere de to dimensjonene, kan enhver undervisningssekvens lokaliseres i en kontinuum mellom dimensjonene vist i figur 3

	INTERACTIVE	NON-INTERACTIVE
DIALOGIC	A Interactive/ dialogic	B Non-interactive/ dialogic
AUTHORITATIVE	C Interactive/ authoritative	D Non-interactive/ authoritative

Figur 3.3: Fire klasser av kommunikasjonens innfallsvinkel (Mortimer og Scott, 2003, s.35)

4 Metode

I arbeidet med denne oppgaven har jeg fått bruk for samfunnsvitenskapelig metode i arbeidet med innsamling og analyse av datamaterialet. Denne våren gjennomførte jeg en observasjonsstudie av fysikk 1 elever i arbeid med tre aktiviteter i Modellus. I tillegg intervjuet jeg deltakerne etter arbeidet med aktivitetene.

I dette kapittelet beskrive jeg gjennomføringen av undersøkelsen. Jeg beskriver også metodelitteraturens anbefalinger av gjennomføring av datainnsamling.

4.1 Samfunnsvitenskapelig metode

Samfunnsvitenskapelig metode dreier seg om hvordan vi skal gå fram for å få informasjon om den sosiale virkeligheten, og hvordan vi skal gå fram for å analysere denne informasjonen, og hva den forteller oss om samfunnsmessige forhold og prosesser (Johannesen, A., Tufte, P.A., Christoffersen, L., 2010). Samfunnsvitenskapelig metode dreier seg altå om å samle, analysere og tolke data. Hellevik (2007) referert i Johannesen et. al. (2010) skriver følgende om samfunnsvitenskapelig metode

> *Metodelæren hjelper oss å treffe hensiktsmessige valg. Den gi oss oversikt over alternative fremgangsmåter og konsekvenser av å velge de enkelte alternativene. Gjennom metodelæren drar vi nytte av tidligere forskeres erfaringer, vi er ikke henvist til å bare lære gjennom prøving å feiling. Ved å følge rådene får vi også hjelp til å motstå fristelsen til å bruke fremgangsmåter som øker sjansen for at undersøkelsen skal gi nettopp de resultatene vi ønsker (Johannesen, A., Tufte, P.A., Chistoffersen, L., 2010, s. 29)*

I dette kapittelet presenterer jeg i grove trekk datainnsamlingen i forbindelse med oppgaven, og hvordan denne er et resultat av en rekke anbefalinger presentert i metodelitteraturen.

4.2 Kvalitativ metode

Johannesen et. al. (2010) viser til at kvalitative undersøkelser er hensiktsmessige hvis vi skal undersøke fenomener som vi ikke kjenner særlig godt, og som det er forsket lite på, og når vi undersøker fenomener vi ønsker å forstå mer grundig. Ary, D., Jacobs, L.C., Sorensen, C. (2010) viser til at kvalitative undersøkelser søker å forstå et fenomen ved å fokusere på hele bildet, målet er å gi en fyldig beskrivelse av fenomenet slik det forekommer i bestemte sosiale settinger. Ary et. al. (2010) viser til at kvantitativ forskning har vært dominerede i forskningen innen utdanning. I de siste tiårene har det oppstått en endring mot kvalitative undersøkelser, Ary (2010) peker på at dette skyldes at kvantitative undersøkelser ikke tar høyde for deltakerenes perspektiver og og erfaringer.

> *Qualitative inquirers argue that human behavior is always bound to the context in which it occurs, that social reality cannot be reduced to variables in the same manner as physical reality, and that what is most important in the social disciplines is understanding and portraying the meaning that is constructed by the participants involved in particular social settings or events.*

(Ary et. al., 2010, s. 420)

Validitet og realibilitet

Når virkeligheten observeres og registreres på en eller annen måte, er virkeligheten blitt data. Data er mer eller mindre vellykket representasjoner av virkeligheten (Johannesen et. al., 2010). I Johannesen et.al. (2010) behandles begrepene data og empiri synonymt med hverandre. Det vil i denne oppgaven ikke gis en inngående diskusjon om begrepene data og empiri, det vises til Johannesen et. al. (2010) for en diskusjon om begrepene.

Et grunnleggende spørsmål i all forskning er datas reliabilitet. Reliabilitet brukes om nøyaktigheten av undersøkelsens data, hvilke data som brukes, den måten de samles inn på, og hvordan de bearbeides (Johannesen et. al., 2010). Et annet grunnleggende spørsmål i forskning er datas relevans, eller validitet. Data er representasjoner av virkeligheten, validitet knytter seg da til hvor godt, eller relevant, data representerer fenomenet (Johannesen et. al., 2010). Johannesen et. al. (2010) skiller mellom forskjellige former for validitet: *begrepsvaliditet*, *intern validitet* og *ytre validitet*. Ary et. al. (2010) bruker begrepene intern validitet og ytre validitet i kvantitative undersøkelser.

I kvalitative undersøkelser brukes begrepene *credibility*, *transferability*, *dependability* eller *trustworthiness* og *confirmability* (Ary et. al. 2010). Oversatt til norsk brukes begrepene pålitelighet, troverdighet, overførbarhet og bekreftbarhet. Det er viktig å merke seg at de to verkene behandler begrepene noe ulikt, i denne oppgaven forholder jeg meg til begrepene slik de presenteres i Johannesen et. al. (2010).

I Johannesen et. al. (2010) brukes begrepet pålitelighet analogt med reliabilitet. Påliteligheten knytter seg til undersøkelsens data, på samme måte som reliabilitet. Johannesen et. al. (2010) viser til at begrepepet pålitelighet er mer hensiktsmessig i kvalitative undersøkelser, grunnet at det ikke benyttes strukturerte datainnsamlingsteknikker.

Johannesen et. al. (2010) bruker begrepet troverdighet i kvalitative undersøkelser analogt med begrepsvaliditet i kvantitative undersøkelser. Troverdighet dreier seg om i hvilken grad forskerens framgangsmåter og funn på en riktig måte representerer virkeligheten og reflekterer formålet med studien.

Johannesen et. al. (2010) bruker begrepet overførbarhet i kvalitative undersøkelser analog med ekstern validitet i kvantitative undersøkelser. I kvalitative undersøkelser er det snakk om overføring av kunnskap, en undersøkelses overførbarhet dreier seg om hvorvidt beskrivelser, begreper, fortolkninger og forklaringer er nyttige på andre områder enn det som studeres (Johannesen et. al., 2010).

Bekreftbarheten skal sikre at funnene er et resultat av forskningen, og ikke et resultat av forskerens subjektive holdninger (Johannesen et. al., 2010). Begrepet objektivitet brukes også i denne sammenheng.

4.3 Observasjonsstudier

Johannesen et. al. (2010) viser til at det som regel er fire måter å samle inn kvalitative data på: intervjuer med åpne spørsmål, direkte observasjoner, skrevne dokumenter og lyd – og bilde materiale. Johannesen et. al. (2010) viser til hva mennesket forteller oss er en viktig kvalitativ kilde, men at det er begrenset hvor mye vi kan lære av hva mennesket sier.

> *Interview and questionnaire responses are notorious for discrepancies between what people say that they have done, or will do, and what they actually did, or will do. (Robson, 2002, s. 310)*

Robson (2002) viser til at en stor fordel med observasjon som teknikk for datainnsamling er at man ikke spør mennesker om deres syn, følelser eller holdninger, men at man ser hva de gjør og hører på hva de har å si. Johannesen et. al. (2010) viser til at observasjon egner seg godt som metode når forsker ønsker direkte tilgang til det han undersøker, for eksempel samhandling mellom mennesker i et klasserom.

Johannesen et. al (2010) viser til at observasjonens setting er der observasjonen konkret gjennomføres. Det skilles mellom *naturlige settinger* og *arrangerte settinger*. Johannesen et. al. (2010) viser til at arrangerte settinger anvendes i liten grad fordi det er vanskelig og dyrt å arrangere en setting kun for en studies skyld. Johannesen et. al. (2010) viser til at naturalistiske studier gjennomføres i en naturlig setting fordi det fenomenet som studeres, gir like mye mening ut fra sine omgivelser som ut fra fenomenet selv. Dette vil si at fenomenet ikke kan separeres fra den sammenhengen det er erfart i.

Observatørens rolle

Johannesen et. al. (2002) viser til fire observatørroller i dimensjonene grad av åpenhet og grad av deltakelse. Disse fire observatørrollene er: *deltakende observatør*, *observerende deltaker*, *ren observatør*, *tilstedeværende observatør*.

- *Deltakende observatør:* Forsker blir en del av det miljøet han studerer. Rollen som observatør og forsker er skjult.
- *Observerende deltaker:* Forsker blir en del av det miljøet han studerer. Rollen som observatør og forsker er kjent for de andre deltakerne.
- *Ren observatør:* Forsker deltar ikke i fenomenet som er gjenstand for observasjon. Deltakerne kan ikke se forsker og vet ikke at de blir observert.
- *Tilstedeværende observatør:* Forsker deltar i liten grad i den ordinære samhandlingen mellom deltakerne i det fenomenet som er gjenstand for observasjon. Her engasjerer forsker seg gjennom samtaler og intervjuer, men ikke som deltaker.

(Johannesen et. al., 2010)

Dokumentasjon

Det er en rekke valg som må tas når det gjennomføres et observasjonsstudie. Dette innebærer valg av observatørrolle, valg av setting og valg av fokus i undersøkelsen. Forsker må også bestemme seg for hvordan observasjonen dokumenteres. Bruk av feltnotater, båndopptaker eller kombinasjon av begge er vanlige i observasjonsstudier. Dette avhenger av observasjonens setting og rollen til observatør. Et annet viktig spørsmål er hva som skal dokumenteres. Ary et. al. (2010) viser til at det er to komponenter av det som dokumenteres. Den første er den deskriptive delen som inneholder en beskrivelse av settingen, deltakerne og deres samhandling, og hendelsene. Den andre er den reflekterende delen som inneholder observatørens inntrykk av hendelsene, kommentarer til forskningsmetoden, tanker om analyse.

Analyse

Johannesen et. al. (2010) viser til at den som har samlet inn dataene er også den som bør analysere og tolke dem. Dette er fordi teorier, hypoteser og forskerens forforståelse er viktige utgangspunkt for dataanalysen.

Johannesen et. al. (2010) viser til at selv om analyse og fortolkning vanligvis glir over hverandre i kvalitative studier, er det noen forskjeller mellom de to: *Å analysere* betyr å dele noe opp i mindre biter. Det som forskes på betraktes som sammensatt av enkelte bestanddeler, og målet er å avdekke en mening, eller et mønster i datamaterialet. Etter analysen skal forsker trekke en konklusjon som svarer på problemstillingen. *Å tolke* betyr å sette noe inn i en større ramme eller sammenheng. Når forskeren tolker, ser han på hvilke konsekvenser analysen og konklusjonene har for det som undersøkes. Johannesen et. al. (2010) viser til at det er vanlig å ta utgangspunkt i teori på det området man forsker på. Etter fortolkningen bør forsker ha oppnådd hensikten med undersøkelsen.

Ulemper ved observasjon

Ary et. al. (2010) viser til trusler mot undersøkelsens validitet og reliabilitet. Det vises til at når deltakere vet de blir observert, vil de kanskje opptre annerledes enn hva de vanligvis ville gjort. Denne innvirkningen observatør har på deltakerne i undersøkelsen kalles observatøreffekt, og kan i følge Ary et. al. (2010) gi et uriktig bilde av deltakerne og deres samhandling. Et annet problem med bruk av observasjon i datainnsamlingen er observatørbias (Ary et. al., 2010). Dette oppstår når observatørens holdninger, verdier og erfaringer påvirker observasjonen og/eller fortolkningen av observasjonen.

4.3.1 Observasjon i denne studien

Hensikten med masteroppgaven er og undersøke hvordan elever kan bruke Modellus i fysikkundervisningen. Det innebærer å undersøke om hvilken effekt arbeid med Modellus har på læring i fysikk – i dette tilfellet fysiske fenomener under hovedområdet klassisk mekanikk. Å stille elevene spørsmål om effekten av å arbeide med Modellus vil ikke gi tilstrekkelig informasjon. Det kunne blitt utviklet før- og ettertester som kunne gi svar på dette, men vi mister da informasjonen om hvordan arbeid med Modellus kan bidra til økt forståelse. Jeg valgte derfor å observere elever i arbeid med Modellus.

Rekruttering av deltakere

Det var på forhånd bestemt at jeg skulle gjennomføre studien med elever i programfaget fysikk 1. Videre var det ønskelig at deltakerne i studien hadde tidligere hadde arbeidet med klassisk mekanikk. Jeg tok i månedskiftet november/desember kontakt med en faglærer for to klasser i programfaget fysikk 1 ved en skole i Akershus fylkeskommune. Ved denne skolen er jeg ansatt i en 25 % stilling som faglærer i matematikk. I løpet av dagene 16. og 17. februar besøkte jeg de to klassene og introduserte de for Modellus og prosjektet. Fem elever fra den første klassen, og sju elever fra den andre meldte seg frivillig til å delta i undersøkelsen. Til sammen var det tolv deltakere som deltok i undersøkelsen

I en fleksibel studie er det vanskelig å bestemme antall observasjonsseksvenser som er nødvendig. Robson (2002) viser til at det anbefales at man fortsetter til en når saturasjon, det vil si når datainnsamlingen bidrar lite eller ingenting til hva en allerede har lært. Morse (2002) referert i Robson (2002) viser til at antall deltakere, observasjoner som er nødvendig i en fleksibel studie for å nå saturasjon avhenger av flere faktorer: studiens formål, temaet som tas opp, kvaliteten på dataene.

Å velge antall observasjonssekvenser er ikke alltid valg bestemt fra metodelitteraturens anbefalinger. Avtalen som ble gjort med lærer var at jeg kunne dele deltakerne inn i fire grupper, der hver gruppe kunne tas ut av fysikkundervisningen i to timer. Det ble avtalt med deltakerne at de kunne bruke noen fritimer på å delta i undersøkelsen, men på grunn av ulike timeplaner var dette vanskelig å gjennomføre. Deltakerne ble delt inn i en gruppe på to elever, to grupper på tre elever og en gruppe på fire elever.

Min rolle som observatør

Min rolle som observatør kan beskrives som tilstedeværende observatør, beskrevet i Johannesen et. al. (2010). I denne rollen deltar forsker i liten grad i den ordinære samhandlingen mellom deltakerne i feltet som studeres. Her engasjerer forsker seg gjennom samtaler og intervjuer, men ikke som deltaker. Min rolle som observatør kan riktignok ikke sies å være helt i tråd med hvordan Johannesen et. al (2010) beskriver tilstedeværende observatør. Jeg vil ikke betrakte meg som deltaker i aktivitetene selv om jeg i noen tilfeller tok del i diskusjonene mellom deltakerne. I flere tilfeller stoppet diskusjonene på grunn av at deltakerne var usikre på innholdet i Modellus, i disse tilfellene ga jeg de faglige innspill og foreslo hvordan de kunne løse problemet. Det hendte også at deltakerne startet på uhensiktsmessige aktiviteter, jeg valgte i disse tilfellene å sette deltakerne på riktig spor. Det er med andre ord flere avvik mellom min rolle og rollen Johannesen et. al. (2010) beskriver. Solberg (1996) viser til at den distanserte forskeren er et ideal i en del av litteraturen om kvalitative metoder, men at en slik forskerrolle sjelden er mulig. Hun viser videre til at i de fleste tilfeller vil ikke de utforskende akseptere en slik rolle. Her mener Solberg (1996) at deltakerne vil kreve at forskeren tar del i deres verden og at de vil innordne forskeren i en rolle de er kjent med fra før. Det er lite trolig at deltakerne ville akseptert en rolle hvor jeg ikke bidro til hjelp i de tilfellene det var nødvendig.

Utforming av aktiviteter

Som tidligere nevnt ble det utviklet tre aktiviteter til denne undersøkelsen: *loddrett kast uten luftmotstand*, *lodd festet i fjær* og *loddrett kast med luftmotstand*. I den første aktiviteten skulle deltakerne modellere et loddrett kast uten luftmotstand ved bruk av bevegelseslikningene. I den andre aktiviteten skulle deltakerne utforske en modell av den harmoniske oscillatoren, konkretisert ved lodd festet i fjær. Denne aktiviteten inneholdt ingen implementasjon av en modell i Modellus, modellen var utviklet på forhånd. I den tredje aktiviteten skulle deltakerne modellere et loddrett kast med luftmotstand ved bruk av iterative likninger, beskrevet i kapittel 2.

Aktivitene er valgt ut på bakgrunn av hvilke temaer elevene kan diskutere. Aktivitene måtte også kunne presenteres for elevene på kort tid. Dette innebærte at aktivitetene måtte omhandle begreper som var kjent for deltakerne.

Gjennomføring

De to første aktiviteten ble gjennomført i samme observasjonsøkt. Den tredje aktiviteten ble gjennomført i en observasjonsøkt. De ble i alt gjennomført fem observasjonsøkter. To av gruppene gjennomførte aktivitetene loddrett kast uten luftmotstand og lodd festet i fjær. Tre av gruppene gjennomførte aktiviteten loddrett kast med luftmotstand. Hver økt varte to skoletimer. Observasjonens setting var et klasserom eller grupperom ved skolen. Deltakerne samarbeidet rundt en datamaskin. For gruppen på fire deltakere ble de brukt prosjektor for å sørge for aktiv deltakelse av alle. Øktene startet med en kort introduksjon til Modellus, denne varte omtrent 10 minutter. Tema for introduksjonen var lineær akselerert bevegelse. For aktivitene *lodd festet i fjær* og *loddrett kast med luftmotstand* ble det gjennomført en introduksjon til temaet.

Til hver aktivitet ble det utviklet et sett med med diskusjonsoppgaver. Formålet med diskusjonsoppgavene er å skape en diskusjon om innholdet i Modellus. Mer konkret omhandler diskusjonsoppgavene sammenhengen mellom representasjonsformene i Modellus. Flere av diskusjonsoppgavene som ble forberedt hadde en overordnet struktur, deltakerne skulle først prøve å bestemme utseende på den grafiske framstillingen, så skulle de undersøke hvordan den ser ut, og til slutt forklare. Med en slik inndeling er det mulig å redegjøre for deltakernes tidligere kunnskaper.

Leiulfsrud og Hvinden (1996) beskriver dette som et delvis strukturert opplegg. Her vises det til tilfeller hvor spørsmål er forankret i tidligere forskning og relevant teori på området. Leiulfsrud og Hvinden viser til at dette vil forenkle analysen og tolkningen i en senere fase. Leiulfsrud og Hvinden (1996) viser til at en forutsetning for at dette skal fungere, er at forskeren til enhver tid kan takle de utfordringene som ligger i å improvisere når intervjuet/observasjonen ikke følger de spor forsker hadde tenkt seg.

Et viktig spørsmål meldte seg når de kom til diskusjonsoppgavene. Hvordan skulle disse presenteres for deltakerne? Valget stod mellom å presentere de muntlig for deltakerne, eller å utvikle et oppgavesett for deltakerne. Jeg valgte det førstnevnte. Dette ga meg mulighet til kontrollere flyten i diskusjonen mellom deltakerne, hvor jeg kunne presentere de for nye diskusjonsoppgaver når de hadde dekket et tema på tilstrekkelig vis. En annen grunn for at jeg valgte å presentere diskusjonsoppgavene muntlig var at jeg ikke hadde kjennskap til det faglige nivået på deltakerne. Denne utfordringen er lettere å ta tak ved muntlig presentasjon av diskusjonsoppgavene. Flere ganger var hensiktsmessig å avvike fra de planlagte diskusjonsoppgavene. Nye problemstillinger dukket opp, og som var nødvendig å følge opp.

Behandling av datamaterialet

I observasjonen av deltakernes arbeid med Modellus ble det brukt en båndopptaker i tillegg til notater. Lydopptakene fra datainnsamlingen ble transkribert. Det er en rekke valg som må foretas når en skal transkribere opptak fra intervju og observasjoner. Kvale (2009) viser noen standardvalg som bør tas. Skal transkribsjonene foretas ordrett, ord for ord med alle gjentakelser og med registrering av uttalelser som ”eh”, ”ehm”, ”hmm”, eller skal intervjuet transkriberes til en formell skriftlig stil. Videre viser Kvale (2009) utvelgelsen av hvilke av de mange dimensjonene av muntlige intervjusamtaler som skal med i den skriftlige transkripsjonen. Dette dreier seg om pauser, intonasjonsmessige utstrekninger og følelsesuttrykk som latter og sukk. Kvale (2009) viser til at det ikke finnes noen korrekte standardsvar på slike spørsmål, dette avhenger av hva transkripsjonene skal brukes til.

Jeg velger å transkribere opptakene fra intervjuene og observasjonene nærme ordrett, men velger å skrive ordene på korrekt skriftlig form. Jeg tar med uttalelser som ”eh”, ”ehm” og ”hmm”. Jeg vil argumentere for at dette er nødvendig for å kunne benytte transkripsjonene til å besvare forskningsspørsmålet, der deltakernes diskusjon rundt innholdet i Modellus er sentralt. Upresise formuleringer med bruk av fysikkfaglige begreper er viktig del av dette. Følelsesuttrykk som latter vil også presiseres i transkripsjonene, det vil også den muntlige dimensjonen ironi, i de tilfellene det har avgjørende rolle for meningsinnholdet i uttalelsen. Kvale (2009) viser til at begrepet setninger passer til den skriftspråklige tradisjonen og ikke lar seg enkelt overføre til talespråket. I skriftspråket avhenger meningsinnholdet av hvor man setter komma og punktum, og hvor man i transkripsjonene setter komma og punktum er en fortolkningsprosess. Jeg velger i mine transkripsjoner å sette komma og punktum for å gjøre de mer lettleselige. I disse transkripsjonene er det da jeg som har tolket setningens meningsinnhold, er jeg usikker på hva en deltakerene sier, velger jeg å skrive ordrett uten bruk av komma og punktum.

Analyse av datamaterialet

Analyse går i all hovedsak ut på å dele inn datamaterialet i kategorier. Diskusjonsoppgavene fungerte som en første kategorisering, hvor datamaterialet var inndelt etter hvilken oppgaver deltakerne arbeidet med. Dette forenklet prosessen med å sammenligne gruppene. Denne inndeling ga imidlertid liten innsikt og jeg startet med å utvikle nye kategorier.

I denne oppgaven kategoriserer jeg datamaterialet i tråd med det Sivesind (1996) beskriver som temaorientert koding. Dette innebærer at man velger ut tekstbiter fra datamaterialet med mer eller mindre klar relevans for et bestemt tema, og gir disse tekstbitene samme kode. Dette er temaer som sammen med datamaterialet lar seg belyse av teori og tidligere empirisk forskning.

I kapittel 5 presenteres datamaterialet slik det er strukturert av diskusjonsoppgavene. Resultatene er presentert kronologisk for hver gruppe. Dette var nødvendig for å gi et oversiktlig bilde av hendelsesforløpet. Temaene som ble utformet i analysen presenteres i kapittel 6.

4.4 Intervju i fokusgrupper

Etter aktivitetene i Modellus intervjuet jeg deltakerne. Dette intervjuet betegner jeg som fokusgruppeintervjuer. Formålet med dette interjuet var å få større innsikt i deres tidligere erfaringer med multiple representasjoner. Det var også et formål å redegjøre for deres synspunkter om programvaren Modellus, og aktivitetene de arbeidet med. Her var det fokus på å avdekke synspunkter som ikke kommer fram i observasjonene.

Robson (2002) presenterer en rekke punkter som viser fordeler fokusgrupper, det mest relevante for min undersøkelse er følgende:

Fordeler

- En effektiv teknikk for datainnsamling, siden mengde og bredden i data økes ved å intervjue flere personer samtidig.
- Deltakere kan stimuleres av ideene og kommentarene til de andre deltakerene i gruppen.
- Deltakerer i fokusgruppeintervjuer pleier å være komfortable med opplevelsen.

Det andre punktet er det mest relevante. Noen av spørsmålene som ble stilt ble tolket ulikt av deltakerne. Selv om de fleste spørsmålene stilt i etterintervjuet var konkrete ga de likevel rom for ulike tolkninger.

Ulemper

- Antall spørsmål som dekkes er begrenset.
- Krever stor ekspertise av intervjuer.

Robson (2002) presenterer også en rekke ulemper med fokusgruppeintervjuer. Siden etterintervjuene utgjør en så liten del av datainnsamlingen, er ikke begrenset antall spørsmål en alvorlig ulempe.

For å øke overførbarheten har også etterintervjuene som formål å gi innsikt i deltakernes forkunnskaper. Jeg ønsket for eksempel å redegjøre for hvor mye de hadde jobbet med grafiske framstillinger, siden de fleste diskusjonsoppgavene tok utgangspunkt i dette.

4.5 Undersøkelsens kvalitet

I dette kapittelet ser jeg på begrepene pålitelighet, troverdighet, overførbarhet og bekreftbarhet i lys av gjennomføringen slik den er beskrevet. Det vises til kapittel 4.2 for en forklaring av begrepene.

Johannesen et. al. (2010) viser til at påliteligheten kan styrkes ved å gi leser en inngående beskrivelse av konteksten. I kapittel 5 vises sekvensene fra observasjonen som utgjør grunnlaget for diskusjonen i kapittel 6. Det er gitt et detaljert hendelsesforløp for disse sekvensene.

Johannesen et. al. (2010) viser at metodetriangulering øker sannsynligheten for troverdige resultater. Et eksempel på metodetriangulering er å både bruke observasjon og intervju. Jeg brukte intervjuene til å redegjøre for synspunkter som er vanskelig å observere. Dette kan øke sannsynligheten for troverdige resultater for de temaene som er dekket av både observasjon og intervju. Videre kan sannsynligheten for troverdige resultater økes i de tilfellene jeg ber om utfyllende kommentarer underveis i aktivitetene.

Å gi fyldige og detaljerte beskrivelser av konteksten kan sikre overførbarhet (Ary et. al., 2010). Slik kan potensielle brukere av undersøkelsen gjøre de nødvendige sammenligningene og avgjøre overførbarheten.

Johannesen et. al. (2010) viser til at bekreftbarheten kan sikres ved at forsker legger vekt på å beskrive alle beslutningene i hele forskningsprosessen, slik at leser kan følge og vurdere disse. Ved å skille resultat- og diskusjonskapittelet kan bekreftbarheten sikres. Resultatkapittelet er deskriptiv, kommentarene som gis er for å tydeliggjøre hendelsesforløpet. Leser kan etterprøve tolkningen i diskusjonen på bakgunn av resultatene. Formålet med metodekapittelet er å presentere hvordan datamaterialet er samlet inn og hvordan det er behandlet.

5 Resultater

I dette kapittelet presenteres resultatene fra intervjuene gjennomført under og etter arbeidet med Modellus. Jeg presenterer de delene av temaene og diskusjonene fra arbeidsøktene som utgjør grunnlaget for diskusjonen i kapittel 6. Kapittelet er delt inn i tre deler, en for hver aktivitet. Hvert delkapittel deles igjen i hver sin del for hver gruppe. Det gis en kort beskrivelse av gruppen første gang de nevnes. Resultatene for hver gruppe presenteres kronologisk. Resultatene er i hovedsak deskriptive, hvor transkripsjoner fra intervjuene presenteres. Det vil følge kommentarer hvor det er nødvendig. Resultatene fra intervjuene presenteres i siste del.

5.1 Loddrett kast uten luftmotstand

5.1.1 Gruppe 1

Denne gruppen bestod av to jenter. Disse gis kodene J1 og J2. De to jentene følger samme klasse i fysikk 1, men har ulik matematikkbakgrunn. De fleste elever som velger programfaget fysikk, velger også fordypning i matematikk for realfag. Andre år på vidergående tas matematikk R1, og ved tredje år tas matematikk R2. J2 ligger et år foran i matematikk, og tar matematikk R2.

Implementasjon av matematisk modell

Deltakerne er gitt en introduksjon til Modellus, denne er lagt som vedlegg. De skal i gang med å modellere et loddrett kast uten luftmotstand.

(…)
J2: I alle fall, strekning er lik startfart pluss en halv akselerasjon ganget med tid i annen. Og farten er lik akselerasjonen ganger tid.
J1: v_0 kanskje.
J2: Ja det blir det.
I: Hvis dere ser på den første formelen for...

Jentene i gruppe 1 er usikre på innholdet i bevegelseslikningen for posisjon. De innser ikke at starthastigheten må multipliseres med tiden.

(…)

J2: ehm...hvor tenker du? der?

I: Ja i strekning...

J2: v_0?

I: Ganget med t, er dere enige at den må ganges med t?

J2: Ja

J1: Ja

J1: Det er veldig lenge siden vi har hatt disse formlene.

I: Dette kan være en god repetisjon.

Begge: [Oppgitt latter]

Opprettelse av animasjonen

(…)

J2: Skal vi se hvor vi har…

J2: ehm, vi må ha

J1: Objects [valg i hovedmenyen i Modellus]

J2: Skal vi starte kastet her nede?

J1: Ja

J2: Skal vi bare kaste en ball opp? Eller skal vi?

J1: Vi kan ta et eple

J1: Eller skulle vi ta en ball?

I: Dere skal få lov å kaste et eple.

J2: Ok, den skal ikke bevege seg horisontal, og vertikalt har så er det s. [koordinatene til objektet]

J1: Ja

J2: Hvor var det man satte akselerasjonen lik noe?

I og J1: parametere

J2: Ok, akselerasjonen er lik -9.81

J1: Ja

J2: Hvor stor fart skal vi kaste med

J1: Æhh jeg vet ikke, 7?

J2: Vi kan si 7.

J2: hmm, ja.

De to starter med å opprette animasjonen. På egenhånd bestemmer de hvilke størrelser som angir koordinatene til objektet og vektoren for hastigheten. De angir parametrene tyngdeakselerasjon og utgangshastighet.

Valg av utgangshastighet

(…)

J2: Skal vi kjøre den

J1: Ja, kanskje den bør ha litt større startfart.

J2: Det var den der skalaen.

J2: ehm...da må vil vel ha en veldig veldig stor fart da

J1: Ja

J2: skal vi 700

J1: Ok

Begge: [latter]

J1: Den gikk ganske høyt opp

J1: Kommer den tilbake?

J2: Det var dette med skalaen. Nei den kommer ikke ned engang.

J1: Ok vi skal ha noe mellom 7 og 700.

J2: Skal vi prøve med 70?

J1: Vi prøver med 70

J1: Den så mer…

J2: Ja, den så mer ordentlig ut

J1: Ok

J1: Da sier vi 70

J1: Da sier vi 70 er en fin startfart

På grunn av lav utgangshastighet kan de på grunn av skalaen ikke se tydelig at animasjonen viser et loddrett kast. J2 nevner skalaen, men de ender opp med å endre på hastigheten slik at animasjonen blir tilfredsstillende.

I de neste underavsnittene følger det en rekke beskrivelser om hvordan deltakerne kan beskrive sammenhengen mellom representasjonene i Modellus.

Koeffisientene i en andregradsfunksjon

En måte å redegjøre for deltakernes forståelse av representasjonsformene er å foreslå endringer i de fysiske størrelsene som inngår i den matematiske modellen og be dem om gjøre rede for endringene i grafen for posisjon.

I: Av de fysiske størrelsen som inngår i likningen, fart og akselerasjon. Vet dere hvilken innvirkning de har på grafen?
J1: Ja jeg føler det. Skal vi forklare alle?
I: Hvis vi kaster noe opp med samme tyngdeakselerasjon, men med mindre utgangshastighet?
J2: Grafen vil være slakere i begynnelsen, fordi hastigheten er mindre. I tillegg så vil den derfor snu fortere fordi akselerasjonen som motvirker farten oppover den er akselerasjonen nedenfor, den vil dra ned det objektet fortere hvis utgangshastigheten er mindre. Jeg føler at det var veldig dårlig forklart.

J2 gir en riktig beskrivelse av grafens utseende hvis objektets utgangshastighet er mindre. I neste del ble de bedt om å vise dette i Modellus, dette omhandler i stor grad kun om implementasjon i Modellus og utelates fra oppgaven. Neste oppgave gikk ut på å avgjøre grafens utseende hvis akselerasjonen ble gjort mindre, mens starthastigheten var uendret.

I: Da ser dere, som dere nevnte, slakere i begynnelsen. Hvordan vil grafen se ut om dere gjør akselerasjonen mindre, men med samme utgangshastighet?
J1: Hvis akselerasjonen blir…så tror jeg den vil bli brattere. Fordi da starter den, farten minker ikke så fort, hvertfall med negativ akselerasjon.
J2: Alt går surr nå
J1: Men den vil bli høyere, for den går lenger opp før den snur.
J1: Tror jeg, og så vil den bli brattere. Er du enig?
J2: Jeg tenker, jeg tenker.
J2: ehm...den vil jo strengt tatt falle, jeg tenker på ... bakfra. For siden det er en ganske grei andregradsfunksjon, så den er symmetrisk. Jeg tenker på fallet, fallet vil jo ta mye lengre tid

J1: Ja

J2: Da vil den være slakere der, da vil den være mye slakere i begynnelsen

J2: Ja, nei. Nå ble jeg veldig usikker. Den vil hvertfall komme mye høyere opp.

J1: Jeg bare tenker at hvis den bremses saktere, så vil jo gå fortere opp.

J2: Ja

J1: Og dermed bli brattere

Dette viste seg å være et vanskeligere spørsmål. J2 gir uttrykk for at det er en krevende oppgave.

I: Vi kan jo prøve i Modellus.

(…)

J2: Den var forsåvidt ikke brattere, den bare gikk lenger.

J1: Ja det er sant

J1: Kan vi forstørre den litt

J2: Den går jo ganske likt med den blå først, det kommer jo litt an på hvordan du ser det

J1: Først så starter den likt den blå, nesten.

J2: De starter med samme utgangsfart

J1: Så faller den blå kulen fortere enn den gule.

(…)

I: Hvis den blå kulen, og den gule, de er kastet med samme utgangshastighet, men med forskjellige akselerasjoner. Den ene med 9.81 og den andre med 5, i starten er grafene ganske like, kan dere forklare hvorfor de er like ut fra formelen til posisjonen.

J1: I det siste leddet så er jo det en halv ganger a ganger t i annen. Så hvis t er mindre enn 1, så vil jo den bli veldig liten, i forhold til t- en i det første leddet. Så tiden vil ikke ha så mye å si med en gang.

J2: Så lenge tiden er liten, så vil en halv ganger akselerasjonen ganger t i annen, være et ganske lite ledd i forhold til utgangsfarten ganger tid

J1: Ja

I: Det første leddet i starten...

J1: Det vil være det viktigste

J2: Det er likt for begge grafene.

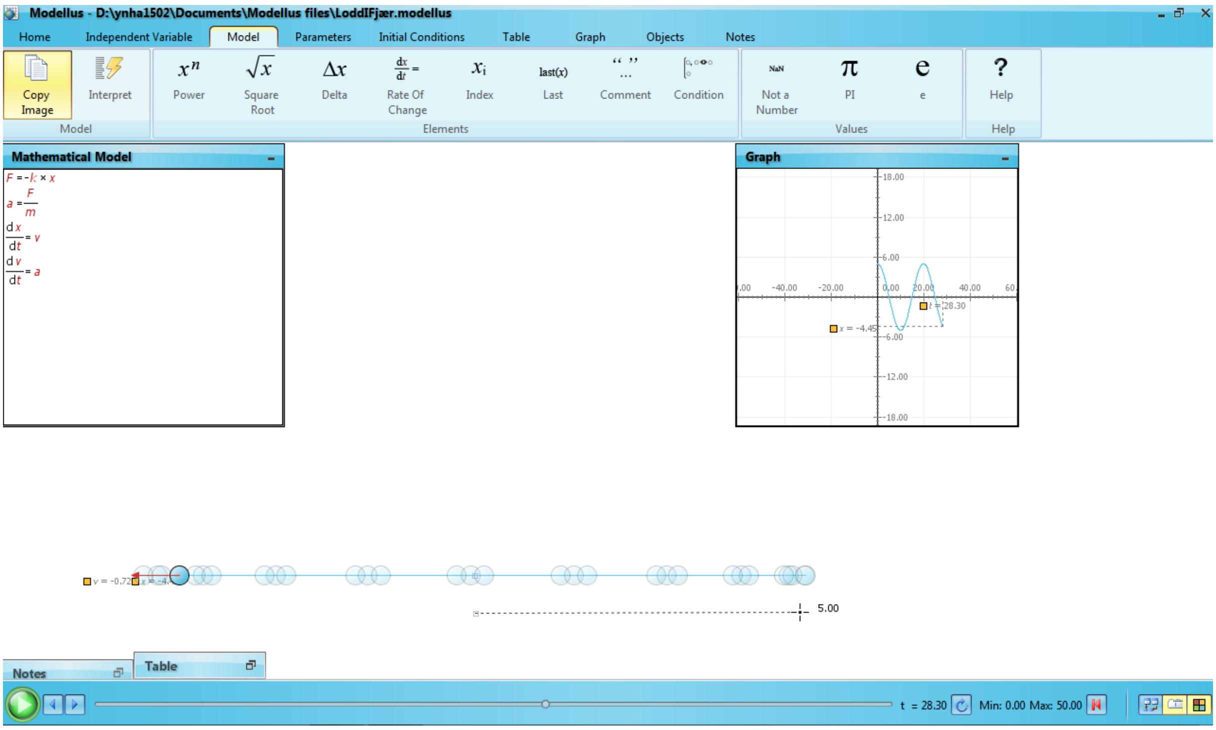
Begge jentene konkluderer med at i starten vil det første leddet dominere på grunn av det andre leddets avhengighet av tiden kvadrert. Siden de to objektene har samme utgangshastighet vil de to bevege seg likt i starten, og grafen for objektet med mindre akselerasjon vil derfor ikke være brattere slik som J1 ser for seg.

5.2 Lodd i fjær

I denne aktiviteten var det ingen implementasjon i Modellus. De ble introdusert for en ferdig modell i Modellus.

5.2.1 Gruppe 1

Den matematiske modellen, Hookes lov, introduseres for gruppe 1. Ingen av deltakerne hadde sett denne før, men J2 har arbeidet med differentiallikninger.



Figur 5.1: Animasjonen utviklet til aktiviteten lodd i fjær.

I: Er det noen områder dere legger merke til sånn spesielt med denne animasjonen?

J2: hmm, hvis du tenker på selve objektet som beveger seg, så merker man at fartsvektoren er lengst når den passerer midtpunktet, og så er den nærmest null når den snur. Grafen har en periodisk funksjon fordi det er et fenomen som gjentar seg [...] tenker jeg
(…)
I: Kan du gjenta den beskrivelsen du hadde for vektoren, altså hastigheten til ...
J2: Den er lik null idet objektet snur i ytterpunktene, og så er den størst når den passerer midtpunktet, altså lengst i den retningen objektet går i.

J2 redegjør for loddets hastighet i likevektspunktet fra animasjonen.

I: Ja, kan vi si noe om akselerasjonen, ut i fra figuren [animasjonen]?
J2: hmm…ja, jeg prøver å se på endringen i lengden av fartsvektoren, hvor den endrer seg mest og minst. Jeg tror den endrer seg raskest…
J1: Ja
[De snakker over hverandre, utydelig]
I: Endrer seg raskest i endepunktene?
J2: hmm
I: Hvis dere ser på formelen for akselerasjon, stemmer dette overens?
J2: Ja, og den er størst når x er størst, eller minst i og med at du får… den blir jo symmetrisk om [utydelig]. Men i allefall akselerasjonen er størst når x er størst. Så det blir ytterpunktene.

J2 redegjør for akselerasjonens størrelse i endepunktene. Hun nevner ikke akselerasjonens retning. Her overser J2 at det er et negativt fortegn i den matematiske modellen.

I: Hvordan vil grafen for akselerasjonen se ut?
J2: Den vil ligne på grafen for posisjonen, tror jeg. hmm.
I: Kan du argumentere for hvorfor den vil ligne på grafen for posisjonen?
J2: ehm...grafen for posisjonen har jo toppunkter og bunnpunkter når objektet er langs denne x, det er også da akselerasjonen er størst i den retningen den beveger seg så den vil få få toppunkter og bunnpunkter der akselerasjonen er høyest. Ehm, for du må jo ta i betrakning at det er negativ retning, så nå jeg snakker om høyest så er det egentlig lavest i tallverdi, altså høyest og lavest i tallverdi. Ehm men med pluss minus. Ehm.
J1: Ja

Det er vanskelig å se om hun kan redegjøre for akselerasjonens retning. De presenterer grafen for akselerasjonen.

(…)
J2: Ja, det stemmer jo overens fordi når, ehm når x er størst altså lengst unna i positiv retning, så minker farten, og så snur den, så da må akselerasjonen være negativ, så da er det motsatt svingetid som på en måte [utydelig]. Når posisjonsgrafen har toppunkt så har akselerasjonsgrafen bunnpunkter.
J1: Ja
J2: Rent matematisk så stemmer dette, med andrederiverte for trigonometriske funksjoner, men det er nå
J1: [Latter]

Når J2 får se akselerasjonsgrafen redegjør hun for akselerasjonens retning. Her redegjør hun også for relasjonen mellom loddets posisjon, hastighet og akselerasjon.

5.3 Loddrett kast med luftmotstand

Aktiviteten loddrett kast med luftmotstand ble gjennomført av tre grupper. Deltakerne introduseres for en beregningsorientert tilnærming til problemet. Introduksjonen til løsningsalgoritmen er lagt som vedlegg. Videre presenteres deltakerne for en rekke diskusjonsoppgaver knyttet til representasjonene i Modellus.

5.3.1 Gruppe 2

Denne gruppen bestod av tre jenter og en gutt. Disse gis kodene J3, J4, J5 og G1. Alle fire går i samme fysikk 1 klasse.

Implementasjon av matematisk modell

Gruppe 2 skal i gang med å skrive løsningsalgoritmen inn i Modellus. Algoritmen som er presentert, er ikke gitt med en notasjon som passer inn i Modellus. Dette skal deltakerne gjøre på egenhånd.

J5: Ja, bare kom med forslag til…
J4: Må jo ha med formelen

G1: a er lik g pluss b, v.

J3: Må ha med parantes, g pluss parantes b, v ganger abs (v) parantes. Del med massen.

J5: Vi må ha med noe mer må vi ikke

J3: Jo, skal du ikke ha med de andre greiene da? [Viser til uttrykket for hastighet og posisjon]

J3: a_1 er lik

J5: Blir det riktig hvis vi bare tar å putter inn alt det der? [algoritmen slik den er presentert]

J3: Du kan bare la v_1 være lik v_0 pluss a_1

J5: v_1 er lik v_0,

J3: Ja, pluss a_1 ganger delta t

Deltakerne skriver løsningsalgoritmen slik den er presentert for dem. De oversetter den ikke til en notasjonen som brukes i Modellus.

(…)

I: Dere må huske på, hva er a_1? Det har dere ikke sagt hva er.

J4: Ta bort alle de 1-erne.

J4: v er lik v_0 pluss a ganger delta t

J5: Sånn.

I: Ja nå er v_0 lik starthastigheten, den finner vi ved $last(v)$.

J3: Skal vi putte inn formelen for strekning også

I: Ja

J3: s er lik s_0 pluss v ganger delta t

J5: s er lik s_0 pluss

J4: v ganger delta t

J5: Sånn?

Når de skal skrive inn uttrykket for hastigheten bruker de v_0, hvor de skulle ha brukt $last(v)$. Når de skal skrive inn uttrykket for strekningen bruker de s_0, hvor de skulle ha brukt $last(s)$. Når de skulle skrive inn uttrykket for akselerasjonen skrev de v, hvor de skulle brukt forrige tidsstegs hastighet gitt ved $last(v)$. Notasjonen i Modellus må tydeliggjøres.

Deltakerne har fått på plass uttrykket for akselerasjonen med riktig notasjon. Uttrykkene for hastighet og posisjon gjenstår.

J5: Nå ble det riktig

J3: Må vi ha $last(v)$ på alle formlene også

I: Men hva er v_0, skal vi alltid ha startverdien i de formlene?

G1: Skulle vi hatt last der?

J5: Sånn

J3, J4, G1: Ta vekk null.

J5: Alle fornøyd.

I: Skulle vi ha startposisjonen eller?

J5: $last(s)$

J5: Ingen innvendinger

Når deltakerne skal skrive inn uttrykkene for hastighet og posisjon med Euler – Cromer, lar de v_0, starthastigheten til objektet, bli igjen i uttrykket. J3 spør om de skal bruke $last(v)$ i alle formlene. Svaret på spørsmålet er nei, $last(v)$ skal ikke inngå i uttrykket for posisjonen hvor det skal brukes hastigheten for det aktuelle tidssteget, v. Også for posisjonen må de minnes på hvilken notasjon som skal benyttes.

Valg av utgangshastighet

De har på nåværende tidspunkt fått på plass en matematisk modell for loddrett kast med luftmotstand, og en animasjon som viser fenomenet. I følgende sekvens følger vi deltakerne når de foretar en kjøring av programmet.

(…)

G1: Og så trykker du start

J5: Start ja

[Latter]

J5: Litt stor startfart, vi tar det på nytt

Det er to problemer med den matematiske modellen de har implementert i Modellus. For det første så har de valgt en høy starthastighet. Med en forholdsvis høy verdi på luftmotstandskoeffisienten, gir dette en stor luftmotstand. For det andre har de skrevet inn uttrykket for akselerasjonen feil slik at luftmotstanden er positiv for positive verdier for hastigheten. Da vil objektet akselerere oppover. J5 innser at den akselerer oppover. I følgende sekvens tar jeg for meg uttrykket for akselerasjonen.

J5: Jeg tror vi har gjort noe slik at den akselererer oppover.
I: Hvilken vei vil dere luftmotstanden skal virke når den [objektet] er på vei oppover
J5, G1: Nedover
I: Nedover, med tanke på at vi har gitt en positiv retning oppover, hvilket fortegn vil luftmotstandsdelen få [i uttrykket for akselerasjonen]?
G1: Negativ
J4: Negativ, eller?
G1: Skal vi sette g minus
J3: Det er riktig, g er negativ
I: g er negativ, men hvilken vei vil du at det siste leddet skal ha [i uttrykket for akselerasjonen].
J5: Må ikke den være positiv, hvis g skal være negativ
J5: Nei det må den ikke, kødda.
G1: Det må være negativt
I: Hvis dere ser på i starten er last(v) positiv, absoluttverdien av last(v) er positiv, og b er positiv, så det leddet er positivt,så hvis dere prøver å sette g minus [leddet med luftmotstand i uttrykket for akselerasjonen]
J5: Ikke kom hit å fortell meg hva jeg skal gjøre altså

Deltakerne retter opp i uttrykket for akselerasjonen. I sekvensen nedenfor vender gruppen tilbake til starthastigheten. De har innsett at de må ha en mindre starthastighet.

J3: Vi må ha en annen startfart
I: Det som skjer når dere øker farten så mye, så det blir dette leddet her [leddet for luftmotstand i uttrykket for akselerasjonen] ekstremt stort, så stort at det ikke lenger har en fysisk tolkning lenger. Jeg ville ha brukt mindre hastigheter og forandret skalaen[1].
G1: Ja, ok
G1: Ta mindre hastigheter, sett den til 100 og forandre skalaen.
I: Jeg tror 10 kan være mer riktig
J5: Du tror vel det du

[1] Tidssteget blir for stort når en velger store hastigheter.

Første forslag til en mindre hastighet er 100 m/s, jeg foreslår starthastigheten 10 m/s. De bruker utgangshastigheten 10 m/s, og endrer skalaen slik at animasjonen gir en tilfredsstillende beskrivelse av fenomenet.

Andre del av denne økten dreier seg om diskusjon om de ulike representasjonene av loddrett kast med luftmotstand.

Meningsinnhold i representasjonsformene

I: Da begynner vi med diskusjonsoppgavene. Hvilken informasjon kan vi hente fra posisjonsgrafen, og animasjonen?
I: Er det noen ting dere legger ekstra godt merke til.
J5: Det ligner jo på et loddrett kast, sånn uansett da. Den er litt hakkete [grafene er hakkete]

J5 fokuserer mest på at grafen er hakkete. Jeg prøver å få dem til å fokusere på grafen som en beskrivelse for fenomenet de skal studere.

(…)
I: Dere nevnte at dere synes at grafen så som den gjorde for loddrett kast uten luftmotstand.
J5: Den ligner.
I: Hvis du går tilbake, så er det noen viktige forskjeller
J5: Den er litt slakere kanskje, nei.
J3: Den går ikke like høyt
J4: nei

De fokuserer på hvor høyt objektet går. I neste sekvens poengterer J4 noe vesentlig.

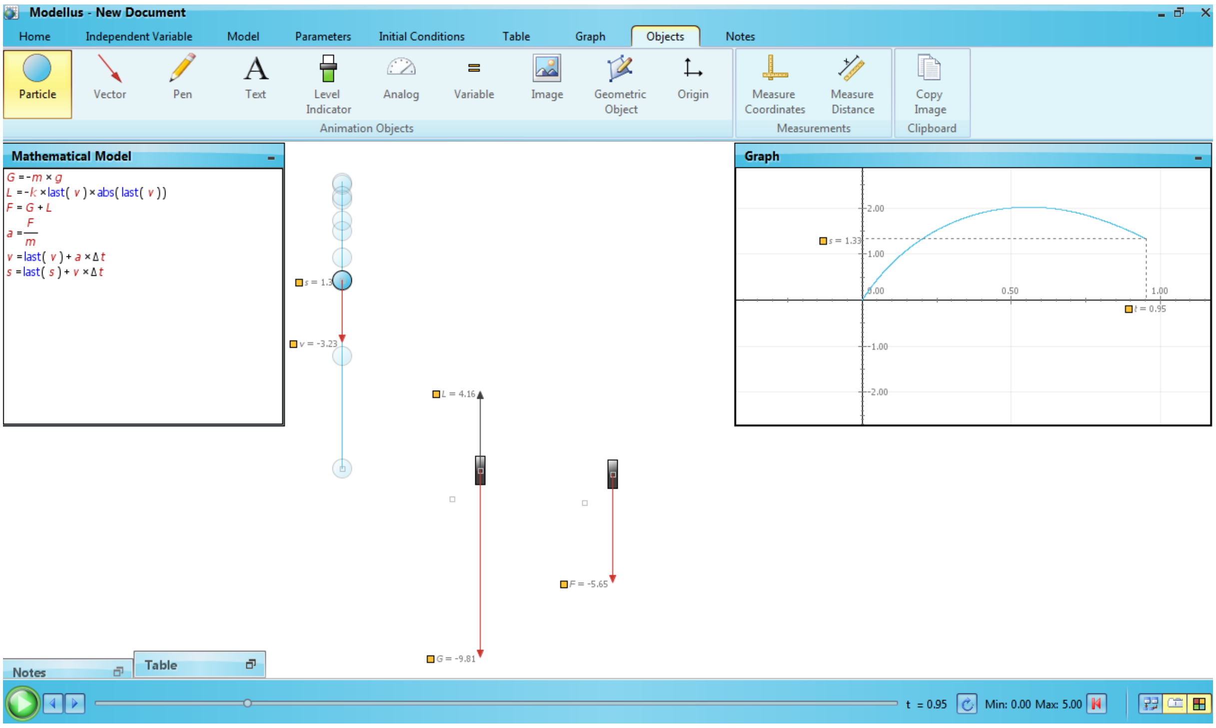
(…)
J4: Du ser den går mye raskere opp enn ned
I: Ja
J4: Den er slakere etter toppunktet
I: Den bruker faktisk lenger tid ned, enn opp.
J5: hmm

I starten ser de ikke at posisjonsgrafen blir lineær når objektet er på vei ned. J4 poengterer at grafen går raskere opp enn ned.

I: Hva er det som skjer med posisjonsgrafen på slutten, hvis dere tenker den faller lenger og lenger ned? Utfor et tenkt stup, hvis dere ser på grafen.
J5: Den vil jo falle raskere, men etterhvert så vil jo den
I: Den vil falle raskere?
J5: Men, med en sakte hastighet da liksom.
J5: Farten øker, men akselerasjonen blir mindre da etter hvert, tror jeg.
J5: Er det ikke slik med luftmotstand, at etterhvert vil den nå en makshastighet.
J5: Jeg vet ikke hvordan jeg skal forklare det, jo fortere den faller jo større blir jo luftmotstanden. Så etterhvert vil jo de nesten utjevne hverandre.
J4: hmm
I: Luftmotstanden og?
J4: Tyngdekraften
J5: Farten
G1: Tyngdeakselerasjonen
J5: Ja, tyngdeakselerasjonen

J5 er kjent med at grunnet luftmotstanden vil objekter nå en terminalhastighet. Hun kan også redegjøre for dette fenomenet selv om det er noe uklart om hva det er som utjevner hverandre.

I neste sekvens ber jeg dem å redegjøre for akselerasjonen. På forhånd hadde jeg utviklet en modell i Modellus som eksplisitt viste retningene på kreftene. I sekvensen som følger er det denne modellen de bruker.



Figur 5.2: En animasjon utviklet for aktiviteten loddrett kast med luftmotstand. Inneholder dynamiske frilegemediagrammer.

(…)

I: Jeg har gjort akkurat det samme som dere har gjort. Nå vises en vektor for tyngdekraften og luftmotstanden, og en vektor for resultantkraften.

I: Da starter vi animasjonen.

J5: What

J5: Vent da, hvilken vektor var det, det var farten?

J3: Nei, resultantkraften.

J4: Resultantkraften.

J5: Resultantkraften, ja for den utligner hverandre.

J4: Den blir null

J5: Ja, og det var motstanden og det var tyngdekraften.

I: hmm

I: Hvis dere kjører den saktere.

J5: Det er luftmotstanden.

G1: Som trekker seg oppover, saktere og saktere.

J5: Luftmotstanden blir null, da er resultantkraften bare tyngdekraften.

J4: Der kommer den ned igjen

De beskriver endringene på kreftene som vises i animasjonen. De relaterer ikke dette til akselerasjonen.

(…)
I: Har dere fokusert på det dere skulle fokusere på. Hvordan ser grafen for akselerasjon ut?
I: Å se på pilene kan være en god ide.
J5: Ja
G1: Vi så den bli utlignet.
J5: Tilnærmet lik hvertfall.
G1: Den har jo konstant fart.
J3: Det blir konstant fart til slutt.
J5: Tilnærmet lik i alle fall.

De gjentar beskrivelsen for kreftene, og knytter dette mot hastigheten til objektet. Når kreftene utlignes er farten konstant. Beskrivelsene og forklaringene som gis er riktige, men de nevner aldri akselerasjonen. I tillegg fokuserer de kun på tilfellet hvor tyngdekraften og luftmotstanden virker i samme retning.

I: Hvis dere starter animasjon på nytt, og viser fram akselerasjonsgrafen i det den kjører.
[De prøver å få frem grafen for akselerasjonen]
I: Hvor forventer dere å finne akselerasjonsgrafen?
G1: Du må trykke lenger ned
J5: Ahh, den er på negativ
J4: Ja
(…)
J5: Hvorfor er den så langt nede?
[stille]

Deltakerne hadde ikke gjort opp noen tanker om hvor akselerasjonsgrafen befinner seg i koordinatsystemet. J5 reagerer på hvorfor akselerasjonsgrafen starter langt nede i koordinatsystemet.

I: Hva skjer her, der det er et vendepunkt[2]?

J5: Den snur.

J3: Resultantkraften er lik g, altså når L er null.

(…)

I: Hvorfor er akselerasjonen så stor i negativ retning i starten.

J5: Fordi farten går jo oppover, mens akselerasjonen går jo nedover, og luftmotstanden går jo også nedover. Tyngdekraften og luftmotstanden, negativt sammen, ganske stor, eller egentlig veldig lite, for det er jo negativt.

I: Ja, og stor hastighet, det vil gi?

J5: Stor luftmotstand

Deltakerne gir en korrekt beskrivelse av akselerasjonsgrafen på bakgrunn av kreftene som virker på objektet.

5.3.2 Gruppe 3

Gruppe 3 består av tre gutter, disse er gitt kodene G2, G3 og G4. Alle tre går i samme fysikk 1 klasse. Denne gruppen gjennomførte kun aktiviteten loddrett kast med luftmotstand. I introduksjonen av Modellus modellerte jeg et loddrett kast uten luftmotstand.

Implementasjon av matematisk modell

Gruppe 3 skal i gang med å skrive inn løsningsalgoritmen til loddrett kast med luftmotstand. De starter med uttrykket for akselerasjonen. Når de starter med uttrykket for hastigheten, innser G3 at uttrykket for akselerasjonen er feil.

(…)

G3: v er lik last(v), nå skulle det vært last, på v i annen skulle det vært last

G4: hmm, det skulle vært last

G3: last(v) ganger...

[2] Dette er punktet på akselerasjonsgrafen der luftmotstanden er lik null. Jeg har konsekvent kalt dette et vendepunkt, men dette er ikke korrekt bruk av ordet. Noen av deltakerne bruker terassepunkt for dette punktet.

De innser at de må bruke notasjonen last(v) i uttrykket for akselerasjonen og ikke v. Det følger en lang diskusjon om hvordan de kan skrive last(v) ganger absoluttverdien til last(v). De fortsetter implementasjonen.

(…)
G3: Den neste var
G2: v er lik last(v)
G4: pluss
G3: last (a)
G4: Er det last? Ser ut som det bare er…
G2: a
G3: sorry, pluss a ganger delta t
G3: s er lik last(s)
G4: v ganger delta t
G3: Sånn
I: Hadde dere brukt last (a) her og last(v), ville dere brukt Euler - metoden.

Guttene klarer på egenhånd å skrive inn løsningsalgoritmen for loddrett kast med luftmotstand med iterasjoner. Indeksene som ble brukt i forklaringen av løsningsalgoritmen nevnes kun en gang, men droppes umiddelbart. De angir parametrene for tyngdeakselerasjonen, objektets masse og luftmotstandskoeffisienten. Å opprette en animasjon av fenomenet foregikk uten problemer. De har ved nåværende tidspunkt satt opp en animasjon med en tilhørende vektor som viser objektets hastighet. De har ikke angitt noen utgangshastighet.

Meningsinnhold i representasjonsformene

(…)
G3: Og så nå kan du trykke og så spilles vektoren
G3: Sånn
G2: Og der stopper den, terminal velocity
I: Dere nevner terminalhastighet. Hva er det?
G2: Jeg vet hva det er
G4: Skal vi forklare?
G3: Kan gjerne forklare.

G2: Det er der hvor kraften som luftmotstanden virker på den er like stor som kraften som gravitasjonen virker på den.
G4: Du kommer til newtons første lov hvor F_{res} er lik null, og hastigheten er konstant.

G2 og G4 er kjent med begrepet terminalhastighet og redegjør for dette. I neste del ber jeg dem å modellere et loddrett kast, det gjenstår å gi startverdi for hastigheten. De angir starthastigheten til 5 m/s.

Hvor lang tid opp, og ned?

I: (…) Hvor lang tid vil den bruke opp og ned?

I denne sekvensen var jeg ikke tydelig nok når jeg presenterte diskusjonsoppgaven. Kort tid før dette spørsmålet ba jeg dem om å trekke ut de viktigste forskjellene mellom loddrett kast med og uten luftmotstand. Når jeg spør om tiden objektet bruker opp og ned, mente jeg tiden det tar for objektet å nå sitt høyeste punkt i forhold til tiden den bruker ned. Her tolker G2 det til tiden kastet tar med luftmotstand i forhold til tiden uten luftmotstand.

G4: Den vil bruke like mye tid opp og ned, eller
G2: Nei, den vil bruke lenger
G3: Vil komme saktere opp
G2: Den vil bremses på vei opp og på vei ned
G3: Bremses på vei…
G4: Den blir bremset uansett hvilken vei
G2: Luftmotstanden vil virke mot hastigheten
G3: I det den starter med en hastighet oppover så vil luftmotstanden bremse
G2: Den vil bli bremset raskere fordi den blir bremset av. Først blir den bremset av både av gravitasjonen og luftmotstanden, men så når den er på toppen og begynner å gå nedover så vil…
G4: Så vil den akselerere saktere så vil den bli lineær
G2: Ja, på vei opp virker luftmotstanden med gravitasjonen, mens på vei ned virker den mot.
G3: Ja, jeg bare tenkte på tiden, hvor lang tid den vil bruke, vil den ...
G4: Den vil bruke mindre tid på å nå vendepunktet
G3: På å nå vendepunktet ja. Men så ned igjen.
G4: Men hvis du lurer på hvor om…

G4: I forhold til utgangspunktet så vil den bruke like lang tid opp og ned, altså den vil bruke like lang tid opp som ned fordi luftmotstanden er lik i forhold til hastigheten.
G2: Jeg tenker, kortere tid alt i alt. For luftmotstanden virker vel cirka like mye begge veier. Og siden da avstanden den har beveget seg er kortere
G4: Men den bruker lengre tid på å akselerere, bruker lengre tid på å få fart
G3: Oppover så har den startfart og vil bremse, mens nedover så vil den vel, da vil den akselere hele veien helt til G er større enn, nei like stor som…
G3: Den bremses fortere opp, så akselererer den
G4: Akselererer saktere
G3: Ja, går fortere nedover igjen
G2: Det tar kortere tid før den når toppunktet
G3: Ja
G4: Det tar mindre tid før den mister farten

Til tross for et utydelig spørsmål, er det delvis mulig å skille hva deltakerne diskuterer. De tar for seg begge tolkningene av spørsmålet, de diskuterer tiden kastet tar med luftmotstand i forhold til tiden uten luftmotstand og hvor lang tid det tar for objektet å nå sitt høyeste punkt i forhold til tiden det tar ned. I den avsluttende konklusjonen til G2 er jeg ikke i stand til å redegjøre for om han mener i forhold til tilfellet uten luftmotstand, eller i forhold til tiden objektet bruker ned. Det er riktig uansett, men jeg kan ikke redegjøre for hva han har konkludert.

I: Kan dere se på grafen om deres antakelser stemmer.
G4: Vel det er litt vanskelig å se akkurat hva som har med luftmotstand å gjøre. Da måtte vi hatt en ...
G3: Da spørs det om vi hadde hatt den andre også viss vi husker noe fra den da, men for nå hadde vi, var det 5 meter oppover?
G4: hmm
G3: For nå vil den, eller vil den, når er den lik null igjen. Null så er den, litt lenger opp. 0,83 cirka, når er den på toppen, høyeste verdi er 84, 0,40. Så midten er jo litt før, nei der, hele veien. Nei jeg vet ikke.
(…)
G4: Den går lengre ut til siden, den ville gått mye brattere ned uten luftmotstand.
G2: Og brattere opp

G4: Brattere opp og brattere ned. Og den ville ikke vært i nærheten av like flat på toppen.

G3 ser i tabellen for å avgjøre tiden det tar opp og ned. Men kommer ikke fram til en konklusjon.Ved en nærmere gjennomgang av Modellusfilen gruppe 3 lagde, var det fra grafen for posisjon vanskelig å konkludere med at objektet bruker lenger tid på vei ned enn opp. Dette skyldes nok av at utgangshastigheten og luftmotstandskoeffisienten hadde verdier slik at dette ikke var presentert tydelig.

Akselerasjonsgrafen

I: Men akselerasjonsgrafen, hvordan tenker dere den ser ut? Dere har nå skrevet akselerasjonen i et uttrykk. En måte bestemme akselerasjonen på, er å dele opp akselerasjonsleddet i et luftmotstandsledd og et…

G2: Og for gravitasjonen

G3: Hvis vi ikke hadde hatt luftmotstand, så hadde den vært…

[De snakket over hverandre]

G3: Men nå vil den starte på -9.81, for det er der. Men akselerasjonen vil bli mindre

G2: Den starter ikke på -9.81, for i starten har du luftmotstand og

G3: Den vil starte på 9.81 før den har fart

G2: Den har jo utgangshastighet

G2: Ettersom akselerasjonen, den blir mindre etterhvert som den går oppover og så etter den når toppunktet så vil akselerasjonen, akselerasjonen den minker mens den går oppover og den øker når den går...nei den øker når den går oppover og minker når den går nedover

G3: Akselerasjonen er jo negativ hele tiden

G4: Den vil nærme seg null

G2: Den blir mindre negativ på vei oppover

G2: På null er akselerasjonen -9.81

G3: Akselerasjonen vil bli null omtrent her, og så blir den null rett bortover her [referer til der akselerasjonen blir lik null]

G2: Akkurat

G2 gir en korrekt beskrivelsen av akselerasjonens utvikling, når han sier den blir mindre negativ på vei oppover. De kommer også fram til at akselerasjonen etter hvert blir lik null. Jeg viser deltakerne modellen i Modellus jeg utviklet til aktivitetene. Dette er den samme som ble vist for gruppe 2.

(…)

G3: Vi ser at resultantkraften starter negativ, og går sakte opp til null. Det var det vi kom med, for da blir akselerasjonen. Massen er jo konstant så lenge flyet ikke mister deler underveis. Så da er det akselerasjonen som går sakte mot null. Der så vi jo det vi kom med, først virker luftmotstanden med…

G2: tyngdekraften

G3: Virker den med på starten? Jo, den går sakte oppover

I: Dere kan vise akselerasjonsgrafen.

G3: Graf, a.

[De arbeider med å få fram grafen]

G3: Oi!

G4: hmm

G3: Å ja selvfølgelig, nå er det to krefter som jobber nedover

G2: I starten ja

G3: Så akselerasjonen blir jo…

I: Nå sa du "Oi, selvfølgelig" nå er jeg interessert i å vite hvilket lys er det som har gått opp…

G3: Nei fordi jeg tenkte at i starten så hadde vi ikke noe særlig luftmotstand, at den ikke jobbet noe særlig i mot. Tror jeg blandet litt med farten og akselerasjonen. Men når jeg tenker på akselerasjonen som resultantkraften, så skjønner jeg det at, vi konkluderte jo med det at to krefter nedover, at den må være mye større nedover.

G3: Er det på 9,81 den flater ut? Det er det

G2: Det er terrassepunktet

G3: Det er vel sikkert på toppen.

G2: Der den står stille.

Det viser seg at G3 ikke har innsett at når objektet er på vei oppover i tyngdefeltet, så virker begge kreftene nedover. Dette innser han når akselerasjonsgrafen vises.

5.3.3 Gruppe 4

Denne gruppen bestod av tre gutter. De er gitt kodene G5, G6 og G7. De tre går i samme fysikk 1 klasse.

Meningsinnhold i representasjonsformene

I introduksjonen til bruk av numeriske beregninger i Modellus til gruppe 4 ble jeg i overkant hjelpsom. Jeg skrev opp algoritmen slik den skulle skrives i Modellus, slik at deltakerne bare trengte å skrive av meg når de skulle implementere løsningsalgoritmen i Modellus.

For denne gruppen velger jeg kun å presentere resultater fra diskusjonsoppgavene i Modellus. I denne delen arbeider gruppe 4 med animasjonen jeg utviklet. Her presenterer jeg deltakernes diskusjon rundt akselerasjongrafens utseende. Deltakerne er bedt om å beskrive akselerasjonsgrafen.

G5: Akselerasjonen vil da begynne på null? Ja
G5: Den vil begynne på null, så vil den deakselerere, altså være negativ til den når toppunktet, hvor den da er tilbake på null og da vil den øke igjen til den flater seg ut for da har den nådd topphastigheten sin.
G5: Ja det er vel egentlig bare det som skjer. Skulle vi teste det ut?
I: Ja

G5 presenterer en ukorrekt beskrivelse av akselerasjonen til objektet. De andre deltakerne kommer ikke med forslag til hvordan akselerasjonen varierer.

G5: Er dette i forhold til akselerasjon.
G6: Merkelig
G7: Er det akselerasjon i forhold til tid nå?
G5: Men den stoppet på 9,81. Ahh, ja det funker vel fordi, jo nei...what? Den behandler 9,81 som er det motsatte av tyngdeakselerasjonen som et nullpunkt. Ehm, jeg vet ikke hvordan man skal si det.

G5 har vansker med å forstå innholdet i akselerasjonsgrafen. Han mener grafen behandler 9,81 som et nullpunkt.

G5: Når den når der [der akselerasjonen er lik tyngdeakselerasjonen] så er den nådd toppunktet, og begynner å gå nedover med...hæ
I: Hvis dere ser på kreftene som virker på objektet
G5: Ja, la oss se. Der, det er da den snur. Æhh, det er da den, hmm, jeg vet ikke...hva er en god måte å si det her på?
I: Hvis dere ser på parameterene, så ser dere massen i dette tilfellet her er 1 kg.
G5: Den motstående kraften blir jo...akselerasjonen (…) Og da når den der…
G5: Når den har ingen, når den når toppunktet så har den en akselerasjon nedover på 9,81, eller negativ 9,81 om man vil. Og da har den heller ikke noe luftmotstand fordi den ikke har en faktisk hastighet, ehm når den da fortsetter å falle så vil jo luftmotstanden deakselere med 9,81, men tyngdekraften vil likevel prøve å akselerere den med 9,81 noe som vil resultere i null, som stemmer overens med den kraften vi kan se her.
G5: Okey, i toppunktet
G6 eller G7: Ja
G5: Så er det jo, da er det ikke noe luftmotstand siden den har ingen bevegelse, så da vil den deakselere med 9,81. Okey.

G5 kan etter hvert forklare hvorfor akselerasjonen er -9,81 m/s^2 når objektet har nådd sitt høyeste punkt.

5.4 Etterintervjuene

I denne delen presenteres resultatene fra intervjuene som ble gjennomført etter at aktivitetene i Modellus var gjennomført. Deltakerne ble spurt om hvilket omfang grafiske framstillinger hadde i timene, og hvorvidt de syntes at arbeid med grafer var relevant for faget. Videre stilles deltakerne spørsmål om hva de syntes om brukervennligheten til Modellus.

5.4.1 Grafiske framstillinger i fysikkfaget

Jeg ønsker å redegjøre for omfanget av arbeid med grafiske representasjoner i fysikkfaget. Jeg spurte deltakerne om de hadde arbeidet mye med grafiske framstillinger i fysikkfaget. Det er verdt å minne om at alle deltakerne har samme lærer. Deltakerne i gruppe 1 og gruppe 3 er går i samme fysikk 1 klasse. Det samme gjelder deltakerne i gruppe 2 og gruppe 4.

Gruppe 1

J2: En god del egentlig

J1: Jeg føler at vi har hatt det ganske mye.

J2: Vi jobber jo med praktiske forsøk

J1: Ja

J2: Med målinger, så vi har for eksempel sluppet en bil ned et skråplan med fjær i bunnen, så har vi målt avstanden med en sensor øverst, så vi har fått opp grafer

Jentene i gruppe 1 mener de har arbeidet mye med grafiske framstillinger i fysikkfaget. De trekker for eksempel fram arbeid med dataloggere.

Gruppe 3

G3: Ikke så veldig mye...han pleier å la oss tegne de

G3: Vi hadde faktisk på prøven...å tegne en sånn for hånd

G2: Vi har bare tegnet for hånd

G3: Det har ikke vært veldig mye fokus på det, selv om [navn lærer] pleier å få oss til å prøve å tegne sånn at vi skal forstå det litt bedre...

G4: Det er også blitt demonstrert litt på tavlen, men da er det bare for å kjenne igjen formen på grafen, ikke for å se verdier eller den type ting. Det er bare for å kjenne igjen når den ser sånn ut så kan du forutsette at det er den typen akselerasjon og den typen bevegelse.

Gruppe 3 vinkler svarene sine noe annerledes enn gruppe 1. De trekker fram at lærer ber de om å tegne grafene. De nevner ikke dataloggere.

Gruppe 2

J4: Ikke så veldig mye

J3: Han [lærer] har sagt at det er veldig viktig, men vi har ikke jobbet ...

J5: Vi har sett litt på det...Sånn hva heter det, det er jo litt noen sånne bilder i boken, og så er vi blitt forklart hvordan det funker

J3: Og så har vi tegnet noen posisjonsgrafer

J5: Ja

G1: Vi har ikke brukt noe datahjelpemidler til å tegne grafer

J5: Vi hadde jo datastudio

G1: Ja, datastudio selvfølgelig

(…)

G1: Vi har hatt en del om det faktisk

Gruppe 2 konkluderer at de har hatt en del om grafiske framstillinger i fysikk 1. Her trekkes også dataloggere inn.

Gruppe 4

G7: Det var mye om det i starten, når vi hadde om mekanikk.

(…)

G6: Ikke veldig mye vel.

G7: Da var en del sånn tolkning av fart, akselerasjon og strekning.

G5: Det var nå, var det grafisk?

G6: Vi hadde litt av det og.

G5: Litt grafisk også, men det ble nå for det meste diagrammer hvor du ser hvordan kraften påvirker et objekt i form av vektorer.

G7: Kunne nok sikkert ha brukt litt mer tid på det, syns jeg.

Det er noe uoverenstemmelse mellom gruppene også for denne klassen. Gruppe 4 påpeker at de hadde litt om grafiske framstillinger i mekanikkdelen av fysikk 1. De nevner ikke bruk av dataloggere i forbindelse med grafiske framstillinger.

5.4.2 Brukervennligheten til Modellus

I denne delen vil jeg redegjøre for deltakernes syn på brukervennligheten til Modellus. Jeg spurte alle gruppene om hva de syntes om brukervennligheten til Modellus. Nedenfor viser jeg noe av hva deltakerne svarte.

Gruppe 1

J2: Det tok litt tid å komme i gang å huske på parametere, man må huske på en god del, man må putte inn en god del før alt skal klaffe.

(…)

J1: Det tok jo ikke lang tid å lære seg det

J2 viser til at det var en del å huske på, og trekker fram parametrene. J1 mener likevel at det ikke tok lang tid å lære seg det.

Gruppe 2

J3: Det var veldig oversiktlig.

(…)

J3: Men greitt med forklaring første gangen. Ellers blir du sittende å bruke en god del tid på parametere og slikt.

Deltakerne i gruppe 2 mener også Modellus var oversiktlig. Også her nevnes parametrene, hvor J3 påpeker at uten forklaring kunne man brukt mye tid på dette.

Gruppe 3

G4: Jeg likte den. Det eneste var uavhengig variabel, det var den eneste jeg ikke skjønte hva den skulle gjøre, så jeg begynte ikke å lete der vi skulle endre på farten [farten på animasjonen]. Bortsett fra det så har du modellen der du lager et uttrykk, du har en egen for parametre, en som er urelatert til parametrene for startbetingelser som jo gjør det lettere å redigere de separat, en egen for tabellen som vises ved siden av grafen, en egen for grafen og objekter. Det er oversiktlig.

G4 viser til at programvaren er oversiktlig. Hvor alle funksjonene som er nødvendige for å implementere en modell er plassert i menyen.

Gruppe 4

G5: Personlig synes jeg det er intuitivt og lett å bruke. Etter den korte forklaringen så gikk det ganske greitt.

G7: Gikk greitt etter litt veiledning.

G5 mener Modellus var intuitivt. Både G5 og G7 viser til at bruk av programmet gikk greitt etter en kort forklaring av programmet.

5.3.3 Andre aspekter ved Modellus

Læringsutbytte av å lage egne animasjoner

Gruppe 3

G4: Det tvinger deg til å forstå variablene, du må vite hva hver enkelt bokstav representerer for å kunne definere parametrene riktig, og for å få en fornuftig graf og framstilling av hva som skjer.

Notasjonen på likningene i Modellus

Gruppe 3

G2: Det gjør at det blir litt enklere å se hva man faktisk har gjort i etterkant. Når man åpner noe man har gjort tidligere, så kjenner man kanskje igjen hva man har gjort i stedet for hva man kanskje hadde gjort i autograph.

Gruppe 4

G7: Litt greitt fordi, på geogebra og sånn så er det ofte man sitter å prøver mye forskjellig før man kommer fram til det som er riktig. Fordi de har andre navn.

Gruppe 2

G1: Det er jo lettere å se sammenhengen, hvis du skriver det samme overalt. Hvis du kan definere det sånn.

Deltakerne mener det er positivt at man kan skrive likningene på en form som likner skrivemåten de er vant med. De nevner Autograph og GeoGebra, dette er to grafiske verktøy som de benytter i undervisningen i matematikk og fysikk.

Animasjon og graf i samme vindu

Gruppe1

J1: Ja, jeg synes det var veldig bra. Så kunne man se hvordan grafen ble tegnet samtidig som det skjedde, og siden vi hadde det på en skjerm og ikke grafen på en skjerm og noe annet som skjedde på andre siden av rommet liksom så fikk vi sett det veldig samlet

J2: Ja det var veldig greitt å kunne se den bevegelsen og fartsvektoren som endret seg og så kunne se på grafen og se at ting stemte overens, og kunne ta det om igjen og om igjen.

Gruppe 2

J5: Du får jo alt på et sted da. Du ser jo formlene, animasjonen og grafene i samme vindu. I stedet for å tenke på hvordan animasjonen blir. I datastudio måtte du gjøre selve forsøket. Et sted, og så måtte du tilbake og så se på hvordan grafen ble, og så måtte du regne. Her er alt på et sted.

Gruppe 3

G3: Det å ha animasjoner ved siden av grafen er ganske fint. Det har jo vært et lite problem, jo når vi hadde bølger og sånn var jo litt av poenget å sette riktig variabel på riktig akse, sånn at vi skal forstå at når det er svingninger så må du ha tiden bortover, men egentlig så svinger den på samme sted. For når du har den grafen bortover, hvis du ser svingninger på et sted så ser du at den beveger seg bortover, og blander den med bølger. Mens den egentlig er bare på et punkt. Så det å ha med animasjonen ved siden av grafen vil jo gjøre det enklere å forstå.

Gruppe 4

G5: Eneste er nå det at den faktisk visualiserer hva vi holder på med, sånn at det blir lettere å forstå hvordan luftmotstanden påvirker et objekt. Og det at man faktisk får se akselerasjon og hastighet og sånt, gjør jo det lettere i stedet for at en bok skal prøve å forklare det med tekst. Det blir jo lettere da å bare se det selv.

Deltakerne trekker fram at det er positivt at animasjon, graf og formel på ett sted. Animasjonen som visualisering av fenomenet trekkes også fram av noen av deltakerne.

6 Diskusjon

6.1 Modellus brukervennlighet

I denne delen tar jeg for meg studiens første forskningsspørsmål. Dette forskningsspørsmålet omhandler brukervennligheten til Modellus. Et begrep som ofte brukes i tilknytning til bruken av digitale hjelpemidler er brukergrensesnitt. I dag bruker de aller fleste programvarer GUI (graphical user interface), til norsk kan dette oversettes til grafisk brukergrensesnitt. Kort beskrevet er grafisk brukergrensesnitt en samling av teknikker og mekanismer til å interagere med noe, slik som for eksempel muspilen.

Teodoro (2002) skiller mellom indirekte og direkte manipulasjon. Å skrive inn denne matematiske modellen er en indirekte manipulasjon. De resterende handlingene i Modellus er direkte manipulasjoner. Etter at modellen er det resterende delene av implementasjonen valg i menyen. Det vises til del 5.4.2 for deltakerne syn på brukervennligheten til Modellus. Deltakerne gir uttrykk for at Modellus var enkelt å bruke. At Modellus er oversiktlig nevnes, dette utdypes av G4 som viser til menyen hvor alle funksjonene til Modellus er plassert.

De påpeker at det er nødvendig med en introduksjon til programmet. Noen deltakere gir uttrykk for at det var en del å huske på. Valg av parametre trekkes fram, med de henviser trolig også til andre funksjoner. Ingen av deltakerne nevner skalaen i kontrollvinduet. I gjennomføringen av implementasjonen viste det seg at denne ofte ble glemt.

I implementasjonen i Modellus skulle deltakerne skrive inn en matematisk modell, de skulle sette opp en animasjon som viste objektets bevegelse med en vektor som viste hastigheten. Videre skulle de sette opp en grafisk framstilling. Alle gruppene var i stand til å gjøre dette. Det vises til 5.1.1 under ”implementasjon av matematisk modell” for arbeidet med implementasjonen for gruppe 1. Her beskrives et selvstendig arbeid med å sette opp animasjonen. De stiller ingen spørsmål til meg om implementasjonen. Den eneste utfordringen gruppe 1 hadde var at de ikke husket bevegelsesligningene.

Å sette opp en animasjon i Modellus krever at de har kjennskap til størrelsene som inngår i den matematiske modellen. For loddrett kast uten luftmotstand må de for eksempel vite at akselerasjonen har retning nedover. De må også ha kjennskap til koordinatsystemet, både når de skal lage animasjonen og vise grafen. Det er altså en inngangstærskel til Modellus.

6.2 Multiple representasjonsformer

I dette delkapitlet starter jeg med diskusjonen rundt det andre forskningsspørsmålet presentert i kapittel 1. Kan Modellus fremme forståelse for fysikkfaget? Ainsworth (1999) beskriver hovedfunksjonene multiple representasjonsformer har i læringssituasjoner. I hennes funksjonelle taksonomi har multiple representasjonsformer tre hovedfunksjoner i læringssituasjoner: *å komplementere, å begrense tolkning* og *å konstruere dypere forståelse*. Temaene som gjennomgås i denne delen vil ha grunnlag i litteraturen som er presentert i 3.1.

6.2.1 Å konstruere dypere forståelse

Koeffisientene i en andregradsfunksjon (gruppe 1)

I aktiviteten loddrett kast uten luftmotstand bes de to jentene i gruppe 1 om å redegjøre for innvirkningen koeffisientene i en andregradsfunksjon har på grafens utseende. Denne oppgaven er konkretisert, det vil si at de drøfter utgangshastigheten og akselerasjonens innvirkning på den grafiske representasjonen av et loddrett kast. Det henvises til delkapittel 5.1 under ”koeffisientene i en andregradsfunksjon” for hendelsesforløpet. J1 og J2 kunne redegjøre for objektets utgangshastighet sin innvirkning på posisjonsgrafen. Oppgaven med å redegjøre for akselerasjonens innvirkning var derimot vanskeligere. Jentene er enige med hverandre om påstanden om at grafen vil gå høyere opp hvis akselerasjonens absoluttverdi minker. J1 mener grafen vil være brattere fordi hastigheten ikke minker så fort. Hun redegjør ikke for hvor hun mener den blir brattere. J2 argumenterer for at grafen blir slakere i begynnelsen. Hun begrunner dette med at grafen vil være symmetrisk og siden kastet vil ta lengre tid, må den være slakere. Hennes tidligere kunnskaper om at andregradsfunksjoner er symmetriske, leder henne til en uriktig slutning. Når grafen vises, innser begge jentene at grafen ikke er brattere i begynnelsen enn hva den var for tilfellet med større tyngdeakselerasjon. Deres reaksjon støtter påstanden min om at slutningene deres var ukorrekte. Det interessante er at når de bes om å forklare dette ved å bruke bevegelseslikningen for objektets posisjon, kan de gi en riktig forklaring på hvorfor grafene for de to tilfellene beskriver lik bevegelse i starten.

I Ainsworths (1999) funksjonelle taksonomi kan denne sekvensen knyttes til hovedfunksjonen *å konstruere dypere forståelse*. Underkategorien *å konstruere dypere forståelse ved å utvide kunnskapen* dreier seg om å overføre kunnskap fra en representasjonsform til en annen. Når J1 og J2 kunne se av den grafiske framstillingen at objektet beveget seg likt i starten for de to tilfellene, var de i stand til å forklare hvordan dette presenteres i den matematisk – symbolske representasjonen.

Denne sekvensen kan også knyttes til *komplementerende prosesser* i Ainsworths (1999) taksonomi. Ainsworth (2008) viser til at representasjonsformer som er like med hensyn til hvilken informasjon som gis, kan være forskjellige med hensyn til hvilke prosesser som er hensiktsmessige å bruke. Med hensyn til informasjon er animasjonen som viser et loddrett kast og dens matematiske modell like, men de kan støtte ulike prosesser. For denne oppgaven var det enklere for J1 og J2 og relatere den matematiske modellen til grafen enn hva tilfellet var for å relatere til en fenomenologisk representasjon, eller en beskrivelse av akselerasjonens innvirkning på grafen. Det ville i denne sekvensen vært interessant å bedt deltakerne om å bruke den matematiske modellen i oppgaven før den grafiske representasjonen ble vist. Hvis de hadde gitt en lignende argumentasjon uten grafen kunne dette støttet opp under antakelsen om at for deltakerne er den matematiske – symbolske representasjonen mer hensiktsmessig for denne oppgaven.

Akselerasjonsgrafen? (gruppe 3)

I aktiviteten loddrett kast med luftmotstand ble deltakerne bedt om beskrive akselerasjonsgrafen for objektet. I denne sekvensen er det forståelsen til G3 av fenomenet som er hovedfokuset. Det vises til del 5.3.2 under ”akselerasjonsgrafen” for et detaljert hendelsesforløp. G3 blir overrasket over akselerasjonsgrafens utseende. G3 mener akselerasjonen vil starte på -9,81 m/s^2. Før grafen ble vist kom G2 og G3 fram til at akselerasjonen etter hvert blir lik null. Når G3 ser animasjonen som viser kreftene som virker på objektet relaterer han akselerasjonen til resultantkraften. Det kan tyde på at G3 ikke ser hvilken innvirkning det har på akselerasjonen at både luftmotstanden og gravitasjonskraften virker nedover i starten. Når akselerasjonsgrafen vises faller brikkene på plass for G3. Han innser at siden det er to krefter som virker nedover må akselerasjonen være mindre enn -9,81 m/s^2 i starten. I Ainsworths (1999) taksonomi beskrives dette ved *å konstruere dypere forståelse ved å utvide kunnskapen*. Det kan tyde på at når G3 vet at akselerasjonen er mindre -9,81 m/s^2, så hjelper det han å innse hvordan dette vises i animasjonen. Det er altså en utvidelse av kunnskapen om akselerasjon.

Diskusjonsoppgavene gruppe 1 og gruppe 3 blir presentert for, er forskjellige. Det er også viktig å påpeke at det er forskjeller i animasjonene gruppene arbeider med. Gruppe 3 arbeider med en animasjon hvor størrelsene luftmotstand og resultantkraft vises eksplisitt i animasjonen. I min diskusjon om de to tilfellene, er de multiple representasjonsformenes betydning lik for begge gruppene. I begge sekvensene vises det til tilfeller hvor deltakerne bruker kunnskapen fra den grafiske representasjonen til å utvide kunnskapen til andre representasjonsformer.

Dolin (2002), presentert i kapittel 3, viser til at det er i stor grad i transformasjonene mellom de forskjellige representasjonsformene at forståelsen oppstår. Han beskriver en transformasjon som ”når eleven bruger en repræsentationsform eller resultatet fra en repræsentationsform i en anden repræsentationsform” (Dolin, 2002, s. 172). Dolins (2002) beskrivelse av transformasjoner mellom representasjonsformene og Ainsworths (1999) funksjon *å konstruere dypere forståelse ved utvidelse* fremstår som relativt like. I begge sekvensene vises at for deltakerne i gruppe 1 og G3 i gruppe 3 fremtvinges en transformasjon mellom de forskjellige representasjonsformene i Modellus.

6.2.2 Representasjonsformenes underliggende meningsinnhold

Gruppe 2 ble presentert for samme oppgave som gruppe 3 i forrige avsnitt. De skulle redegjøre for akselerasjonsgrafens utseende. Det vises til avsnitt 5.2.1 under

”representasjonsformene i Modellus” for deltaljert hendelsesforløp. I denne sekvensen bruker deltakerne animasjonen jeg utviklet til intervjuene.

I deltakernes diskusjon ligger hovedfokuset på kreftene som vises i animasjonen. Nærmere bestemt fokuserer deltakerne på tilfellet hvor luftmotstanden og gravitasjonskraften utligner hverandre. Dette kan tyde på at deltakernes oppfatning av luftmotstand er knyttet til begrepet maksimalhastighet, eller terminalhastighet. I diskusjonen mellom deltakerne relateres diskusjonen aldri til akselerasjonen til objektet. De gir heller ikke oppmerksomhet til tilfellet når objektet er på veg oppover i tyngdefeltet, hvor luftmotstanden og gravitasjonskraften virker samme vei. Når akselerasjonsgrafen tegnes for deltakerne, blir den store negative verdien for akselerasjonens startverdi adressert av J5. J5 gir en korrekt beskrivelse for hvordan dette beskriver fenomenet loddrett kast med luftmotstand. J3 kan gi en korrekt argumentasjon for hvordan grafens terassepunkt beskrives i fenomenet de studerer. Fra diskusjonen i forrige avsnitt, kan dette være et annet eksempel på at kunnskap om akselerasjonen deltakerne henter fra den grafiske representasjonen utvider kunnskapen om fenomenet som beskrives i animasjonen. Det vil si at det fremtvinges en transformasjon (Ainsworth, 1999; Dolin, 2002).

Det dokumenteres at J3 og J5 utviser en korrekt forståelse av det fysiske fenomenet som beskrives i Modellus. Det er ikke grunnlag for å si noe om G1 og J4. Ainsworth (2008) viser til at enhver kombinasjon av representasjoner kan tjene flere roller samtidig. Det er interessant at deltakerne ikke tar for seg tilfellet hvor kreftene virker i samme retning. Dette vises tydelig i animasjonen. Det adresseres ikke før akselerasjonsgrafen vises. Det kan tyde på at det er akselerasjonsgrafen som gjør J5 oppmerksom på tilfellet hvor kreftene virker i samme retning. I Ainsworths (1999) funksjonelle taksonomi er dette beskrevet i kategorien *å begrense tolkning*. I denne kategorien beskriver hun at en representasjonsforms underliggende meningsinnhold kan hjelpe elever med å utvikle den mente tolkningen av en annen. I dette tilfellet blir ikke deltakerne oppmerksom på alle aspektene som vises i animasjonen, men det kan tyde på at akselerasjonsgrafen støtter deltakerne i arbeidet med å redegjøre for disse aspektene.

6.3 Meningskaping med Modellus

I Avsnitt 6.2 diskuterte jeg hvilke fordeler bruk av flere representasjonsformer har i læringssituasjoner. Dette ble diskutert på bakgrunn av litteraturen presentert i 3.1 hvor jeg i hovedsak fokuserte på Ainsworths (1999) funksjonelle taksonomi og Dolins (2002) transformasjonsbegrep. Dolin (2002) viser til at læringsfordelene som ligger i transformasjonene har belegg i den kognitive læringspsykologi.

Det er også verdt å se på noen av hendelsene i lys av den sosiokulturelle teorien presentert i kapittel 3.3.

Multiple representasjoner og den vitenskapelige historien

I del 3.4 vises det til hva det innebærer å lære og å undervise naturvitenskap. Mortimer og Scott (2003) viser til at det å lære et fag handler om å bygge opp den vitenskapelige historien. Hva er den vitenskapelige historien til fenomene jeg har satt deltakerne i denne undersøkelsen til å studere? Aktiviteten lodd festet i fjær har flere innfallsvinkler. I fysikkfaget i videregående skole er dette eksemplet knyttet til energibevaring. I denne aktiviteten var innfallsvinkelen rettet mot å forklare bevegelsen til loddet ved å relatere denne til kraften som virker på loddet, gitt av Hookes lov, akselerasjonen og hastigheten. Et eksempel på en vitenskapelig historie i ferd med å bli fortalt er J2 forklaring på fenomenet: ”Ja, det stemmer jo overens fordi når, ehm når x er størst altså lengst unna i positiv retning, så minker farten, og så snur den, så da må akselerasjonen være negativ (…)”. Her viser J2 til tilfellet hvor loddet er ved sitt maksimale utslag, hvor de har observert at at loddet snur. Dette gir at akselerasjonen må være negativ slik som J2 forklarer, og det er i overenstemmelse med den matematiske modellen. Her har J2 relatert begrepene hastighet og akselerasjon til fenomenet de observer, dette er et eksempel på en vitenskapelig historie som er i ferd med å bli fortalt. I dette tilfellet var de multiple representasjonsformene sentrale i oppbyggingen av den vitenskapelig historien. Guttersrud (2008) viser til at elevers resonneringsevner er relatert til deres evner til å håndtere multiple representasjonsformer. I sekvensene presentert i dette kapittelet, så har de multiple representasjonene hatt en betydelig innvirkning på deres forståelse av fenomenene. Når deltakerne bruker flere representasjoner er de i større grad stand til å relatere de vitenskapelige begrepene til fenomenet.

Jeg retter oppmerksomheten mot diskusjonen til gruppe 4 om akselerasjonsgrafen. For et detaljert hendelsesforløp vises det til del 5.3.3 under ”akselerasjonsgrafens utseende”. I dette avsnittet ligger hovedfokuset på G5 forståelse av den grafiske framstillingen for akselerasjon. Grafen for akselerasjonen til objektet er ikke slik deltakerne forventet, og deres første antakelse er at det ikke er akselerasjonsgrafen som vises. G5 forventet at akselerasjonen skulle være positiv når objektet var på vei nedover i tyngdefeltet, og deretter flate ut. Når akselerasjonsgrafen viser kun negative verdier for akselerasjonen virker det som G5 definerer et nullpunkt for å knytte den til sin egen oppfatning. Det er når G5 skal relatere akselerasjonsgrafen til objektets hastighet og det fysiske fenomenet at, forståelsen for akselerasjonsgrafen oppstår. Mortimer og Scott (2003) hevder at det er i oppbyggingen av den vitenskapelige historien at forståelsen oppstår. Vitenskapelige begreper tillegges mening når de brukes i relasjon til andre begreper.

Å snakke fysikk

Henriksen og Angell (2010, s.283) argumenterer for at ”to think like a physicist is to talk like a physicist”. Å snakke fysikk innebærer å bruke vitenskapelige begreper til å formulere en tydelig argumentasjon. I sekvensen med G5 som skal forklare hvorfor akselerasjonen er -9,81 m/s^2 ved objektets høyeste punkt kan en observere at han får en forståelse for fenomenet når han snakker høyt om sine observasjoner fra grafen. Når G5 formulerer sine tanker høyt, starter det med fragmenterte rekker med argumentasjoner hvor forskjellige vitenskapelige begreper sammenfattes i en utydelig og ukorrekt konklusjon. Riktignok er G5 inne på noe vesentlig når han sier det ikke virker noen luftmotstand på objektet når hastigheten er null. Utfordringen for G5 er at han ikke knytter dette til akselerasjonsgrafen. Umiddelbart etter at den første tankerekken er formulert innser han at ingen luftmotstand må bety en akselerasjon lik tyngdeakselerasjonen.

Et annet eksempel på effekten av å snakke fysikk er vist i del 5.3.2 under ”hvor lang tid opp, og ned?”. I denne diskusjonsoppgaven starter guttene med en antakelse om at objektet vil bruke like lang tid opp og ned i tyngdefeltet. De argumenterer for dette med at luftmotstanden vil bremse objektet like mye begge veier. Etter hvert som de diskuterer denne bremsingen, introduseres akselerasjonen i dialogen mellom guttene. G4 sine betraktninger rundt akselerasjonen er riktige. Problemet er at akselerasjonen ikke tas opp av alle deltakerne, og fokuset på diskusjonen blir igjen rettet mot kreftene som virker på objektet. Akselerasjonen trekkes fram på nytt i diskusjonen og blir denne gang i større grad tatt opp av gruppen. Når deltakerne samles om diskusjonen rundt akselerasjonen er de svært nær løsningen. I en klasseromssituasjon kunne det vært aktuelt for en lærer å hjelpe deltakerne i å trekke en overbevisende konklusjon. Dette er i tråd med Vygotsky (1978) som understreker støtten en lærer kan gi i den proksimale utviklingssonen. Denne omhandler hva elever kan oppnå med assistanse fra lærer eller en annen ekspert. I denne situasjonen kunne de riktige antakelsene om akselerasjonen blitt forsterket om grafen tydeligere hadde vist at tiden opp var mindre enn tiden ned. Når dette ikke skjer avsluttes diskusjonen lite overbevisende. Denne diskusjonen mellom deltakerne viser at når elever snakker fysikk, kan relevante konsepter identifiseres. Diskusjonen viser også hvor viktig det er disse konseptene tas opp av gruppen for at det skal skje en framgang i diskusjonen.

Dialogens innhold

Kozma (2003) har gjennomført en studie hvor det undersøkes hvordan materielle ressurser påvirker hvordan førsteårs kjemistudenter diskuterer fenomen mellom seg. Deltakerne i denne studien arbeidet med det samme temaet i to økter. I den første økten arbeidet de i et tradisjonelt laboratorie. I den andre økten arbeidet de med et digitalt modelleringsverktøy utviklet for kjemifaget.

Kozma (2003) peker på at det var tydelig at når deltakerne jobber i laboratoriet var fokuset deres primært på de kjemiske stoffene, utstyret og prosedyrene. Fokuset i diskusjonene var på det direkte observerbare slik som fargene på løsningene, og videre på riktigheten av gjennomføringen av prosedyrene. Det ble ikke tatt opp hva som skjedde på molekylærnivå. Men når deltakerne jobbet med det digitale modelleringsverktøyet var situasjonen annerledes.

Funksjonene til representasjonene i programvaren støttet deltakernes konseptuelle diskusjon. Deltakerne var i stand til å bruke disse representasjonene til å diskutere fenomenet på molekylærnivå, og å bruke relaterte konsepter og fagbegreper. Kozma (2003) viser til at denne diskusjonen mellom deltakerne hadde flere likhetstrekk med hvordan mer erfarne kjemikere diskuterte fenomener, enn hva som var tilfelle i et tradisjonelt laboratorie. Kozma (2003) mener likevel at det er vel så interessant å se på hva som ikke skjedde når deltakerne jobbet med modelleringsprogrammet. I diskusjonene i arbeidet med modelleringsprogrammet relaterte aldri deltakerne dette til arbeidet de hadde gjort i laboratoriet.

Før jeg går videre i denne diskusjonen vil jeg presisere hvordan min undersøkelse kan diskuteres i lys av undersøkelsen til Kozma (2003). Jeg har tidligere i dette kapittelet diskutert den vitenskapelige historien. Fra Mortimer og Scotts (2003) kategorisering av dialogens innhold kan den vitenskapelige historien beskrives som hvordan et fenomen rekonstrueres ved de tilgjengelige teoretiske begrepene. Det skilles mellom empiriske og teoretiske beskrivelser, og mellom empiriske og teoretiske forklaringer. Jeg henviser til kapittel 3.3. For eksempel er teoretiske forklaring av fenomenet loddrett kast med luftmotstand knyttet til kreftene som virker på objektet og hvordan dette påvirker objektets akselerasjon og hastighet. Det teoretiske begrepet kraft kan ikke observeres direkte og beskrives av Kozma (2003) som underliggende størrelser.

Fra gruppe 2 og gruppe 3 sine diskusjoner om fenomenet loddrett kast med luftmotstand kan det observeres hvordan fenomenet rekonstrueres ved bruk av begrepene luftmotstand og resultantkraft. Gruppe 2 bruker animasjonen til å gi en beskrivelse av hvordan resultantkraften endrer seg og hvordan dette relaterer seg til objektets hastighet. For gruppe 3 kan det observeres hvordan G3 bruker resultantkraften, vist i animasjonen, til å beskrive hvordan akselerasjonen endrer seg når objektet er på veg nedover i tyngdefeltet. Ved bruk av eksterne, eller visuelle, representasjoner i Modellus, kan det observeres hvordan dette påvirker hvordan deltakerne diskuterer fenomenet.

Det andre punktet Kozma (2003) tar opp om arbeid med modelleringsverktøyet er også interessant. Han beskriver deltakere som ikke knytter arbeidet med representasjonene i programvaren til det foregående arbeidet med eksperimentet. I undersøkelsen med Modellus er det ikke gjennomført eksperimenter, men aktivitetene omhandler observerbare fenomener. Jeg har tidligere beskrevet hvordan J2 bygger opp den vitenskapelige historien til fenomenet lodd i fjær. Akselerasjonens retning ble knyttet til hastighetsendringen til objektet som ble vist i animasjonen. Modellen som vises i Modellus relateres aldri til hva modellen beskriver i virkeligheten. Det oppstår ikke noen diskusjon rundt hverdagslige oppfatninger av hvordan fjæren påvirker loddets bevegelse. Dette kan skyldes av at det i Modellus ikke vises en fjær, men kun et objekt som går fram og tilbake. I diskusjonen til gruppe 3 om tiden opp i forhold til tiden ned kan det også observeres at deltakerne fokuserer diskusjonen på hva som vises i Modellus. Diskusjonen dreier seg ikke om generelle gjenstander fra virkeligheten som kastes opp, den dreier seg om objektet i Modellus. I diskusjonen mellom deltakerne gis teoretiske beskrivelser og forklaringer knyttet til luftmotstandens innvirkning på tiden, men de trekker ikke inn deres virkelighetserfaringer i problemstillingen. Dette kunne kanskje vært en fordel i denne oppgaven. De færreste vil hevde at en ballong bruker like lang tid opp til sitt høyeste punkt som den bruker ned.

Kommunikasjonens innfallsvinkel

I forrige avsnitt så jeg på innholdet i diskusjonen mellom deltakerne. Det er også hensiktsmessig å se på det som beskrives som kommunikasjonens innfallsvinkel i Mortimer og Scott (2003). Først vil jeg henvise til metodedelen for begrepet observatørrolle. Rollen som tilstedeværende observatør uten deltakelse i aktivitetene ble i denne oppgaven utfordret av at jeg ble tildelt en lærerrolle av deltakerne. Når jeg stilte de et spørsmål ble svarene rettet til meg, og det ble ikke alltid en ”reell” diskusjon. Jeg fokuserer i denne delen på tilfeller hvor det var deltakerne alene som diskuterte.

I Mortimer og Scotts (2003) analytiske rammeverk vises det til kommunikasjonens innfallsvinkel. Her beskrives dialogen i dimensjonene interaktiv/ikke – interaktiv og dialogisk/autoritativ. Det vises til kapittel 3.3 for en beskrivelse av dimensjonene. I diskusjonen om akselerasjonens innvirkning på posisjonsgrafen er tilnærmingen til diskusjonen til jentene i gruppe 1 mer eller mindre autoritativ. De to jentene legger fram forslag som de argumenterer for på egenhånd. I denne sekvensen tar ikke jentene til seg hverandres betraktninger, de angriper oppgaven fra forskjellige ståsted. Riktignok har ingen rett. Det forekommer ikke at noen av jentene (ikke uttrykt hvertfall) setter seg inn i hva den andre tenker. Dette medfører at diskusjonen stopper opp. Her er det ikke noe hjelp at de snakker fysikk. Det er i dette tilfellet for langt unna og det kan tyde på at det hemmer samtalen.

6.4 Matematisk modellering med Modellus

Temaene matematisk modellering og multiple representasjoner er nær relatert til hverandre. I Guttersruds (2008) doktoravhandling, med formål å definere og vurdere elevers kompetanse i matematisk modellering, er det gitt mye oppmerksomhet til multiple representasjonsformer. En matematisk modell er vanligvis en matematisk relasjon mellom fysiske størrelser. Guttersrud (2008) viser til prosessen med å utvikle og forstå matematiske modeller involverer å arbeide med multiple representasjoner.

I delkapittel 6.1 fokuserte jeg på implementasjonen i Modellus fra et teknologisk perspektiv. Jeg knyttet deltakernes arbeid med å implementere en modell til brukervennligheten til Modellus. I dette avsnittet vil jeg knytte deltakernes arbeid med implementasjonen til deres forståelse av den matematiske modellen de skal studere. Å implementere en matematisk modell i Modellus er en modelleringsprosess. Når de skal opprette en animasjon av et bestemt fysisk fenomen, må de skrive inn en matematisk modell som beskriver fenomenet. De må angi hvilke variabler som angir objektets posisjon, hastighet og akselerasjon. De må angi størrelse og retning på kreftene som virker på objektet. Til slutt må de angi skalaen i kontrollvinduet slik at det er tilpasset fenomenet de ønsker å studere. Med andre ord er det en rekke betraktinger som må gjøres for å lage en tilfredsstillende modell av et fenomen. I denne delen vil jeg se nærmere på hvordan deltakerne i undersøkelsen møter denne utfordringen.

Innholdet i den matematiske modellen

Jeg retter oppmerksomheten mot gruppe 2 sitt arbeid med implementasjonen av animasjonen for et loddrett kast med luftmotstand. Jeg viser til avsnitt 5.3.2 under ”implementasjon av matematisk modell” for et detaljert hendelsesforløp. Når deltakerne innser at objektet i deres animasjon akselererer oppover, får de vanskeligheter med å forklare hvorfor dette skjer. Deltakerne vet at luftmotstanden skal virke nedover når objektet er på vei oppover i tyngdefeltet, med de er ikke helt sikre på hvilket fortegn leddet for luftmotstanden må ha. I denne sekvensen tar de ikke tak i denne problemstillingen, og de er avhengig at jeg hjelper dem med å komme fram til riktig fortegn i uttrykket for akselerasjonen.

I dette tilfellet viser deltakerne at de har en forståelse for hva de skal modellere. De vet hvilken vei luftmotstanden skal virke. Utfordringen for deltakerne er at de ikke ser hvordan dette representeres i en matematisk modell.

Hvilken utgangsfart?

En annen utfordring i implementasjonen av animasjonen er størrelsen på luftmotstanden hvis de velger store hastigheter, med et for stort tidssteg. I implementasjonen av den matematiske modellen hadde gruppe 2 kontekstualisert oppgaven som et romskip som skytes ut med en utgangshastighet med 1000 m/s, med en luftmotstandskoeffisient på 0,3 kg/m. Når deltakerne skal endre utgangshastigheten velger de 100 m/s. Et tilfeldig valg på bakgrunn av hva de startet med, hvor deltakerne ikke adresserer hvilken størrelse luftmotstandsleddet vil få ved dette valget av utgangshastighet. Et lignende tilfelle oppstår for gruppe 1 i arbeid med aktiviteten loddrett kast uten luftmotstand, hvor deltakerne prøver tilfeldig valgte verdier for utgangshastigheten for å få en tilfredsstillende animasjon. I den sekvensen har ikke dette noen konsekvenser siden luftmotstanden er utelatt. Det er rimelig å anta at å endre utgangshastigheten, i stedet for å endre skalaen, oppleves som en enklere framgangsmåte for å en tilfredsstillende animasjon. Simen A. Sørby (2010) tar for seg dette i sin masteroppgave i sin studie av førsteårsstudenters møte med numerisk matematikk og programmering med anvendelser i mekanikk. Sørby (2010) beskriver en ny programmeringsmodus eller en ”prøv – og – feil – modus”. Han beskriver denne modusen der skriving av en programkode foregår svært fragmentert og ustrukturert og problemer blir løst ved å endre noe i programkoden som kan lede i retningen av et fungerende program. Han viser til at det kunne observeres en manglende evne til å slippe tastaturet i møtet med problemer. Denne ”prøv – og – feil – modusen” kan også observeres her, hvor deltakerne prøver seg med forskjellige hastigheter for å få en tilfredsstillende animasjon.

6.5 En introduksjon til numeriske beregninger

I aktiviteten loddrett kast med luftmotstand skal deltakerne i undersøkelsen modellere et loddrett kast med påvirkning av luftmotstand ved å bruke iterasjoner i Modellus. Som tidligere nevnt brukes det i denne aktiviteten løsningsalgoritmen Euler – Cromer. Denne aktiviteten er en beregningsorientert tilnærming til å modellere fysiske fenomener. Jonathan Osborne (1990) gir i sin artikkel ”sacred cows in physics – towards a redefinition of physics education” en rekke kritikker av fysikkundervisningen i UK, så vel som andre land. En av kritikkene er det han beskriver som teknologisk determinisme, at det i fysikkundervisningen undervises i det som kan undervises i. Osborne (1990) viser til at i introduksjonskurs i kinematikk fokuserer en på analytiske løsninger for objekter som beveger seg med konstant akselerasjon, og han hevder dette blir gjort siden det er den ene fysiske situasjonen som er tilgjengelig for en analytisk løsning med begrenset matematikk. Siden 1990 har dette endret seg til en viss grad. Ved universitet i Oslo er numeriske beregninger innført ved bachelorkursene ved fysikk, astronomi og meteorologi, (se Sørby, 2010). Osborne (1990) mener elegansen av løsningen på kinematikkproblemer er tapt i forvirringen av matematisk manipulasjon, mens den numeriske løsningsalgoritmen er på en fundamental måte, enklere enn den analytiske. Osborne (1990) mener den beregningsorienterte tilnærmingen retter oppmerksomheten mot den grunnleggende fysikken, hvordan kan akselerasjonen bestemmes, hvordan kan hastigheten beregnes når akselerasjonen er kjent, og hvordan kan den nye posisjonen beregnes? Han viser videre til at å strippe ned fenomenet til den enkleste detalj, forsterker seperasjonen mellom fysikkverdenen og den virkelige verden, og svekker argumentet om at fysikk kan forklare omverdenen.

Med Osbornes betraktninger i bakgrunn er det interessant å diskutere hvordan deltakerne er i stand til å benytte seg av Modellus til beregningsorienterte oppgaver.

Undervisningssekvensen for den beregningsorienterte tilnærmingen til problemet er i all hovedsak lik den Osborne (1999) presenterer: Hvordan kan vi finne akselerasjonen til objektet? Hvordan kan vi bestemme hastigheten når akselerasjonen er kjent, og hvordan finner vi den nye verdien for posisjonen til objektet. Se vedlegg for presentasjon av løsningsalgoritmen.

For to av de tre gruppene som gjennomførte aktiviteten loddrett kast med luftmotstand, var den beregningsorienterte tilnærmingen illustrert ved bruk av indeksene 1, 2, 3… . Jeg forklarte hvordan Modellus regnet med iterasjoner og presenterte dem for notasjonen last().

Utfordringen for gruppe 2 var å oversette løsningsalgoritmen illustrert med indekser til hvordan den skulle skrives inn i Modellus ved bruk av notasjonen last(). Det hersket en del forvirring om hvor de skulle bruke last(), men jeg kan ikke redegjøre for hva som var opphav til forvirringen. Mest sannsynlig var det en kombinasjon av løsningsalgoritmen i seg selv, og hvordan denne skulle skrives i Modellus. Etter å ha fått på plass riktig notasjon i uttrykket for akselerasjonen, spør J3: ”må vi ha last(v) på alle formlene også?”. Siden last(v) skal benyttes for forrige tidsstegs verdi på hastigheten, skal den kun benyttes i uttrykket for akselerasjonen og i uttrykket for den nye hastigheten. Den skal i løsningsalgoritmen jeg ga dem ikke benyttes i uttrykket for den nye posisjonen til objektet. Det kan tyde på at det var noe forvirring om selve løsningsalgoritmen.

Det er viktig å merke seg at dette er helt nytt for deltakerne. De er nettopp presentert for løsningsalgoritmen. Jeg vil argumentere for at hadde de ikke skjønt løsningsalgoritmen hadde de ikke begynt på oppgaven med å implementere den i Modellus.

For gruppe 3 gikk arbeidet med implementasjonen enklere. Formlene gitt med indekser nevnes kun en gang, og de innser raskt at de skal bruke notasjonen last(). Fra kapittel 5 vises det til at deltakerne i gruppe 3 i stor grad er i stand til å anvende den beregningsorienterte løsningsalgoritmen.

7 Hovedfunn, konklusjon og forslag til videre forskning

I de foregående kapitlene har jeg presentert modelleringsverktøyet Modellus, oppgavens teoretiske fundament, resultatene fra observasjonsstudiet og diskutert disse i lys av det teoretiske fundamentet. Jeg presenterte en problemstilling bestående av to forskningsspørsmål:

1. Hvordan opplever elever brukergrensesnittet til Modellus? Er elevene i stand til å bruke modelleringsverktøyet Modellus på en selvstendig måte i deres arbeid med fysikken.
2. Kan modelleringsverktøyet Modellus fremme forståelse for fysikkfaget?

7.1 Hovedfunn og konklusjoner

Deltakerne i studien beskriver programmet som enkelt å bruke med noen bemerkninger om enkelte av funksjonene. Observasjonen viser at deltakerne i stor grad er i stand til å bruke Modellus selvstendig i arbeidet.

I noen tilfeller vises det til at deltakerne inntar en ”prøv – og – feil – modus” i arbeidet med Modellus. I stedet for en reflektert prosess rundt valg av parametre, initialbetingelser og størrelsesordenen til kontrollvinduet, erstattes dette tidvis av tilfeldige valg uten begrunnelser.

Diskusjonene mellom deltakerne relateres i stor grad til modellen i Modellus. De diskuterer objektets bevegelse i Modellus. Det forekommer i liten grad at deltakerne knytter modellen til sine hverdagserfaringer.

Deltakerne er i stand til å hente til å hente ut informasjon fra representasjonene i Modellus. Deltakerne hadde på forhånd god kjennskap til grafiske framstillinger. Etterintervjuene viser at dette er vektlagt i undervisningen. Den grafiske representasjonen var et viktig utgangspunkt for deltakerne arbeid med Modellus. Transformasjoner mellom graf, matematisk modell og animasjon ga for flere deltakere økt forståelse for fenomenene.

Den vitenskapelige historien kan bygges opp ved bruk av representasjonene i Modellus. Undersøkelsen viser at deltakerne danner et meningsinnhold av den matematiske modellen der de relaterer fysiske størrelser til fenomenet.

På bakgrunn av de to siste hovedfunnene kan det trekkes en konklusjon om at arbeid med Modellus kan fremme forståelse for fysikkfaget.

Det kan trekkes en konklusjon om at Modellus var et enkelt program å lære seg for deltakerne som deltok i studien. De kunne bruke Modellus selvstendig i arbeidet.

7.3 Forslag til videre forskning

Når man skal gjennomføre et observasjonsstudie av elever som arbeider med en programvare som ukjent for deltakerne i studien, så må man velge et fokus. Jeg har i denne oppgaven valgt å fokusere på multiple representasjoner. Jeg vil i denne delen gi noen forslag til forskningsprosjekter som bygger på det jeg har startet på i denne oppgaven.

Modellus tilrettelegger utforsking av multiple representasjoner. En av de positive sidene til Modellus som deltakerne tar opp er at alle representasjonene er på et sted. Et forslag til videre forsking ville vært å undersøke om bruk av Modellus over en lengre periode vil ha innvirkning på elevers bruk av multiple representasjonsformer når i de arbeider uten Modellus.

Jeg har vist til at elevene i flere diskusjonsoppgaver diskuterer objektenes bevegelse i Modellus. Diskusjonene synes å være løsrevet fra det som skal modelleres. Kozma (2003) viser til undersøkelser hvor representasjonsformer som beskriver teoretiske størrelser presenteres sammen med representasjoner som viser fenomenet slik det vises i virkeligheten. Dette hadde positiv effekt på studiens deltakere. Et forslag til videre forskning er å undersøke effekten Modellus kan ha sammen med fysikkeksperimenter.

I denne oppgaven redegjør jeg to gruppers arbeid med å implementere numerisk løsningsalgoritme inn i Modellus. Denne implementasjonen krever at elevene forstår meningsinnholdet i algoritmen. Denne oppgaven viste seg å være, men den ene gruppen klarte det uten assistanse. Et forslag til videre forskning er å gå videre med mulighetene til Modellus for en beregningsorientert tilnærming. Det vises til Sørby (2010) for en rekke interessante betraktninger rundt numeriske beregninger som kan overføres til Modellus og fysikken i videregående skole.

Tillegg A: Tegnsetting i den transskriberte setningen

Jeg har brukt følgende tegnsetting i presentasjonen av den transkriberte teksten:

- Tre punktum, …, markerer ufullstendige setninger.
- Paranteser med tre punktum, (…), markerer utelatt tekst.
- Klammeparantes med tekst, [kommentar], markerer kommentarer fra med.

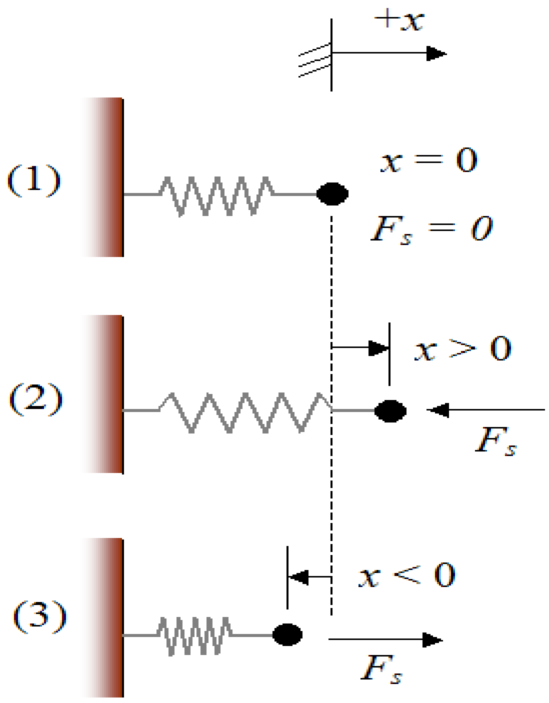
Tillegg B: Introduksjon til aktivitetene

Jeg legger ved introduksjonen til aktivitetene. Det ble ikke gitt noen faglig introduksjon til aktiviteten loddrett kast uten luftmotstand.

- Aktivitet 2: Lodd festet i fjær.
- Aktivitet 3: Loddrett kast uten luftmotstand.

LODD I FJÆR

Vi ser på et objekt festet et lodd i en fjær med en gitt stivhet. Vi trekker loddet fra likevektspunktet, da vil fjæren trekke i loddet, og en kraft virker på loddet mot likevektspunktet.



Denne kraften er gitt ved Hookes lov

$$F = -kx$$

hvor x angir avstanden fra likevektpunktet. Konstanten k er fjæras stivhet.

Vi finner loddets akselerasjon ved Newtons annen lov

$$F = ma$$

Dette gir

$$ma = -kx$$

$$a = -\frac{kx}{m}$$

Vi skal studere objektets bevegelse. Likningen over er en annenordens homogen differentiallikning. Denne typen likninger lærer dere å løse i matematikkurset R2. Selv om matematikken ligger et år over oss på nåværende tidspunkt, kan vi likevel se på fysikken som ligger til grunn for Hookes lov.

Vi bruker Modellus til å regne for oss, slik at vi kan diskutere resultatene.

I Modellus skriver vi likningene

$$a = -\frac{kx}{m}$$

$$\frac{dv}{dt} = a$$

$$\frac{dx}{dt} = v$$

Det to siste likningene to førsteordens differentiallikninger, som gir oss hastigheten og posisjonen til objektet som funksjon av tiden. Disse likningene løser Modellus automatisk, med bruk av uttrykket for akselerasjonen vi fann ved Hookes lov og Newtons annen lov.

Loddrett kast med luftmotstand

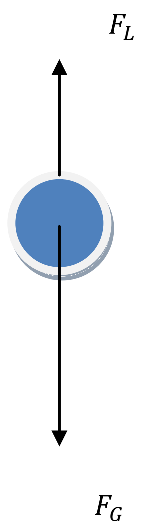
Luftmotstanden er gitt ved

$$F_L = -k \cdot v \cdot |v|$$

Hvor k kalles for luftmotstandskoeffisienten.

Vi tegner et frilegediagram.

På vei ned, $v < 0$



Vi skal finne et uttrykk for akselerasjonen. Vi bruker newtons annen lov

$$\sum F = ma$$

Summen av kreftene er gitt ved

$$\sum F = F_G + F_L = -mg - k \cdot v \cdot |v|$$

Kombinerer vi de to uttrykkene har vi

$$ma = -mg - k \cdot v \cdot |v|$$

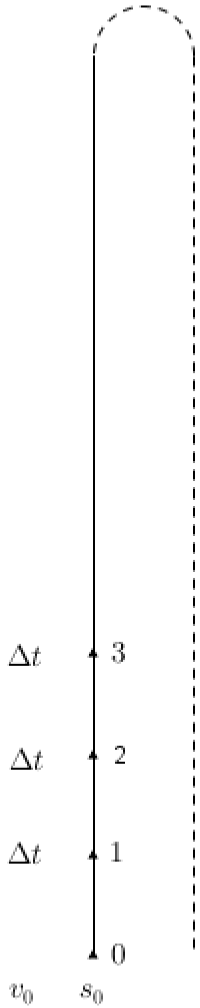
$$a = -g - \frac{k \cdot v \cdot |v|}{m}$$

Beregningsorientert tilnærming med Euler – Cromer.

$$a_3 = -g - \frac{k \times v_2 \times |v_2|}{m} \qquad v_3 = v_2 + a_3 \times \Delta t \qquad s_3 = s_2 + v_3 \times \Delta t$$

$$a_2 = -g - \frac{k \times v_1 \times |v_1|}{m} \qquad v_2 = v_1 + a_2 \times \Delta t \qquad s_2 = s_1 + v_2 \times \Delta t$$

$$a_1 = -g - \frac{k \times v_0 \times |v_0|}{m} \qquad v_1 = v_0 + a_1 \times \Delta t \qquad s_1 = s_0 + v_1 \times \Delta t$$



Vi deler regnestykket opp i mindre deler, slik som vist over. For at en slik løsninsmetode skal fungere må vi bruke et tidssteg som er tilstrekkelig lite. I denne oppgaven vil 0,01 være tilstrekkelig. Dette innebærer svært mange regnestykker. Her brukes datamaskiner.

Vi kan bruke Modellus til å gjøre utregningene for oss. Vi må først se litt på hvordan det matematiske vinduet i Modellus fungerer. Når dere skriver inn formler inn i det matematiske vinduet, så regnes alt innhold i vinduet hvert tidssteg. Dette tillater at vi kan gjøre mange beregninger på kort tid. Vi kan få tak i forrige tidsstegs hastighet og posisjon, med å skrive henholdsvis last(v) og last(s). Dette gir oss muligheten til å skrive inn løsningsalgoritmen presentert over inn Modellus.

Tillegg C: Diskusjonsoppgaver

Jeg legger ved diskusjonsoppgavene for hver av aktivitetene.

- Loddrett kast uten luftmotstand
- Lodd festet i fjær
- Loddrett kast med luftmotstand

AKTIVITET: LODDRETT KAST UTEN LUFTMOTSTAND

Implementasjon i modellus

1) Skriv inn de matematiske modellene som gir objektets posisjon og hastighet ved tiden *t*.

2) Sett opp en animasjon av et loddrett kast.

3) Sett opp en vektor som viser objektets hastighet (størrelse og retning), fest den til objektet.

4) Sett opp grafen for objektets posisjon som funksjon av tiden.

Diskusjonsoppgaver

1) Beskriv sammenhengen mellom grafen (posisjon - tid) og animasjonen.

   i) Hva viser animasjonen?
      a. Endring i posisjon
      b. Endring i hastighet

   ii) Hvordan vises dette i den grafiske framstillingen?

2) Hvordan ser grafen for hastighet ut?

3) Hvilken innvirkning har størrelsene hastighet og akselerasjon på posisjonsgrafen?

   i) Varier hastigheten
   ii) Varier akselerasjonen

4) Forklar dette på bakgrunn av formelen for posisjon.

AKTIVITET: LODD FESTET I FJÆR

Deltakerne gis en ferdig implementert modell for fenomenet.

Diskusjonsoppgaver

1) Beskriv sammenhengen mellom animasjonen og den grafiske framstillingen.

i) Beskriv bevegelsen mot likevektspunktet.

[øker eller minker hastigheten til objektet mot likevektspunktet]

ii) Beskriv bevegelsen mot maksimalt utslag.

[øker eller minker hastigheten til objektet mot punktet for maksimalt utslag]

iii) Hvor er endringen i objektets hastighet størst?

[Ved likevektspunktet? Ved endepunktene?]

2) Beskriv sammenhengen mellom animasjonen og det matematiske uttrykket for akselerasjonen.

3) Se på den grafiske representasjonen, beskriv sammenhengen mellom akselerasjonsgrafen og posisjonsgrafen.

4) Vi ser på den grafiske representasjonen for hastigheten til loddet. Diskuter sammenhengen mellom grafene for posisjon, hastighet og akselerasjon.

5) Hvilken rolle har fjærkonstanten? Hva skjer hvis vi endrer fjærkonstanten?

Loddrett kast med luftmotstand

Implementasjon i Modellus:

1) Skriv inn den matematiske modellen for loddrett kast med luftmotstand

2) Opprett en animasjon som viser objektets bevegelse i tyngdefeltet

3) Opprett en vektor som viser hastigheten til objektet

4) Presenter en grafisk framstilling for objektets posisjon

Diskusjonsoppgaver

1) Hvilken informasjon gir posisjonsgrafen? Bruk animasjonen som støtte.

i. Ikke symmetrisk. Objektet bruker lenger tid ned enn opp.
ii. Grafen er lineær på slutten. Indikerer konstant fart.

2) Hvordan ser hastighetsgrafen ut?

3) Forklar hastighetsgrafen?

4) Hvordan vil akselerasjonsgrafen se ut?

[Introduser ny modell i Modellus]

5) Forklar akselerasjonsgrafen?

6) Beskriv sammenhengen mellom akselerasjons-, hastighet-, og posisjonsgrafen?

INTERVJUGUIDE: GENERELL DEL

1) Hvor mye har dere arbeidet med grafiske framstillinger i fysikk 1?

   [Har dere brukt mye tid på å tolke grafer?]

2) Vi har jo arbeidet mye med grafer i disse timene, ser dere på dette som viktig å kunne?

3) Hvor mye har dere arbeidet med animasjoner og simuleringer i fysikk 1?

   [På hvilke måter?]
   [I hvilke temaer?]

4) I Modellus presenteres animasjoner, grafer og matematiske modeller, har dere brukt animasjoner og simuleringer som viser disse representasjonsformene?

5) Hva synes dere om brukervennligheten til Modellus?

   [Hvordan var det å komme i gang med programmet?]

6) I Modellus skriver vi de matematiske modellene på en form som er lik hvordan likningene skrives i lærebøkene, og slik dere har lært de. Synes dere dette er viktig egenskap?

7) I Modellus vises tegnes animasjoner og grafer samtidig, synes dere dette gjør det enklere å tolke grafene?

   [På hvilke måter?]

BIBLIOGRAFI

Ainsworth, S. (1999). The functions of multiple representations. Computers & Education, 33, 131-152.

Ainsworth, S. (2008). The Educational Value of Multiple-Representations when learning complex scientific concepts. I Gilbert, J. K., Reiner, M., og Nakhleh, M. (Eds), Visualization: Theory and Practice in Science Education. New York: Springer.

Angell, C., Guttersrud, Ø., Henriksen, E. K. og Isnes, A. (2004), Physics: Frightful, but fun. Pupils' and teachers' views of physics and physics teaching. Sci. Ed., 88: 683–706.

Angell, C., Kind, P.M., Henriksen, E.K. og Guttersrud, Ø. (2008). An empirical-mathematical modelling approach to upper secondary physics. Physics Education, 43(5), 256 – 264.

Angell, C., Bungum, B., Henriksen. E. K., Kolstø, S. D., Persson, J., Renstrøm. R., (2011). Fysikkdidaktikk. Kristiansand: Høyskoleforlaget AS.

Ary, D., Jacobs, L. C. og Sorensen, C. (2010). *Introduction to research in education*. Belmont, Calif.: Wadsworth Cengage Learning.

Dolin, J. (2002). Fysikfaget i forandring.Roskilde University, Denmark Roskilde.

Erickson, T. (2006). Stealing from physics: modeling with mathematical functions in data-rich contexts. *Teaching Mathematics and its Applications, 25*(1), 23-32.

Gilbert, J. K. (2004). Models and Modelling: Routes to More Authentic Science Education. *International Journal of Science and Mathematics Education, 2*(2), 115-130.

Guttersrud, Ø. (2008). *Mathematical Modelling in Upper Secondary Physics Education: Defining, Assessing and Improving Physics Students´ Mathematical Modelling Competency.* Upublisert Ph.D-avhandling, Oslo: Fysisk institutt, Universitetet i Oslo.

Henriksen, E., K. og Angell, C. (2010). The role of 'talking physics' in an undergraduate physics class using an electronic audience response system. *Physics Education, 45*(3), 278 - 284.

Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of Physics, 55*(5), 440-454.

Holter, H. og Kalleberg, R.(red.).*kvalitatative metoder i samfunnsforskning.*Oslo:Universitetsforlaget, 2.utgave, 1996.

Johannessen, A., Tufte, P. A. og Kristoffersen, L. (2010). *Introduksjon til samfunnsvitenskapelig metode*. Oslo: Abstrakt.

Kozma, R. (2003). The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. *Learning and Instruction, 13*(2), 205-226.

Kvale, S., Brinkmann, S., Anderssen, T. M. og Rygge, J. (2009). *Det kvalitative forskningsintervju*. Oslo: Gyldendal akademisk.

Leach, J. og Scott, P. (2003). Individual and Sociocultural Views of Learning in Science Education. *Science & Education, 12*(1), 91-113.

Leiulfsrud, H. og Hvinden, B. (1996). *Analyse av kvalitative data: fiksérbilde eller puslespill?*, sidene 220 - 239, i Holter og Kalleberg (1996), 2.utgave,1996.

Mortimer, E. F. og Scott, P. (2003). *Meaning making in secondary science classrooms*. Buckingham: Open University Press.

Orton, T. og Roper, T. (2000). Science and Mathematics: A Relationship in Need of Counselling? *Studies in Science Education, 35*(1), 123-153.

Osborne, J. (1990). Sacred cows in physics - towards a redefinition of physics education. *Physics Education, 25*(4), 189.

Robson, C. (2002). *Real world research: a resource for social scientists and practitioner-researchers*. Oxford: Blackwell.

Sivesind, K. H. (1996). Sortering av kvalitative data: metodologiske prinsipper og praktiske erfaringer fra analyse med dataprogrammer, sidene 240 - 273, i Holter og Kalleberg (1996), 2.utgave,1996.

Solberg, A. (1996). *Erfaringer fra feltarbeid Kvalitative metoder i samfunnsforskning,* sidene 130 - 144, i Holter og Kalleberg (1996), 2.utgave,1996.

Sørby, S. (2010). *Beregningsorientert fysikk i bachelorkurs ved Universitetet i Oslo* (masteroppgave). Oslo: Universitetet i Oslo.

Teodoro, V. D. (2002). *Modellus: Learning Physics with Mathematical Modelling*. Upublisert Ph.D-avhandling, Lisboa: Universidade Nova de Lisboa.

Wells, M., Hestenes, D. og Swackhamer, G. (1995). A modeling method for high school physics instruction. *American Journal of Physics, 63*(7), 606-619.