



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2024 30 stp

Fakultetet for realfag og teknologi (REALTEK)

Digital gestikulering - en sosialsemiotisk studie av elevers samarbeid gjennom programmering i fysikk 1

Digital gesture - a social semiotic study of students' cooperation through programming in physics 1

Knut Sørbo

Lektorutdanningen i realfag

Sammendrag

Etter at programmering ble en sentral del av undervisningen i fysikk 1 på videregående, har det vært mye fokus på hvilke tema som programmering passer inn under, og hvordan man bør undervise. Imidlertid har jeg savnet et fokus på *hvordan* elever jobber når de programmerer, og da spesielt hvordan de gjør det gjennom samarbeid. For å undersøke dette satte jeg to forskningsspørsmål, F1 og F2:

F1: Hva slags semiotisk arbeid gjør elever i fysikk 1 for å skape mening i temaet 'fall med luftmotstand' når de samarbeider mens de programmerer i Python-editoren Thonny og bruker videoanalyseverktøyet Tracker, og hvordan gjør de dette arbeidet?

F2: Hva er elevenes oppfatning av å bruke programmering for å skape mening i fysikk?

Denne oppgaven bruker data samlet inn fra en fysikk 1-klasse i form av skjerm- og lydopptak, observasjon, fokusgruppeintervju og skriftlige spørsmål, som har blitt analysert med analysemetodene interaksjonsanalyse og tematisk analyse, begge med en sosialsemiotisk linse.

De viktigste funnene i denne oppgaven er hvordan elevene bruker semiotiske ressurser som faguttrykk, kode og symboler, samt gestikulering i sitt semiotiske arbeid. Elevene tar i bruk mange forskjellige faguttrykk og symboler til å uttrykke seg med, i tillegg til navn på forskjellige variabler i koden, som gjør at det kan være vanskelig å følge med for den som tolker. Det ble også funnet at elevene kan ta i bruk musepekeren som en slags forlengelse av armen, og bruker den til noe jeg har valgt å kalle for *digital gestikulering*.

Når elevene samarbeider på én PC, inntar de roller som navigatør og pådriver i arbeidet. Elevene skifter på disse rollene ofte, og hvor muntlig aktiv i det semiotiske arbeidet kjennetegnes av hvilken rolle man har. Navigatørene var som regel mer muntlig aktive enn pådriverne.

Spesielt bevisstheten rundt bruken av musepekeren og digital gestikulering kan ha implikasjoner for videre arbeid. Dette er noe som kan være interessant å undersøke videre, og noe som lærere kan ha nytte av å være bevisst.

Nøkkelord: sosialsemiotikk; semiotisk arbeid; casestudie; interaksjonsanalyse; tematisk analyse; digital gestikulering

Abstract

Since programming became a central part of the curriculum of Physics 1 in Norwegian upper secondary school, there has been a lot of focus on which topics programming fits into and how it should be taught. However, I have missed a focus on *how* students work when they code, and especially how they do it through collaboration. To investigate this, I set two research questions, F1 and F2:

F1: What kind of semiotic work do students in Physics 1 do to make sense of the topic 'falling with air resistance' when they collaborate while programming in the Python editor Thonny and using the video analysis tool Tracker, and how do they do this work?

F2: What are students' perceptions of using programming to create meaning in physics?

This thesis uses data collected from a Physics 1 class in the form of screen and audio recordings, observation, focus group interview, and written questions, which have been analyzed with the analytical methods of interaction analysis and thematic analysis, both with a social semiotic lens.

The most important findings in this thesis are how the students use semiotic resources such as technical terms, code and symbols, as well as gestures in their semiotic work. The students use many different technical terms and symbols to express themselves, as well as the names of different variables in the code, which can make it difficult for the interpreter to follow. It was also found that students can use the mouse pointer as a kind of extension of the arm and use it for something I have chosen to call *digital gesturing*.

When students collaborate on one PC, they take on the roles of navigator and driver. The students switch between these roles often, and how orally active they are in the semiotic work is characterized by which role they have. Generally, the navigators were more verbally active than the drivers.

In particular, the awareness of the use of the mouse pointer and digital gestures may have implications for further work. This is something that may be interesting to investigate further, and something that teachers may benefit from being aware of.

Key words: social semiotics; semiotic work; case study; interaction analysis; thematic analysis; digital gesture

Innholdsfortegnelse

1	Forord.....	1
2	Innledning.....	2
3	Teori.....	5
3.1	Semiotiske ressurser og bruken av dem	6
3.1.1	Semiotiske ressurser	6
3.1.2	Affordance.....	8
3.1.3	Critical constellation	10
3.1.4	Coordinating hub.....	11
3.1.5	Gestikulering	11
3.2	Samarbeid.....	12
3.3	Meningsskaping gjennom transduksjon og semiotisk arbeid.....	14
3.3.1	Meningsskaping	14
3.3.2	Transduksjon	15
3.3.3	Semiotisk arbeid.....	17
4	Metode.....	19
4.1	Fra Design Based Research til Casestudie	19
4.2	Casestudie.....	21
4.2.1	Casestudiers validitet.....	22
4.3	Undervisningssituasjon	23
4.4	Datainnsamlingsmetoder	25
4.4.1	Skjerm- og lydopptak	25
4.4.2	Observasjon	26
4.4.3	Fokusgruppeintervju.....	27
4.4.4	Skriftlige spørsmål	28
4.4.5	Etikk og databehandling.....	28
4.5	Valg av grupper til analysen	29
4.6	Analysemetode	30
4.6.1	Interaksjonsanalyse	30
4.6.2	Tematisk analyse	34
4.7	Validitet og reliabilitet.....	38
4.7.1	Reliabilitet	38
4.7.2	Validitet	40
5	Analyse og diskusjon	41
5.1	Hva slags semiotisk arbeid gjøres, og hvordan?	42

5.1.1	Bruk av musepeker, gestikulering og tale	42
5.1.2	Bruk av musepeker og gestikulering uten tale	47
5.1.3	Navigatøren, pådriveren og muntlig aktivitet	49
5.1.4	Fagbegrep, symboler og kode litt om hverandre.....	51
5.1.5	Kommunikasjon med PC/programmeringsverktøy.....	54
5.1.6	Elevers semiotiske arbeid når de får feilmeldinger.....	57
5.1.7	Sammenligning av simulert og målt graf.....	60
5.2	Elevers samarbeid når de programmerer i fysikk.....	62
5.3	Hva er elevenes oppfatning om bruken av programmering i fysikk 1?	65
5.3.1	Programmeringens affordance	65
5.3.2	Feilmeldinger	66
5.3.3	Forståelse gjennom sammenligning.....	67
5.4	Analysens svakheter.....	68
6	Sammendrag og konklusjon.....	68
6.1	Hva slags semiotisk arbeid gjøres, og hvordan?	69
6.2	Hvordan vurderer elevene selv brukes av programmering i fysikk?.....	70
6.3	Forslag til videre arbeid.....	71
6.4	Forslag til lærere.....	71
6.5	Konklusjon	72
6.5.1	Elevenes semiotiske arbeid	72
6.5.2	Elevenes oppfatning	72
7	Litteraturliste	73
8	Vedlegg A: Utdelte oppgaver	78
9	Vedlegg B: Observasjonsskjema	82
10	Vedlegg C: Spørsmål til fokusgruppeintervju	83
11	Vedlegg D: Intervjuguide	84
12	Vedlegg E: Informasjonsskriv	85
13	Vedlegg F: Definisjoner av endelige koder for gruppe 1	88
14	Vedlegg G: Definisjoner av endelige koder for gruppe 2.....	89
15	Vedlegg H: Definisjoner av tidlige koder fra tematisk analyse.....	90
16	Vedlegg I: Definisjoner av tema fra tematisk analyse.....	91

Figurtabell

Figur 1: Forholdet mellom pedagogisk og disiplinspesifikk affordance.....	9
Figur 2: To semiotiske system markert i blått, og to semiotiske ressurser markert i rødt.....	17
Figur 3: Yousef bruker først musepekeren til å understreke grafene.....	43
Figur 4: Anne bruker musepekeren til å markere det hun snakker om.....	44
Figur 5: Anne viser til listene på linje 19-21 mens hun forklarer muntlig.	45
Figur 6: Yousef viser til linje i linje 28-32 mens han forklarer muntlig.....	45
Figur 7: Ahmed bruker musepekeren til å følge grafen, uten å si et ord.	47
Figur 8: Anne får en feilmelding etter å ha skrevet feil variabel-navn.....	54
Figur 9: Anne viser til koden og spør hvilket symbol som stod for luftmotstand.	55
Figur 10: Programmeringsverktøyet forteller Anne og Yousef at de mangler en parentes.	56
Figur 11: Programmeringsverktøyet fortsetter og forteller at det mangler en parentes.	56
Figur 12: Gruppe 1 feilmelding som viser til at 'v_med' i linje 37 ikke er definert.	57
Figur 13: Anne viser til hvor hun leter ved å bruke musepekeren.	58
Figur 14: Gruppe 1 får beskjed om at noe ikke stemmer overens med krav fra matplotlib.....	58
Figur 15: Gruppe 2 får feilmelding om at variabelen 'pi' ikke er definert i linje 10.	59
Figur 16: Ahmed viser at han har funnet frem til linje 10, der 'pi' brukes.....	59
Figur 17: Yousef og Anne sammenligner resultatet fra Thonny med resultatet fra Tracker.....	60
Figur 18: Etter å ha endret luftmotstandskoeffisienten får gruppe 1 to nye grafer.	61
Figur 19: Resultatet for gruppe 1 i Tracker.	61
Figur 20: Yousef og Anne får et endelig, riktig resultat.	62

1 Forord

Etter fem på lektorstudiet på Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet, og åtte år totalt som student, har alt det harde arbeidet kulminert i en masteroppgave. En masteroppgave som har ligget bakerst i hodet gjennom hele min tid på Ås.

Helt fra første semester, da jeg fikk vite hvor sentralt programmering kom til å bli i for eksempel fysikk, har jeg vært sikker på at det var dette jeg ville undersøke. Så, gjennom å ha lest teori, kom jeg over sosialsemiotikk. Dette var et fagområde som resonerte godt med meg, som gjorde at temaet ble et naturlig valg i denne oppgaven.

Det å nå ha skrevet denne oppgaven har vært en lang og tung prosess, selv om temaet har vært utrolig spennende. Ikke bare har jeg måtte sette meg inn i alt av fagstoff, men attpåtil fikk jeg en sønn i starten av semesteret. Med andre ord hadde jeg ikke klart dette alene. Derfor vil jeg gjerne takke alle de som har bistått meg i denne prosessen.

Jeg vil gjerne takke min kone, Annlaug, som har vært en uunnværlig støttespiller gjennom alle disse årene, og en som jeg har kunnet diskutere fagstoff og vanskelige problemstillinger med. Alt dette i tillegg til at hun har tatt godt vare på Hans Olav, latt meg sove og holdt fortet hjemme slik at jeg kunne jobbe.

Mine medstudenter, spesielt Edel, Elise, Eirik, Eirik-Mathias, Håvard, Ida, Tonje og Vebjørn, kan heller ikke unnlates. De har holdt moralen oppe, vært gode faglige støttespillere og aller viktigst; gode venner. Jeg hadde ikke klart å holde moralen oppe uten snap'er og meldinger fra dem.

Til slutt vil jeg takke min veileder, Gerd. Ikke bare har hun vært oppmuntrende og kommet med gode ord, men hun har også visst akkurat når jeg trengte litt harde ord. Uten hennes tilbakemeldinger og tilgjengelighet hadde jeg aldri kommet frem til et resultat som jeg er så fornøyd med som dette.



Molde, 15.05.2024

2 Innledning

Gjennom Kunnskapsløftet 2020 har programmering tatt sin del i undervisningen i den norske skolen, også i fysikkundervisningen på videregående (Utdanningsdirektoratet, 2020). Ofte begrunnes denne innføringen med at elevene lærer noe som man kan komme innom på videre studier, i arbeidshverdagen eller at man øver på algoritmisk tankegang.

Utdanningsdirektoratet (2019) definerer algoritmisk tankegang som «*en problemløsningsmetode som dreier seg om å tilnærme seg problemer på en systematisk måte og kunne foreslå løsninger som kan bruke datamaskiner til å løse (deler av) dem*», mens Weintrop et al. (2016, s. 1, oversatt til norsk av meg) definerer det som «*en taksonomi som består av fire hovedkategorier: datapraksis, modellering og simuleringspraksis, beregningspraksis for problemløsning og systemtenkningspraksis*». Man lærer seg da forhåpentligvis en problemløsningsstrategi som kan minne om den problemløsningsstrategier datamaskiner bruker, derav det engelske uttrykket «*computational thinking*».

I undervisningssituasjonen i denne oppgaven jobber elevene to og to, det som kan kalles for parprogrammering. I deres litteraturundersøkelse om parprogrammering kunne Hawlitschek et al. (2023) konstatere med at det var fordeler for elevene å programmere på denne måten fremfor å programmere én og én, spesielt for elever som ikke har mye programmeringserfaring.

I Fysikk 1 (FYS01-02) kommer programmering spesielt inn i kompetansemålet «*bruke numeriske metoder og programmering til å modellere og utforske bevegelse i situasjoner der akselerasjonen ikke er konstant*» (Utdanningsdirektoratet, 2020, s. 5), men også i kjerneelementet «*Praksiser og tenkemåter i fysikk*» og den grunnleggende ferdigheten «*Digitale ferdigheter*» (Ibid.). Dette gjorde at jeg ønsket å skrive om nettopp programmering i fysikkundervisningen, for å forberede meg på en arbeidshverdag hvor programmering er sentral i undervisningen. Gjennom å ha lest litteratur til forskjellige oppgaver i løpet av studiet, savnet jeg snakk om hvordan elevene *faktisk* samarbeider når de programmerer i fysikk. Mye av litteraturen jeg fant handlet om fordelene med programmering (for eksempel Orban og Teeling-Smith (2020) eller Sand et al. (2019)). Dette savnet, og litt inspirasjon fra Svensson et al. (2020), som undersøkte programmeringens affordance i fysikk i et sosialsemiotisk lys, gjorde at valget falt på å skrive om hvordan elever i fysikk 1 samarbeider når de programmerer.

For å undersøke dette, har jeg kommet frem til to forskningsspørsmål, F1 og F2:

F1: Hva slags semiotisk arbeid gjør elever i fysikk 1 for å skape mening i temaet 'fall med luftmotstand' når de samarbeider mens de programmerer i Python-editoren Thonny og bruker videoanalyseverktøyet Tracker, og hvordan gjør de dette arbeidet?

F2: Hva er elevenes oppfatning av å bruke programmering for å skape mening i fysikk?

I denne oppgaven kommer jeg til å ha hovedfokus på forskningsspørsmål 1 (F1), men jeg ønsker å bruke det som kommer frem om forskningsspørsmål 2 (F2) som en ramme rundt undersøkelsen. Kanskje kan det som kommer frem av F2 være med å forklare noe av resultatet i F1. Hvordan jeg undersøkte dette beskrives i metodekapittelet.

Håpet mitt med denne oppgaven er å komme frem til en beskrivelse av hvordan norske elever samarbeider når de programmerer i fysikk. Den multimodale kommunikasjonen i teknologirike omgivelser er noe Gregorcic et al. (2017) sier at mangler innen fysikkdidaktikkforskning, så dette er noe jeg håper kan være et fint bidrag til å undersøke dette. Jeg ser også på informasjon om hvordan elever samarbeider i slike situasjoner som viktig informasjon for lærere, som kan bruke informasjonen til å gjøre informerte beslutninger om hvordan de ønsker å ta i bruk programmering i deres undervisning. Videre ønsker jeg å bruke disse resultatene til å komme med forslag til videre arbeid, og forklare hva jeg ville gjort med disse resultatene hvis jeg nå skulle undervist gjennom programmering i fysikk.

Fra forskningsspørsmålet kan man se at jeg bruker en sosialsemiotisk tilnærming i undersøkelsen. Jeg skal komme nærmere inn på hva det har å si i teorikapittelet, men kort forklart handler det om hvilke tegn og former for kommunikasjon elever (og PC-er) bruker når de kommuniserer. Hovedfokuset vil dermed ligge på å tolke elevenes interaksjoner ved hjelp av begrep som for eksempel meningsskaping og affordance.

Litteraturen som tas i bruk i denne oppgaven er i hovedsak hentet fra sosialsemiotikken og multimodaliteten, siden forskningsspørsmålet er spisset inn mot dem. Mye av dette er basert på arbeidet til for eksempel Airey og Linder (se for eksempel Airey og Linder (2017)), og Jewitt, Bezemer og O'Halloran (se for eksempel Jewitt et al. (2016)). Teorikapittelet er også formet gjennom analysearbeidet, for å kunne koble opp resultatene mot allerede eksisterende teorier.

For å utforske hvordan elever samarbeider når de programmerer i fysikk, dro jeg ut til en norsk videregående skole, hvor jeg gjennomførte en komparativ casestudie. Hoveddelen av datamaterialet kommer fra skjerm- og lydopptak. Elevene, bestående av to toer-grupper, fikk utdelt et programmeringsopplegg basert på rammeverket *Use, Modify, Create (UMC)*. I UMC blir elevene gradvis tatt gjennom oppgaver med større og større grad av selvstendighet, fra å bare fylle inn tall i ferdiglaget kode til å skrive store deler av koden selv. De skulle gjennom oppgavene simulere fall med luftmotstand og lage grafer av dette gjennom programmeringsspråket Python, og grafene skulle senere sammenlignes med grafer de kom frem til gjennom et forsøk de analyserte med videoanalyseverktøyet Tracker. Gruppene ble satt sammen av faglærer, og kunne kun jobbe på én PC. I denne oppgaven vil det være størst fokus på hvordan elevene jobber sammen når de programmerer, og i transformasjonen mellom den simulerte grafen de laget i Python og grafen de laget i Tracker ut fra et forsøk.

Man kan, som forsker, aldri foreta en måling uten å påvirke resultatet. Dermed vil min tilstedeværelse i klasserommet, uansett hvor tilbakeholden og anonym jeg prøver å være, påvirke elevene. Ikke minst på grunn av båndopptakere og skjermopptak. Derfor har jeg gjort en grundig redegjørelse av min datainnsamlingsmetode.

Til å analysere dette datamaterialet har jeg valgt å bruke en tematisk analysetilnærming og en interaskjonsanalytisk tilnærming. Dette for å se om det er noen mønster i hvordan disse gruppene samarbeidet. I det totale datamaterialet var det i alt 8 toer-grupper ut av en klasse på 24 elever som hadde sagt ja til å delta, og av disse 8 gruppene falt valget på å analysere to av dem.

Denne oppgaven vil først ta for seg teorien som ligger til grunn for analysen. Etter at teorien har blitt lagt frem, vil jeg så gå videre og forklare forskningsmetoden som ble brukt, før jeg så går over i analyse og diskusjon. Til slutt kommer jeg frem til en konklusjon, samt forslag til lærere og til videre arbeid.

3 Teori

I teorikapittel skal de sentrale teoriaspektene for denne oppgaven presenteres. Flere av disse aspektene er ting jeg var klar over at var sentrale *før* jeg gjennomførte datainnsamlingen, men det er også en del ting som måtte hentes inn i etterkant av datainnsamlingen og analysen.

Altså har jeg hatt en abduktiv tilnærming i dette prosjektet.

Denne oppgaven skal ta i bruk sosialsemiotikk som en slags teoretisk linse. Fra dette kommer det flere sentrale begrep som brukes i analysen av datamaterialet, blant annet meningsskaping og transduksjon. Det vil bli skrevet om samarbeid, da med fokus på parprogrammering. Jeg vil også gå gjennom gestikulering og kroppsspråk, som jeg la merke til gjennom datainnsamlingen.

Som sagt tar denne oppgaven i bruk tankesettet fra sosialsemiotikk og multimodalitet. Sosialsemiotikken er «*studiet av utviklingen og reproduksjonen av spesialiserte systemer for meningsskaping i spesifikke deler av samfunnet*» (Airey & Linder, 2017, s. 95, oversatt til norsk av meg). Multimodalitet er tanken om at man bruker flere modaliteter, eller *moder*, for å skape mening om noe. Selander og Kress (2010) skriver at multimodalitet er noe hvor man bruker ulike ressurser for å tolke verden og skape mening. Jewitt et al. (2016) påpeker i deres beskrivelse av multimodalitet at det er gjennom å bruke moder i et fellesskap at man skaper en slags multimodal helhet. I denne oppgaven kommer jeg til å bruke det engelske ordet *mode*. Som flere andre begrep som blir introdusert senere, har jeg valgt å ta i bruk det engelske begrepet fordi jeg mener det ikke finnes noen gode, norske oversettelser. Jewitt et al. (Ibid., s. 71, oversatt til norsk av meg) beskriver en mode som «*et sosialt organisert sett med semiotiske ressurser for meningsskaping*». På den annen side skriver Svensson og Eriksson (2020) at en mode i multimodalitet og sosialsemiotikk ikke nødvendigvis er det samme. De beskriver at man kan kalle en multimodal mode for et semiotisk system i sosialsemiotikken.

I denne oppgaven kommer jeg til å behandle multimodalitet på den måten Kress og van Leeuwen (2001, s. 2, oversatt til norsk av meg) behandlet det da de skrev «*vi går mot et syn på multimodalitet hvor felles semiotiske prinsipper opererer i og på tvers av forskjellige moder*». Det som skiller sosialsemiotikken fra multimodaliteten er at sosialsemiotikken, som navnet tilsier, legger mer vekt på det sosiale aspektet i læringsprosessen. Airey og Linder (2017, s. 96, oversatt til norsk av meg) beskriver det fint når de skriver «*vi tolker sosialsemiotikk som et vidt konstrukt hvor all kommunikasjon i en bestemt sosial gruppe blir sett på som å bli realisert gjennom bruken av semiotiske ressurser*».

Jeg skal undersøke hvordan elever i en fysikk 1-klasse gjør semiotisk arbeid, og hva slags semiotisk arbeid de gjør. Det vil derfor også være nødvendig å kort nevne to begrep som vil være nyttig i analysen; *tegnmaker* og *motivert tegn*. Hver av elevene i toer-gruppene vil være det man kaller for tegnmaker (eng. *sign maker*) (Jewitt et al., 2016). De blir begge sett på som en tegnmaker fordi at det vil være én som lager tegnet, og en som tolker eller endrer (eng. *remake*) tegnet. Jewitt et al. (Ibid.) skriver at det å se an tegnmakernes implisitte eller eksplisitte intensjoner i denne tolkningen, eller semiotiske arbeidet, er sentralt i sosialemiotikken. Motivert tegn et uttrykk som brukes til å forklare forholdet mellom det som menes med tegnet, og formen tegnet tar (Ibid.). I forbindelse med dette vil jeg også bemerke at jeg anser PC-en, gjennom programmeringsverktøyet og videoanalyseverktøyet som en tegnmaker.

Videre kommer en gjennomgang av de begrepene jeg anser som viktige for å beskrive det jeg har funnet i analysen. Jeg starter å skrive om det store temaet *semiotiske ressurser* og bruken av dem, hvor underkapitlene tar for seg begrep som handler om bruken av, og litt mer spesifikke semiotiske ressurser. Deretter kommer et kapittel om samarbeid før jeg avslutter med å skrive om meningsskaping, hvor de sentrale begrepene transduksjon og semiotisk arbeid kommer som underkapitler.

3.1 Semiotiske ressurser og bruken av dem

Det første delkapittelet handler om semiotiske ressurser og bruken av dem. Semiotisk ressurs er et sentralt begrep som kommer igjen i de fleste andre begrep, som gjør at dette må beskrives grundig før en går videre på affordance som handler om at semiotiske ressurser har forskjellige muligheter til å representere kunnskap. Deretter fortsetter en på critical constellation som handler om at man må ta i bruk flere forskjellige semiotiske ressurser for å se hele bildet (Airey & Linder, 2017), og coordinating hub som er en semiotisk ressurs som fungerer som et slags fysisk samlingspunkt (Volkwyn et al., 2019). Deretter avsluttes underdelkapittelet med en sentral semiotisk ressurs i denne oppgaven, gestikulering.

3.1.1 Semiotiske ressurser

En semiotisk ressurs defineres som «*et fellesskaps midler for meningsskaping. Dette er både materielle ressurser (for eksempel moder) og ikke-materielle konseptuelle ressurser, som blir realisert i og gjennom moder (for eksempel intensitet, koherens, nærhet etc.)*» (Jewitt et al., 2016, s. 71, oversatt til norsk av meg). O'Halloran (1998) skriver at eksempler på semiotiske ressurser i *matematikk* kan være matematiske symboler, visuelle grafer og diagram, og språk.

Her vil jeg påpeke at i denne oppgaven skiller jeg mellom verbalt, skriftlig og kroppslig språk. Airey og Linder (2017) beskriver at eksempler på semiotiske ressurser kan være grafer, figurer og spesialisert språk, og at ofte kaller man det for representasjoner. Jewitt et al. (2016) mener på den annen side at semiotiske ressurser er iboende meningsskapende egenskaper, eller potensialer for å skape mening, hos materielle ressurser. I denne oppgaven kommer jeg til å bruke O'Halloran (1998) og Airey og Linder (2017) sine syn på begrepet, og jeg vil anse programmeringsspråk og synakts som et spesialisert språk.

Fredlund et al. (2014) forklarer i sin artikkel om å «pakke ut» representasjoner i fysikk, at en semiotisk ressurs vil være det samme som en representasjon. Andersen og Munksby (2018) snakker for eksempel om viktigheten av at elever lager flere representasjoner, og gjenrepresenterer. Dette mener de er viktig både for å gi læreren en innsikt i elevenes forståelse. De beskriver også viktigheten av å veilede elevene i bruken og produksjonen av slike representasjoner. Det at visse fysiske semiotiske ressurser, eller representasjoner, er varige er det som gjør at en kan bruke dem raskt og enkelt (Fredlund et al., 2012). Ofte kan man se at varige representasjoner også bringer fram ikke-varige representasjoner som tale (Ibid.). Disse varige representasjonene, som ble brukt til å koordinere ikke-fysiske representasjoner, kan sammenlignes med formålet til en *coordinating hub* (Volkwyn et al., 2019), som blir beskrevet senere.

Bezemer og Kress (2020) beskriver at man som lærer blir begrenset av hvilke semiotiske ressurser en har tilgjengelig når en skal beskrive den fysiske verdenen. Samtidig vil de semiotiske ressursene man har tilgjengelig være en sentral del av undervisningen av faget, både for å gjøre elevene klare for eksamen, men også for arbeid i relaterte arbeidsområder. Se for eksempel på matematiske symboler. O'Halloran (1998) skriver at matematiske symboler har blitt til en semiotisk ressurs som har funksjoner ingen andre semiotiske ressurser kan kopiere.

Semiotiske ressurser er også noe en lærer kan bruke i bedømmingen av forståelse og læring. Volkwyn et al. (2019) foreslår at når elever har begynt å bruke en ny semiotisk ressurs kan man se på det som et tegn på læring. Airey og Linder (2017) beskriver imidlertid at det at elevene lærer å bruke, det de kaller, *disiplinspesifikke semiotiske ressurser* ofte tar en stund er må øves på flere ganger for å bli brukt riktig. Med disiplinspesifikke semiotiske ressurser menes semiotiske ressurser som brukes i en spesifikk disiplin. Airey og Eriksson (2019) bruker Hertzprung-Russel-diagrammet som eksempel på en disiplinspesifikk semiotisk ressurs for fysikk.

I denne oppgaven vil mange av de semiotiske ressursene finnes på PC-en til elevene, nærmere bestemt i programmeringseditoren Thonny og videoanalyseverktøyet Tracker. Gjennom PC-en vil elevene bruke og skape semiotiske ressurser. For eksempel vil elevene bruke matematiske symboler og formler, men ofte på en litt annen måte enn hvis de ble skrevet for hånd. De vil også skape semiotiske ressurser gjennom å lage grafer både i Thonny og i Tracker. Svensson et al. (2020) skriver at man kan anse programmeringsverktøy, og slik jeg tolker det også videoanalyseverktøy, som det de kaller for et *semiotisk system*. Et semiotisk system, som Svensson et al. (Ibid.) nevner, er en overordnet inndeling av semiotiske ressurser. For eksempel er «grafer» et semiotisk system, mens et eksempel på en semiotisk ressurs innenfor det systemet vil være en spesifikk graf. Jeg vil argumentere for at en PC eller et programmeringsverktøy er noe mer enn en semiotisk ressurs eller et semiotisk system, siden PC-en/programmeringsverktøyet selv tolker (noen av) de semiotiske ressursene brukerne tar i bruk. Med andre ord mener jeg at PC-en/programmeringsverktøyet kan være en aktiv tegnmaker, for eksempel når den tolker koden som elevene produserer og produserer nye og bruker de eksisterende semiotiske ressurser.

Fluency er et begrep Airey og Linder (2017) innfører for å kunne beskrive evnen til å bruke en disiplinspesifikk semiotisk ressurs på en hensiktsmessig måte. Her føler jeg at den norske oversettelsen ikke passer godt til hva det engelske ordet innebærer, så jeg har valgt å bruke det engelske ordet. Airey og Linder (Ibid.) sier at en som er *fluent* i bruken av en semiotisk ressurs forstår hvordan den gitte ressursen brukes i det faglige miljøet den brukes i.

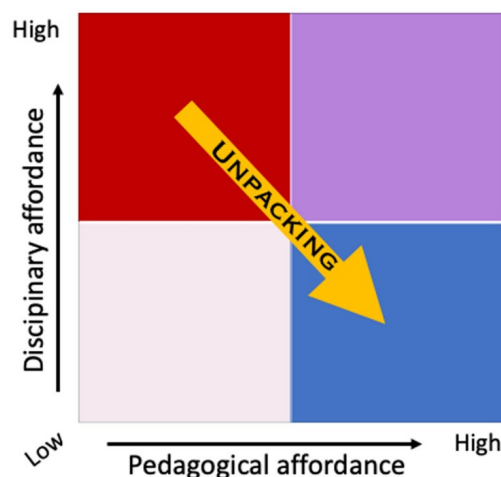
Airey og Linder (2017) skriver om at semiotiske ressurser kan ha flere muligheter for mening, det de kaller for *meningspotensial*. De kommer blant annet med eksempelet med høyrehåndsregelen i elektromagnetisme. Den samme semiotiske ressursen, måten man holder fingrene på, brukes også for å finne retning i rotasjon i mekanikk. Gjennom semiotiske ressursers meningspotensial kommer de inn på det de beskriver som *pedagogisk og disiplinspesifikk affordance*.

3.1.2 Affordance

Affordance er et sentralt begrep innen sosialsemiotikken, som jeg ikke mener har en god norsk oversettelse. Derfor kommer jeg til å bruke det engelske ordet. Jewitt et al. (2016) beskriver det som at forskjellige moder har forskjellige potensial for meningsskaping. Airey og Linder (2009) beskriver affordance ved at forskjellige moder har forskjellige muligheter til å representere disiplinspesifikk kunnskap. Senere, tar Airey og Linder i bruk begrepene

pedagogisk og disiplinspesifikk affordance (Airey & Linder, 2017), som også er det som kommer til å bli fokusert på i denne oppgaven når det kommer til affordance.

Pedagogisk affordance defineres som «en semiotisk ressurs sin egnethet for undervisning og læring av et bestemt pedagogisk innhold» (Airey, 2015, s. 18, oversatt til norsk av meg) og disiplinspesifikk affordance defineres som «de avtalte meningsskapende funksjonene en semiotisk ressurs fyller for et disiplinspesifikt fellesskap» (Airey, 2015, s. 18, oversatt til norsk av meg). En ressurs har som regel både pedagogiske og disiplinspesifikke affordanser, og forholdet mellom disse to kan variere, slik at hvis man øker en ressurs sin pedagogiske affordance, så kan man minke den disiplinspesifikke (Airey & Eriksson, 2019; Airey & Linder, 2017). Dette passer godt inn med det Svensson et al. (2020) skriver om at det er mulig å legge til og ta vekk affordance'er ved å endre på det de kaller objekt, som kan minne om det Airey og Eriksson (2019) kaller for *utpakking* av en semiotisk ressurs.



Figur 1: Forholdet mellom pedagogisk og disiplinspesifikk affordance.

Fra Figur 1 (hentet fra Airey og Eriksson (2019, s. 101)) kan man se at gjennom å pakke ut en ressurs, vil man kunne gå fra høy disiplinspesifikk men lav pedagogisk affordance til lav disiplinspesifikk, men høy pedagogisk affordance. Dette kan være ønskelig når man skal introdusere en ny type ressurs for elever som ikke har sett det før. Airey og Eriksson (2019) illustrerer dette ved å endre på Hertzprung-Russel-diagrammet, som inneholder mye disiplinspesifikk informasjon, men kan være vanskelig å forstå for dem som ikke har den samme fluency som for eksempel en med Ph.d. i astrofysikk. Denne prosessen kaller de som sagt for utpakking, som de beskriver som å gjøre ressursen mindre tvetydig (Ibid.). Fredlund et al. (2014) presiserer at denne utpakkingsprosessen vil være fordelaktig å gjøre sammen med elevene for å gjøre dem bevisst på hvilke aspekt som er viktige i fysikk-kontekst. De

forslår videre å gjøre dette gjennom å stille elevene veiledende spørsmål for å få dem til å tenke over dette.

Airey og Eriksson (2019) beskriver at det er fire problemer for elever som prøver å skape mening gjennom disiplinspesifikke semiotiske ressurser: *historie, utelatelse, overbelastning og forventninger*. Slike ressurser kan ha en historie, som elevene kanskje ikke har blitt kjent med, som gjør at de blir fremstilt på den måten de blir. Airey og Eriksson (Ibid.) beskriver også at eksperter ofte utelater informasjon som de tar forgitt, men som elever som ikke er kjent med ressursen ikke kjenner til. Med overbelastning mener Airey og Eriksson (Ibid.) at det kan være mye informasjon som ikke er nødvendig for elevene, slik som i Hertzspung-Russel-diagrammet. Det siste problemet, forventninger, illustreres også gjennom Hertzspung-Russel-diagrammet ved at der går det fra varmt til kaldt på x-aksen, hvor mange elever nok vil tenke motsatt ifølge Airey og Eriksson (Ibid.).

Knain et al. (2021) sin undersøkelse fant at gjennom å jobbe seg videre med den samme moden (i dette tilfellet tegning), og gjennom veiledning fra lærer og bruk av bøker, fortsatte elevene å utforske tegningens affordance. Her gikk elevenes tegninger fra noe med lav disiplinspesifikk affordance, til høyere og høyere disiplinspesifikk affordance etter hvert som de jobbet videre med dem. Dette, vil jeg si, viser at slikt arbeid er med på å trene opp elevenes fluency i moden.

Hva slags affordanser ressursene har, er med på å forme den sosiale interaksjonen (Knain et al., 2021), og er med på å bestemme hvordan ressursene brukes når elevene (og ifølge meg PC-en) kommuniserer og deler kunnskap (Fredlund et al., 2012). Dette er sentralt å ha med seg for å svare på forskningsspørsmålet i denne oppgaven.

3.1.3 Critical constellation

Ifølge Airey og Linder (2017) vil det være en samling med disiplinspesifikke semiotiske ressurser som en nødvendig for at man skal få en forståelse av noe, hvilket de kaller *critical constellation*. Med dette mener de at det ikke er mulig å få full forståelse av et konsept hvis man ikke bruker flere forskjellige semiotiske ressurser. Visse semiotiske ressurser vil gi mer innsikt enn andre, og andre vil fungere som en slags brobygger mellom de innsiktene, altså at en transduksjonsprosess finner sted. Jeg kommer tilbake til transduksjonsprosesser senere.

Knain et al. (2021), uten å bruke begrepet *critical constellation*, la merke til at elevene trengte god tid og støtte for å lage det de kalte for moder. Dette, mener de, kan være med på å gjøre at elevene lærer om komplekse vitenskapelige metoder. De fant også at modene skrijving og

tegning kan ha en komplementær funksjon (Ibid.). Dette, mener jeg, kan tyde på at den adskillelsen av moder som Airey og Linder (2017) illustrerer ikke nødvendigvis vil være så hard, men at den også kan være litt flytende.

3.1.4 Coordinating hub

Gregorcic et al. (2017) mener at digitale verktøy kan virke som et sosialt samlepunkt under oppgaveløsningen, hvor elevene kan bruke det de har opplevd og lært til å snakke om det, og «*act like a scientist*» (Ibid., s. 15). De kaller det et «*felles fokuspunkt*» (Ibid., s. 8, oversatt til norsk av meg). Her mener jeg at dette kan være en form for avstand til egen mening, som rett og slett gjør det litt mindre flaut å forklare, og mindre flaut å jobbe sammen når man har noe annet i fokus.

Fra litteraturen er det også andre ting som, på bakgrunn av Gregorcic et al. (2017) beskrivelse av felles fokuspunkt, kan kalles for dette. Ikke bare digitale verktøy. Knain et al. (2021) beskriver en situasjon hvor et diagram er noe som sentrerer samtalen og strukturerer den, og fungerer som en deiktisk ressurs, og kalte dette for en strukturerende ressurs. Volkwyn et al. (2019) beskriver at en fysisk semiotisk ressurs, som i deres tilfelle en pil, vil kunne fungere på denne måten. De kaller dette for en «*coordinating hub*», og det vil jeg også kalle det i denne oppgaven.

3.1.5 Gestikulering

Som sagt er teoridelen formet av analysen. Før jeg gjennomførte datainnsamlingen, hadde jeg bestemt meg for å avgrense datamaterialet litt ved å ikke ha med gestikulering og ansiktsuttrykk, men etter å ha sett elevene programmere i fysikk, forstod jeg at dette var viktig å ha med. Fysisk gestikulering er av den grunn ikke et veldig stort fokus i analysen, men det var spennende situasjoner både mellom elev og elev, og elever og lærer som jeg kommer til å nevne. Derfor vil jeg også nevne litt teori om gestikulering.

Gestikulering har en sentral plass i sosialsemiotikken, da både fysisk gestikuleringer og ansiktsuttrykk ses på som to distinkte moder. Disse to ses også på som likestilte med for eksempel tale og skrift når man ser på meningsskaping (Bezemer & Kress, 2020).

I følge Crowder (1996) vil man kunne se gestikulering sammen med tale på forskjellige måter. Både som en slags støtte i meningsskapingprosessen, og som en mer gjennomtenkt del av forklaring. Kjennetegn på meningsskapende gestikulering er at det kommer i en form som gjør at de kan «*forutsi, revidere og koordinere elementer i en modell*» (Ibid., s. 173, oversatt til norsk av meg). En forklarende gestikulering kommer gjennom at man viser en litt mer

gjennomtenkt symbiose av tale og gestikulering, hvor gestikuleringen er med på å forsterke talen (Ibid.). Hvis gestikuleringen derimot kommer før talen, og det inneholder den samme meningen, kaller man dette for gestikulerende frempek (eng. *gestural forshadowing*) (Ibid.). Disse måtene å bruke gestikulering mener Crowder (Ibid.) at kan være med på å få tenkeren over i nye former for forståelse og nye former for problemløsning. Med andre ord vil gestikulering her hjelpe til i det man kjenner som en transduksjonsprosess.

Roth og Lawless (2002) beskriver også at gestikulering kan være med på å hjelpe til med å koble praten sammen med et objekt, og mer abstrakte ting. Gjennom å bruke tale og gestikulering i arbeidet med mer abstrakte ting vil det abstrakte bli «tingifisert» (eng. *thingified*) (Ibid.).

Man kan dele opp gestikulering i flere forskjellige begrep, for eksempel sporende (Crowder, 1996) gestikulering, symbiotisk gestikulering (Gregorcic et al., 2017) og deiktisk gestikulering (Roth & Lawless, 2002). Slike typer begrep kan være med på å gi forskere og lærere nyttige verktøy for å beskrive læringssituasjoner (Crowder, 1996). Symbiotisk gestikulering er noe Gregorcic et al. (2017) la merke til at elever gjorde med digitale hjelpemidler, og det er gestikulering opp mot noe fysisk i miljøet rundt elevene. Crowder (1996) beskriver som sporende gestikulering (eng. *tracing gestures*) som gester som blir brukt til å følge eller representere en bevegelse. Roth og Lawless (2002) beskriver peking som en deiktisk gestikulering (deiktisk betyr påpekende eller henvisende).

I Gregorcic et al. (2017) sine undersøkelser om tale, symbiotiske gestikuleringer og digitale hjelpemidler oppdaget de at selv om elevene hadde de digitale hjelpemidlene, i dette tilfellet smartskjermer, så brukte de fremdeles hendene mye i kommunikasjonen. Gregorcic et al. (Ibid.) observerte også at bruken av symbiotiske gestikuleringer ga elevene en måte å kommunisere på som de behersket fra før, selv om de ikke nødvendigvis behersket fagspråket. Dette gjorde at elevene nok fikk frigitt kognitive ressurser (Ibid.), som kunne bli brukt på andre måter eller å slippe å bruke for å unngå kognitiv overbelastning.

3.2 Samarbeid

Denne oppgaven handler om de meningsskapingsprosessene, det semiotiske arbeidet, som skjer når elevene samarbeider gjennom programmering. Fokuset ligger med andre ord på det semiotiske arbeidet, men det er fortsatt viktig å ha litt generell teori om samarbeid. I tillegg kommer jeg til å legge frem litt teori om parprogrammering, som er den formen for samarbeid elevene brukte når de programmerte.

Johnson og Johnson (2009) skriver om positiv og negativ gjensidig avhengighet i samarbeid. Positiv gjensidig avhengighet handler om at individuelle handlinger fra elevene har en positiv innvirkning på deres arbeid om å nå et mål, mens negativ gjensidig avhengighet handler om handlingene har en negativ innvirkning på deres arbeid om å nå et mål.

Parprogrammering er en form for samarbeid gjennom programmering, hvor elevene sitter sammen på én PC, og jobber med den samme oppgaven (Williams & Kessler, 2003). Williams og Kessler (Ibid.) beskriver at det i slike samarbeid vil være en *pådriver* (eng. *driver*) og en navigatør (eng. *navigator*), hvor pådriveren er den som skriver koden, og navigatøren er den som for eksempel ser etter syntaks-feil, feil i fremgangsmåten eller veileder pådriveren i arbeidet. Williams og Kessler (Ibid.) beskriver ikke om denne rollefordelingen alltid er til stede. Kan det for eksempel være to navigatører eller to pådrivere? Jeg kommer tilbake til dette med mine egne observasjoner i analysen. Hawlitschek et al. (2023) beskriver at disse rollene ikke er fastsatt, men at de blir jevnlig byttet på.

I deres studie fant Denner et al. (2021) at samarbeidet gjennom parprogrammering kan beskrives ved hjelp av seks begrep: *gi og ta* (eng. *give and receive*), *flytende roller* (eng. *fluid roles*), *sparrer* (eng. *sounding board*), *maktkamp* (eng. *power struggle*), *forstyrrende navigatør* (eng. *distracting navigator*), og *dominerende pådriver* (eng. *dominating driver*). Denner et al. (Ibid.) skriver at disse kan beskrive handlinger som har en positiv innvirkning på samarbeid, eller negativ innvirkning. Gi og ta, flytende roller og sparrer beskriver handlinger som påvirker positivt, mens maktkamp, forstyrrende navigatør og dominerende pådriver har negativ påvirkning. Slik jeg tolker det kan disse begrepene samles inn under det Johnson og Johnson (2009) har kalt for positiv og negativ gjensidig avhengighet.

Gi og ta beskriver situasjoner hvor elever deler informasjon som gjør at de kan gå videre i problemløsningen, ofte hjulpet med litt humor (Denner et al., 2021). Flytende roller beskriver situasjoner hvor elevene bytter på rollene som pådriver og navigatør på en slik måte at de bygger på hverandres styrker (Ibid.). Sparrer beskriver situasjoner hvor navigatøren gir (ofte ikke-verbal) hjelp til pådriveren slik at pådriveren tenker. Dette skjer enten uten at pådriveren får veiledning, eller at hen velger å ikke bruke den direkte (Ibid.).

Maktkamp beskriver situasjoner hvor elevene ikke hører på hverandre, eller aktivt velger å ikke gjøre det den andre foreslår (Denner et al., 2021). Forstyrrende navigatør beskriver situasjoner hvor navigatøren, gjennom verbal eller ikke-verbal distraksjon, forsøker å

forstyrre pådriveren som prøver å løse problemet (Ibid.). Dominerende pådriver beskriver situasjoner hvor pådriveren ignorerer navigatørens forslag (Ibid.).

3.3 Meningsskaping gjennom transduksjon og semiotisk arbeid

Dette delkapittelet handler om meningsskaping, og hvordan man oppnår dette gjennom transduksjon og semiotisk arbeid. Fra forskningsspørsmålene presentert i innledningen kan man se at semiotisk arbeid er det som er mest sentralt, men begrepet krever et grundig teorigrunnlag for å bli beskrevet på en god måte. Derfor avsluttes teorikapittelet med det mest sentrale.

3.3.1 Meningsskaping

Sosialsemiotikken søker etter de sosiale dimensjonene i mening, og da hvordan meningsskappingsprosesser former individer og samfunn (Jewitt et al., 2016). Knain et al. (2021) beskriver de meningsskapende prosessene i vitenskapen som multimodale, og at de inneholder flere representasjonsformer. Videre skriver de at denne forståelsen av meningsskaping er fundamental i sosialsemiotikken (Ibid.).

Selander og Kress (2010, s. 33, oversatt til norsk av meg) definerer meningsskaping som «*en kreativ handling der man omskaper (eng. re-design) allerede eksisterende representasjoner*» og McComas (2014, s. 62, oversatt til norsk av meg) definerer meningsskaping som «*prosessen å evaluere, tenke på og innlemme enhver ny erfaring gjort av et individ*». Med andre ord ser disse to kildene på meningsskaping som en handling som kan være både individuell og sosial. Zittoun og Brinkmann (2012) spesifiserer imidlertid at meningsskaping er en sosial prosess hvor ord gir opphav til tenking og tenking gir opphav til ord. Her trekker de også inn Vygotsky sitt arbeid med forholdet mellom ords mening og den subjektive følelsen man kan få av visse ord. Denne oppgaven fokuserer på meningsskaping som en sosial prosess.

McComas (2014) skriver at meningsskaping kan tenkes på som *sense-making* som skjer når en person bygger videre på gammel kunnskap når man interagerer med ny informasjon, nye ting og ideer. Odden og Russ (2019, s. 191-192, oversatt til norsk av meg) definerer *sense-making* som «*en dynamisk prosess hvor man bygger eller endrer en forklaring for å 'finne noe ut' – for å fastslå et fenomenes mekanismer for å tette hull eller motsigelser i sin forståelse*». Personlig synes jeg hovedpoengene i definisjonen til Odden og Russ (Ibid.)

samsvarer veldig med definisjonene av meningsskapning. Derfor kommer jeg til også å ha med kilder som skriver om sense-making, selv om jeg vil kalle det for meningsskapning.

Mellingsæter (2014) skiller mellom det han kaller for *individual meaning making* og *collective meaning making* (fra nå av individuell og kollektiv meningsskapning), og definerer kollektiv meningsskapning som «*en prosess hvor eleven øver eller forhandler om hans eller hennes egen tolkning av et fenomen eller en idé med andre*» (Ibid., s. 11, oversatt til norsk av meg). Her skiller Mellingsæter (Ibid.) altså mellom individuell og kollektiv, og skriver at kollektiv meningsskapning trenger to deltakere og at individuell meningsskapning «*også skjer når en enslig elev tolker en tekst*» (Ibid., s. 11, oversatt til norsk av meg). Som tidligere beskrevet anser jeg PC-en som en aktiv deltaker i kommunikasjonen, slik at selv om «enslig elev» leser en tekst produsert av programmeringsverktøyet, eller for eksempel AI, så vil jeg anse dette som en kollektiv meningsskapingsprosess. Det at mening kommer fra en sosial interaksjon er også noe som påpekes i sosialsemiotikken (Jewitt et al., 2016).

Man kan også se i andre kilder at meningsskapning ses på som et sosialt fenomen i sosialsemiotikken. Volkwyn et al. (2019) skriver at det er større sjanse for en god meningsskapingsprosess hvis elevene er i en og samme sosiale gruppe. Volkwyn et al. (Ibid.) spesifiserer ikke hva de mener med en sosial gruppe, men i denne oppgaven vil jo denne sosiale gruppen være fysikk 1-klassen, eller toer-gruppene.

Knain et al. (2021) beskriver at realfagsklasserommet vil være elevene som velger ut hva de tenker at er passende moder for meningsskapning, på bakgrunn av deres interesse. Det er også, ifølge Knain et al. (Ibid.), opp til elevene å velge hvilke moder de vil inkludere når de lager deres egne representasjoner. Her beskriver de elevenes semiotiske arbeid ved at elevene velger ut hvilke moder de skal ta i bruk i tolknings- og uttrykkelsesarbeidet. Dette er sentralt i analysen og diskusjonen.

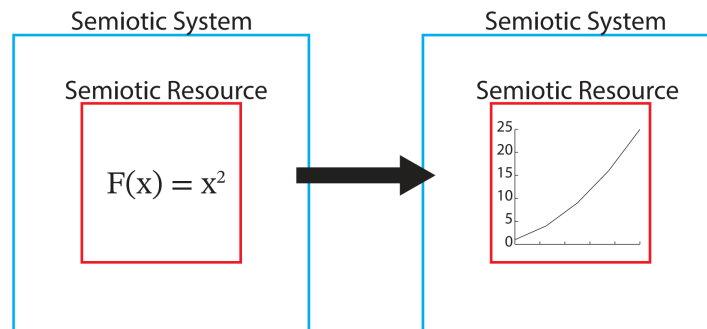
3.3.2 Transduksjon

Et sentralt begrep innen sosialsemiotikken er *transduksjon*. Transduksjon defineres av Svensson et al. (2022) som å flytte *semiotisk materiale*, eller innholdet, fra ett semiotisk system til et annet. Slik jeg tolker det, vil semiotisk materiale være det meningsskapende innholdet én eller flere semiotiske system inneholder. Volkwyn et al. (2019) beskriver transduksjon som nyttig i en skolesammenheng av to grunner: fordi elever kan demonstrere sin egen læring, og fordi lærere kan bruke det til å sjekke hva elevene har lært.

Et eksempel på transduksjon i denne oppgaven, som Svensson et al. (2020) også beskriver, vil være overgangen fra en gitt formel (i dette tilfellet formelen for luftmotstand), til bruken av formelen i et programmeringsverktøy. Dermed har elevene endret denne formelen fra noe som stod på et ark, på en tavle eller i en bok, til en form som programmeringsverktøyet kan tolke. Fordelen med en sãnn transduksjon er, ifølge Svensson et al. (Ibid.), at elevene blir nødt til å pakke ut hva formelen betyr, og identifisere de forskjellige delene av formelen. I midlertid, skriver Volkwyn et al. (2019, s. 17, oversatt til norsk av meg), «*vil det alltid være en tvetydighet og ufullstendighet i både transduksjonen og i tolkningen av det transduserte tegnet*», dermed er det ikke slik at de to ressursene må ha det samme meningsinnholdet.

Svensson et al. (2022) fant og definerte to inndelinger av transduksjon de kaller for *aktiv* og *passiv* transduksjon. De defineres henholdsvis som «*eleven er engasjert i det semiotiske materialet under transduksjonen*» og «*eleven er ikke engasjert i det semiotiske materialet under transduksjonen*» (Ibid., s. 3, oversatt til norsk av meg), hvor de senere påpeker at når de skriver «engasjert» (eng. *engagement*) så mener de at «*elevene spiller en aktiv rolle i utpakking, filtrering eller fremheving av aspekter i transduksjonen*» (Ibid., s. 3, oversatt til norsk av meg). Disse tre aspektene utpakking, filtrering og fremheving er noe Svensson et al. (Ibid.) mener at skjer gjennom en transduksjonsprosess. Svensson et al. (Ibid.) kommer ikke med noen eksplisitte definisjoner av hva de mener med utpakking, filtrering og fremheving, men de nevner at gjennom disse aspektene stiller man seg spørsmål om hvilke deler av det semiotiske materialet som skal bli med videre, hvordan man skal representere dem og hva man skal velge vekk i en transduksjonsprosess. Uten å bruke de samme begrepene mener Svensson et al. (2020) at alle disse tre aspektene må finne sted når man bruker programmering i et læringsøymed, som de senere kommenterte i Svensson et al. (2022).

Svensson og Eriksson (2020, s. 4, oversatt til norsk av meg) definerer uttrykket *transduktiv kobling* som «*ethvert semiotisk system som støtter opp om transduksjonsprosessen mellom to forskjellige semiotiske system*». Her mener de at det vil være et semiotisk system som vil kunne fungere som en bro mellom to semiotiske system, som gjør transduksjonen lettere, og deler opp transduksjonsprosessen. Svensson et al. (2020) mener at programmering vil fungere som en god transduktiv kobling mellom semiotiske system, som for eksempel funksjon og graf. Dermed mener de at pila i Figur 2 (hentet fra Svensson og Eriksson (2020)) er et symbol på transduksjonsprosessen, som vil kunne tilrettelegges via programmering.



Figur 2: To semiotiske system markert i blått, og to semiotiske ressurser markert i rødt.

Svensson og Eriksson (2020) introduserer også et nytt begrep de kaller for *transduktiv kjede*. Dette er, ifølge dem, når man har flere transduktive koblinger som sammen støtter en transduksjon. De skriver at det for eksempel kan være noe abstrakt som et lengre prosjekt hvor man ender opp med et endelig semiotisk system, gjennom flere transduktive koblinger. Det kommer ikke frem fra artikkelen om Svensson og Eriksson (Ibid.) mener dette må være ett enkelt kjede, eller om det kan være flere «grener» med kjeder som sammen ender opp i en transduksjon til ett semiotisk system, men jeg vil anta at begge deler vil være mulig.

Som Volkwyn et al. (2019) skriver, så vil én enkelt transduksjon ikke gi en fullstendig forståelse av noe, men man trenger en multimodal samling av tegn. Det er her Airey og Linder (2017) sitt begrep om *critical constellation* kan kobles inn fra tidligere i teorien ved at transduksjon kobler sammen bruken av disse disiplinspesifikke semiotiske ressursene.

3.3.3 Semiotisk arbeid

Semiotisk arbeid kan sees på som det arbeidet en gjør når man skaper mening gjennom å ta i bruk en eller flere semiotiske ressurser. Kress (2003, s. 39, oversatt til norsk av meg) introduserte uttrykket, og beskrev at «*i både skriving og lesing blir mening et resultat av (semiotisk) arbeid. Arbeid endrer alltid de som arbeider, og det endrer det som blir arbeidet på*». Da kommenterer Mavers (2009, s. 141, oversatt til norsk av meg) videre at «*semiotisk arbeid [...] er ikke bare en aktivitet, men et grunnleggende engasjement med og realiseringen av mening*». Jewitt et al. (2016) skriver at semiotisk arbeid kan sees på som sosiale meningsskappingsprosesser.

Det semiotiske arbeidet er noe som skjer over tid innad i et samfunn. I tillegg vil man kunne endre det semiotiske meningspotensialet ressurs har for meningsskaping (Jewitt et al., 2016). Dette gjør at man som lærer kan påvirke elevene til å ikke bare lære seg å bruke nye ressurser, men også ta i bruk ressurser på en annen måte enn det de kanskje har gjort før. Volkwyn et al.

(2019) påpeker at tegnet, eller den semiotiske ressursen, vil ikke ha noe mening i seg selv, men at den semiotiske ressursen blir tildelt mening når den brukes.

Mavers (2009) beskriver at semiotisk arbeid i læring krever tolkning og uttrykkelse av mening. Videre skriver hun at dette semiotiske arbeidet gjennom tolkning, som ofte skjer i travle omgivelser, krever at elevene tar mange valg om hva de skal fokusere på. Som et eksempel på semiotisk arbeid, skriver Knain et al. (2021) om at elevene de undersøkte gjorde et semiotisk arbeid når de valgte ut hvilke aspekt som skulle inkluderes og ikke inkluderes i deres representasjoner av drivhuseffekten.

Hvis man ser på aktiv og passiv transduksjon, kan man trekke paralleller til semiotisk arbeid. I følge Mavericks (2009) krever det semiotiske arbeidet et engasjement, så i det tilfellet vil det være naturlig å trekke koblinger til aktiv transduksjon (Svensson et al., 2022). Gjennom transduksjonen vil ressursene endres, og forhåpentligvis vil elevene ha skapt mening, som igjen betyr at noe har endret seg hos elevene også. Dermed kan man, etter min mening, kanskje si at en transduksjonsprosess kan være et tegn på at det har blitt utført et semiotisk arbeid.

Kress (2003), Mavericks (2009) og Jewitt et al. (2016) har hver for seg, etter min mening, ikke gitt en håndfast nok definisjon av hva semiotisk arbeid er for denne oppgaven. Gjennom litteraturarbeidet har jeg ikke klart å finne noen nærmere beskrivelser enn disse. Derfor kommer jeg til å bruke uttrykket «semiotisk arbeid» om det tolknings- og uttrykkelsesarbeidet elevene gjør i meningsskapingsprosessen gjennom bruken av semiotiske ressurser. Dette arbeidet kan ofte ende opp i en helt ny eller endret semiotisk ressurs.

4 Metode

For å svare på forskningsspørsmålene, falt valget i første omgang på å gjennomføre et opplegg basert på Design Based Research (DBR) i to iterasjoner, som skal beskrives senere. Dessverre ble ikke datamaterialet fra den første iterasjonen av datainnsamlingen brukbart. Selv om jeg hadde testet skjermopptaket på forhånd på min egen PC, virket det ikke hos av elevene i den ene klassen, der var det kun lydopptaket som funket. Derfor falt valget på å endre forskningsdesignet til casestudie. Dette betyr at videre i denne oppgaven er det kun det som skjedde i den andre runden i datainnsamlingen som vil bli beskrevet og analysert.

Grunnen til at jeg inkluderer det at jeg har endret forskningsdesign, og skriver om begge datainnsamlingsrundene selv om jeg bare bruker én, er at den først runden var med på å forme den andre runden. Med andre ord påvirket de observasjonene og tankene jeg gjorde meg under den første runden, hvordan jeg jobbet den andre runden. Det påvirket spørsmålene jeg stilte i fokusgruppeintervjuet, det påvirket hva jeg så på under observasjonen, og som jeg nevner i analysen, startet noe av analysearbeidet smått allerede under runde én av datainnsamlingen.

Senere i dette kapitlet skal jeg gjennomgå hva jeg gjorde for å samle inn data, fordeler og ulemper ved dette, og hvorfor jeg mener dette vil være med å svare på forskningsspørsmålet, i tillegg skal jeg gå gjennom hvordan dataene ble behandlet i slutten av kapitlet. Først skal jeg forklare hvorfor jeg først valgte DBR, og hvorfor valget så falt på casestudie.

4.1 Fra Design Based Research til Casestudie

Reimann (2011) beskriver DBR som et rammeverk hvor hele undervisningssituasjonen kan bli designet; oppgaver, rom, verktøy osv. Wang og Hannafin (2005) definerer DBR som:

«En systematisk men fleksibel metodikk rettet mot å forbedre utdanningspraksis gjennom iterativ analyse, design, utvikling og implementering, basert på samarbeid mellom forskere og deltakere i virkelige omgivelser, og leder til kontekstuel sensitive designprinsipper og teorier.» (Ibid., s. 6-7, oversatt til norsk av meg).

Dette er definisjonen Reimann (2011) også bruker. Denne definisjonen, dog åpen, beskriver at man gjennom et iterativt arbeid med undervisningsdesign og analyse skal komme frem til teori som ofte passer inn i en spesiell kontekst. Opplegg basert på DBR er ofte noe som foregår over lengre tid, fra uker til måneder (Ibid.). Tanken rundt bruk av didaktisk teori er tatt fra det Wang og Hannafin (2005) som beskriver at det er teorien som legger grunnlaget, som i dette tilfellet i hovedsak er sosialesemiotiske teorier.

Baumgartner et al. (2003) bemerker at det er viktig å være klar over at det ikke kun er forskerne som endrer opplegget. Hele settingen, elevene og lærerne er forskjellige. De tar forskjellige valg og gjør med det små endringer i opplegget. Dette er noe av grunnen til at jeg nevner hvorfor jeg først brukte DBR som forskningsdesign, og at jeg forklarer at jeg gjorde dette opplegget to ganger. Jeg gjorde endringer, jeg gjorde meg refleksjoner mellom de to rundene, og de to lærerne (som hadde diskutert opplegget sammen) hadde sin egen stil på introduksjon og elevveiledning.

I denne studien var det til å starte med to separate fysikk 1-klasser, på samme skole, og begge klassene fikk utdelt de samme oppgavene. På grunn av at dette var for en masteroppgave så jeg det som tilstrekkelig å kun endre det én gang. Denne endringen skjedde ved at den første av de to selv kunne velge antall PC-er på en toer-gruppe, mens den andre klassen fikk beskjed om å jobbe på kun én PC per gruppe. Annet enn denne endringen, og at det var to forskjellige lærere som gjorde to forskjellige introduksjoner av opplegget, var det ikke noen nevneverdige forskjeller på klassene og gjennomføringene.

Etter å ha oppdaget at opptakene fra første innsamlingsrunde ikke ble gjort riktig, falt valget så på casestudie, som skal beskrives i nærmere detalj i delkapittelet under. Grunnen til at jeg valgte dette var fordi det ga mange av de samme rammene og friheten til valg av datainnsamlingsmetoder som det DBR gjorde. Ved også å ta i bruk en komparativ casestudie ga det meg også muligheten til å sammenligne gruppene, og behandle hver gruppe som én case. Selv om casestudie, etter min mening, ikke har det den samme validiteten som et (ofte lengre) prosjekt basert på DBR har, så føler jeg meg trygg på at et så anerkjent forskningsdesign vil gjør det mulig å komme frem til noen konklusjoner som kan være nyttig for skolen. Jeg skal diskutere casestudiers validitet senere.

4.2 Casestudie

Selv om valget falt på en casestudie på grunn av problemer med datainnsamlingen, så passer denne metoden godt til problemstillingen. Formålet med problemstillingen er å se hvordan elevene gjør semiotisk arbeid og samarbeider når de programmerer i fysikkundervisningen. Tjora (2021) skriver at casestudier passer godt til studier hvor man ønsker å «*generere kunnskap om selve casen*» (Ibid., s. 48), altså at man ønsker å undersøke hvordan noe er. Videre skriver Tjora (Ibid.) at det er ønskelig å bruke flere datainnsamlingsmetoder i en casestudie, slik som observasjon og intervju som da også blir brukt i denne oppgaven. Yin (2014) skriver at det er en fordel å bruke casestudier når man skal svare på hvorfor- og hvordan-spørsmål om et sosialt fenomen, samt når man skal gå i dybden av fenomenet. Dette føler jeg gjør at forskningsmetoden fungerer godt til forskningsspørsmålet.

Denne oppgaven går inn for å se på semiotiske arbeidet som elevene tar i bruk når de samarbeider i en elev-elev-PC-relasjon. Dette er ifølge Postholm og Jacobsen (2018) noe som ikke passer inn i et casestudie. Siden dette, på bakgrunn av deres definisjon, ville være en studie av et fenomen ikke en case. På den annen side har Thomas (2011) en litt annen definisjon på en casestudie:

«Casestudier er analyser av personer, hendelser, valg, perioder, prosjekter, retningslinjer, institusjoner eller andre systemer som blir holistisk studert gjennom en eller flere metoder. Case-en som er emnet i undersøkelsen vil være et tilfelle av en klasse fenomen som gir en analytisk ramme – et objekt – hvor studiet er gjennomført og som case-en opplyser og forklarer» (Thomas, 2011, s. 513, oversatt til norsk av meg)

I denne definisjonen er det med andre ord også mulig å definere undersøkelsen av et fenomen og fremdeles kalle det for en casestudie. Derfor kommer denne oppgaven til å bruke Thomas (Ibid.) sin definisjon av casestudier. Med andre ord er det det semiotiske arbeidet elevene bruker i samarbeidet som vil være case-en i denne oppgaven. På tross av at jeg ikke kommer til å bruke Postholm og Jacobsen (2018) sin definisjon, kommer jeg til å ta i bruk deres tanker rundt casestudier da jeg mener disse refleksjonene er gode og viktige.

Casestudier kan brukes i mange sammenhenger og på mange måter, men i dette tilfellet er konteksten toer-grupper på en norsk videregående skole. Det er valgt å ta en komparativ tilnærming, hvor de semiotiske arbeidet som gjøres av de to gruppene sammenlignes. Postholm og Jacobsen (2018, s. 68) beskriver en komparativ casestudie som at «*det er flere*

caser som studeres og dernest sammenlignes». Yin (2014, s. 18) kaller komparative casestudier for «*multiple-case studies*» og beskriver komparative casestudier som en presentasjon av flere enkeltcase-er som så blir analysert sammen. Denne oppgaven kunne også blitt sett på som en enkeltcasestudie, men jeg ønsker å se mer generelt på hva slags semiotisk arbeid elever gjør. Derfor falt valget på å sammenligne resultatene fra disse de gruppene, for å kunne få et litt mer generelt resultat.

Det er også valgt å bruke observasjoner og en enkel spørreundersøkelse med nesten alle elevene i klassen for å kunne se opptakene i en reell kontekst som mulig, noe Postholm og Jacobsen (2018) nevner som spesielt viktig i både enkeltcasestudier og komparative casestudier. Det er rimelig å anta at elevers meninger og holdninger om et gitt tema vil påvirke andre elevers meninger og holdninger, derfor mener jeg det er relevant å ha dette med som et tillegg. I denne casestudien er det opptakene som er hovedfokus.

4.2.1 Casestudiers validitet

Som Postholm og Jacobsen (2018) forklarer vil en casestudie som denne først og fremst ha en lokal verdi. I dette tilfellet vil det være faglæreren som kanskje har størst nytte av resultatene. Derimot nevner de at en ulempe med komparative casestudier er at forskerne vil ha mindre tid til å gå inn i dybden i materialet. Dette er selvfølgelig en avveining man må ta, men med den tiden som er satt av til denne oppgaven, anser jeg det som mulig å gå relativt godt inn i dybden av datamaterialet, selv om det selvfølgelig ikke ville vært like dypt som å gå inn i én gruppe.

Selv om casestudier er en godt brukt og anerkjent metode, nevner Yin (2014) at det er aspekt som gjør at noen tviler på denne metoden. Dette sier Yin (Ibid.) kan motvirkes ved å kjøre flere studier under forskjellige forhold. Videre nevner han at casestudier ikke kan ses på som generelt for en populasjon, som for eksempel alle norske fysikk-1-elever, men at slike studier kan ses på som generelt for teoretiske forslag. Flyvbjerg (2004, s. 126, oversatt til norsk av meg) skriver på den annen side at man ofte kan generalisere på bakgrunn av casestudier, men at «*formell generalisering er overvurdert som kilde til vitenskapelig utvikling, mens 'eksempelets makt' er undervurdert*». Dette betyr at denne oppgaven kan ses på som en bekræftelse eller avkreftelse av eksisterende teorier, avhengig av hva som kommer frem av analysen.

Flyvbjerg (2004) skriver også at det er en misforståelse at casestudier har en slags subjektiv bias, altså at man som forsker bekrefter sine egne meninger gjennom for eksempel forskningen. Flyvbjerg (Ibid.) mener på sin side at casestudier, og alle andre kvalitative studier, har et problem med falsifisering og ikke verifisering. Jeg håper og tror at jeg kommer til å legge vekk så mye av mitt eget bias som mulig, selv om en slik oppgave aldri vil være helt uten forskerens eget bias. Derfor håper jeg at transparentheten i metoden og analysen belyser mitt bias. Det er viktig for meg å poengtere at jeg i all hovedsak er positiv til bruken av programmering i fysikkundervisningen, men at jeg gjør mitt ytterste for at dette ikke skal påvirke hvordan jeg analyserer datamaterialet, og i hvert fall ikke gjør at jeg endrer data.

4.3 Undervisningssituasjon

Før selve datainnsamlingsmetoden blir beskrevet vil jeg gå gjennom hvordan undervisningsopplegget ble bygget opp, siden dette var med å bestemme hvilke datainnsamlingsmetoder som ble tatt i bruk, og hvordan elevene jobbet.

Datainnsamlingen ble som sagt gjennomført i en fysikk 1-klasse. Elevene og faglærer er anonymisert. På bakgrunn av det Angell et al. (2019) beskriver om en typisk fysikk-klasse, og det faglærer beskriver klassen som, mener jeg at den var ganske typisk i fordeling av kjønn, forkunnskap og interesse. Klassen hadde en god spredning i andre programfag, og hadde elever fra både 2. og 3. klasse på videregående. Faglærer mente at det var en normal spredning i måloppnåelse i denne klassen, men på grunn av at dette var relativt tidlig på året sa hun selv at det var vanskelig å si om dette stemte eller ei. Faglærer sa også at elevene ikke var veldig kjent med visse deler av programmeringsopplegget, for eksempel hadde hun kun *nevnt* lister, som er en viktig del av den grafiske fremstillingen. Lister var en av delene som elevene fikk ferdig laget (de måtte fylle inn listene gjennom egen koding). Hun nevnte også at de ikke hadde programmert noe særlig i fysikk ennå, så forkunnskapene kunne være sprikende avhengig av hva de hadde lært gjennom matematikkfagene de har hatt tidligere. Elevene var nesten ferdige med temaet om rettlinjete bevegelse, men hadde ikke hatt noe om bevegelse med ikke-konstant akselerasjon ennå.

Undervisningsopplegget gikk ut på at elevene først skulle modellere et objekts fall med og uten luftmotstand ved hjelp av programmeringsspråket Python, før de så skulle gjennomføre et praktisk forsøk med muffinsformer for å kunne sammenligne de virkelige dataene med simuleringen.

Opplegget ble gjennomført på en halv fagdag på 2,5t, i slutten av oktober. På forhånd av dagen hadde faglærer selv delt inn i grupper på bakgrunn av hva de hadde sagt ja til av datainnsamling, og etter mitt ønske om grupper med variert antatt måloppnåelse. Det første som møtte elevene var en gjennomgang av faglærer, hvor hun introduserte temaet, hvordan de skulle jobbe, og ga dem en innføring i hvordan kraftbalansen ble når luftmotstand var tatt med og når det ikke var tatt med. Ut over dette, og at de skulle samarbeide to og to på én og samme PC, fikk elevene kun vite at jeg skulle se på hvordan de samarbeidet. De fikk ikke vite om noen begrep som navigatør og pådriver, tegnmaker eller motivert tegn. Dette gjorde jeg for å få en så naturlig situasjon som mulig.

Elevene ble de vist de utdelte oppgavene som lå i OneNote, lagt ved i [vedlegg A](#), og de fikk beskjed om å jobbe med disse ved hjelp av programmeringsspråket Python. De stod selv fritt til å velge *editor*, altså hvilken app de ville bruke til å programmere i, men fra tidligere fag var de fleste vant til å bruke editoren *Thonny* som var det de endte opp med å bruke.

Programmeringsdelen av opplegget var bygget på et rammeverk kalt *Use, Modify, Create* (UMC), som først ble beskrevet av Wing (2006), og senere av blant andre Lee et al. (2011) og Lytle et al. (2019). Ifølge disse kildene er UMC en måte å bygge opp gangen i oppgavene. Her starter de med ganske lukkede og fastsatte oppgaver. Deretter blir oppgavene gradvis mer åpne, og elevene må gradvis programmere på egenhånd. Gjennom dette mener for eksempel Lytle et al. (2019) at elevene gradvis vil få større eierskap oppgavene, og at elevene gradvis utvikler sine ferdigheter og kunnskaper. Valget falt på dette rammeverket fordi jeg ønsket å ha et godt grunnlag for elevene, slik at det skulle være så lite problemer som mulig, siden jeg regnet med de ikke var vant med å programmere i noe annet enn matematikk fra før. Ulempen med dette er at elevene nok var ukjent med denne måten å jobbe på, men fra samtale med elevene i etterkant stilte de seg positive denne metoden. Det at elevene ikke var kjent med denne metoden gjorde nok at undervisningssituasjonen ikke var så reell som den kunne ha vært, men jeg ønsket å kontrollere de faktorene jeg kunne.

I opplegget var ett av målene å komme frem til simulerte grafer av hastighet og akselerasjon, både med og uten luftmotstand, som elevene så skulle sammenligne med grafer de produserte ved hjelp av videoanalyseverktøyet *Tracker*. Her ville jeg se hvordan elevene håndterte transduksjonen mellom grafene de hadde produsert gjennom simulering, og grafene de fikk ut via forsøk. Forsøket gikk ut på å analysere en film av at de selv slapp en muffinsform, hvor de endret på de samme parameterne som de hadde jobbet med i simuleringen. Disse parameterne var masse, areal og luftmotstandskoeffisienten. Før jeg hadde gjennomført opplegget var

hovedfokus på programmeringsdelen av opplegget, og derfor lot jeg forsøket være ganske åpent i hva slags fremgangsmåte de ønsket å bruke, men jeg hadde delt ut noen spørsmål som elevene skulle diskutere innad i toer-gruppene.

4.4 Datainnsamlingsmetoder

I alt var det to grupper som er i hovedfokus i denne oppgaven, som genererte ca. 2,5t med skjerm- og lydopptak per gruppe. I tillegg til opptakene, ble det gjennomført observasjon, et fokusgruppeintervju og en kort, uformell spørreundersøkelse med flere fra klassen. Alle disse blir beskrevet i de kommende underdelkapitlene. Gangen i datainnsamlingen var at elevene fikk utdelt spørreundersøkelsen i det de startet timen, og fikk beskjed om å svare på dem i løpet av timen og levere dem inn på slutten. Lyd- og skjermopptakene ble satt i gang etter at faglærer hadde gjort en teorigjennomgang på tavla, og da samtidig som de fikk utdelt oppgavene. Observasjonen skjedde mens elevene arbeidet, og fokusgruppeintervjuet ble gjort med en gang timen var ferdig.

4.4.1 Skjerm- og lydopptak

Tjora (2021) skriver at også skjerm- og lydopptak kan defineres som observasjoner, men på grunn av at dette er hovedbolken av datamaterialet, og at jeg har observert i tillegg, har jeg valgt å ha et eget underdelkapittel om skjerm- og lydopptakene. Disse ble gjort gjennom at elevene tok opp video og lyd innad på PC-en gjennom skjermopptak i PowerPoint. Elevene overførte videofilene til meg etter at timen var ferdig. Dette betyr at det *ikke* er tatt video av elevene rent fysisk, men da kun det som skjedde på skjermen og lyd av hva elevene sa og gjorde.

Grunnen til at jeg valgte å gjøre det på denne måten var at jeg var redd for at det var få elever som ville si ja til å bli filmet. Dette har selvfølgelig følger for hva slags type data som ble tilgjengelig for analysen. Jeg gjorde observasjoner, men dette var første gang jeg gjorde noe slikt, så måten det ble gjort på var mest sannsynlig ikke optimal. Innenfor sosialsemiotikken er man interessert i all type kommunikasjon, da også det ikke-verbale som gestikuleringer og kroppsspråk.

Samtidig gjør det at jeg «kun» har skjerm- og lydopptak at jeg får avgrenset datamaterialet, som gjør det litt mer håndterlig i en masteroppgave. Jeg får også et bedre innblikk i hva elevene gjør på PC-en, som er mye av fokuset i denne oppgaven.

Som sagt, kan man definere skjerm- og lydopptak som observasjoner. Både Postholm og Jacobsen (2018) og Tjora (2021) påpeker at gjennom å kombinere observasjoner med intervju, vil man forsikre seg om at det dannes en «*intersubjektiv kunnskap og forståelse*» (Postholm & Jacobsen, 2018, s. 115) og at disse to datainnsamlingsmetodene vil kunne komplementere hverandre.

En annen fordel med å bruke skjerm- og lydopptak, eller da video, er at man vil få en «*detaljert ikke-tolket gjengivelse av det som skjer i en relevant (sosial) situasjon*» (Tjora, 2021, s. 117). Videre påpeker Tjora (Ibid.) at bruken av video gjør at man kan se opptakene flere ganger. Dette, sammen med at det er en ikke-tolket gjengivelse, gjør at man kan gå dypere inn i materialet, og virkelig se detaljene. På den annen side vil jeg si at dette også gjør at transkripsjonsarbeidet og tolkningsarbeidet kan ta lang tid.

For å transkribere hva som skjedde, brukte jeg transkriberingsskjemaet under, hvor «tid» viser hvilket tidsrom noe skjedde, «gruppemedlem 1» og «gruppemedlem 2» viser til hvem som sa hva, skjerm viser til hva som skjedde på skjermen (gjerne med skjermbilde), og kommentar var hvis jeg hadde egne kommentarer til hva som skjedde eller hvis faglærer sa noe til gruppen.

Tid	Gruppemedlem 1	Gruppemedlem 2	Skjerm	Kommentar

4.4.2 Observasjon

Tjora (2021) beskriver observasjon som en måte å få data om en hendelse uten at personene i situasjonen skal få fortelle deres subjektive mening om hendelsen. Observasjonen ble gjort ved at jeg satt bakerst i klasserommet og noterte ned ting jeg på forhånd hadde bestemt meg for at var viktige. Observasjonsskjema ligger vedlagt i [vedlegg B](#), og det jeg ønsket å observere her var *gest*, *reaksjon*, *intensitet* og *kontekst*. Dette ble fylt inn for hånd, og senere skrevet inn digitalt. I tillegg til dette gjorde jeg meg noen enkle tegninger av gestikuleringer og hvordan elevene satt mens de arbeidet. Faglærer hadde plassert de gruppene som hadde sagt ja til å bli observert i nærheten av meg, slik at jeg ikke skulle forveksle dem med elever som ikke hadde gitt samtykke.

På forhånd hadde jeg bestemt meg for å ta så lite plass som mulig i klasserommet, for å få en så naturlig klasseromssituasjon som mulig, og at jeg skulle få naturlige lærer-elev-interaksjoner med en erfaren lærer. Rollen jeg da inntok var det som Postholm og Jacobsen

(2018, s. 115) kaller for en «*observatør-som-deltaker*»-rolle. Dette gjorde jeg klart for elevene på forhånd, hvor jeg sa at jeg kunne svare på spørsmål rundt hvem jeg var og hva prosjektet handlet om, men at jeg ikke kunne svare dem på noe rundt selve oppgavene. De skulle dermed spørre faglærer om dette. Imidlertid skjedde det på ett tidspunkt at jeg svarte på et programmeringsspørsmål om hva en python-funksjon gjorde, siden faglærer var opptatt.

Det er viktig å påpeke her at jeg ikke har endt opp med å bruke observasjonen i analysen som beskrives i denne oppgaven, men det har vært med å påvirke mitt inntrykk av situasjonene, gitt meg et helhetsbilde av klassen, og gitt meg innblikk i bruken av gestikulering. Derfor har jeg valgt å beskrive min bruk av observasjon.

4.4.3 Fokusgruppeintervju

Fokusgruppeintervjuet som ble gjennomført, ble gjort med de åtte elevene som ble observert gjennom skjerm- og lydopptak, samt med et par andre elever som gjorde at det ble i alt ti deltakere og man kan anse det for å være et semistrukturert, fenomenologisk fokusgruppeintervju. Det er også denne størrelsen som Kvale og Brinkmann (2015) beskriver som normal for et fokusgruppeintervju.

Intervjuet kan som sagt ses på som fenomenologisk. I et fenomenologisk intervju er det viktig at deltakerne har opplevd det samme fenomenet (Postholm & Jacobsen, 2018), som i dette tilfellet er undervisningsøkten de har gjennomgått. Intervjudeltakerne kan ses på som en relativt homogen gruppe i og med at alle var i en alder av 17-18 år, hadde samme faglærer og kom fra samme geografiske område.

Valget falt på et semistrukturert intervju fordi ifølge Postholm og Jacobsen (2018) vil dette gi en større frihet til å undersøke tema som intervjuobjektene kommer opp med i sanntid. Dette påpeker også Tjora (2021) ved å si at deltakerne vil kunne skape spontane svar. Det er med andre ord ikke strengt nødvendig å holde seg til kun spørsmålene, som er lagt ved i [vedlegg C](#). Spørsmålene ble laget på forhånd, men også tilpasset litt etter den første runden i prosjektet. I tillegg hendte det at elevene ikke forstod spørsmålet, eller at jeg så det nødvendig å tilpasse ordlyden i spørsmålene slik at det passet med det elevene gjorde i timen.

Tjora (2021) beskriver nyttigheten av å bruke en intervjuguide for å strukturere intervjuet. SIKT krever også at man sender ut en intervjuguide til intervjuobjektene. Min intervjuguide, som ble laget i samråd med veileder og ved maler fra SIKT, passer også godt overens med Tjora (Ibid.) sin beskrivelse av intervjuguide i det at det ble skrevet på stikkordsform. Intervjuguiden er lagt ved i [vedlegg D](#).

Jeg ønsket å gjøre et fokusgruppeintervju for å kunne legge til rette for diskusjoner mellom elevene. Dette gjorde jeg også ved å prøve å skape en trygg ramme rundt intervjuet og åpen atmosfære, som Kvale og Brinkmann (2015) beskriver som moderatorens (intervjulederens) oppgave. Jeg la vekt på at dette ikke var noe som faglærer skulle få vite noe om, og at alle skulle bli anonymisert slik som i observasjonene. I tillegg hadde jeg med litt sjokolade som takk for at elevene deltok i prosjektet.

4.4.4 Skriftlige spørsmål

Som Postholm og Jacobsen (2018) skriver, er det viktig å ha med hele konteksten for studiet, da også hvilke holdninger elevene har til denne typen opplegg. Ut fra egen erfaring vet jeg at mange elever ikke er positive til programmering i skolen, men jeg ønsket å se hvilke holdninger elevene i denne klassen hadde. Derfor bestemte jeg meg for å ha to skriftlige spørsmål for å undersøke dette. Her fikk elevene utdelt et ark med disse spørsmålene på, og skrev svarene for hånd på papiret. Spørsmålene ble gitt ut i starten av timen, og hentet ut i slutten, slik at elevene kunne skrive på det når de følte for det. De to spørsmålene var som følger:

«Hvordan har du brukt programmering på skolen før dette?»

«Hva synes du om at du skal ha programmering i fysikk?»

4.4.5 Etikk og databehandling

Alle datainnsamlingsmetodene er godkjent av SIKT. For å sikre at elevene og faglærer ikke skal kunne gjenkjennes, har jeg brukt andre navn og kommer ikke til å nevne hvilken skole eller hvilket geografisk område elevene kommer fra. I transkriberingen og analysen blir det brukt bilder av skjermopptaket hvor man da også kan se navn på elever, og ansikt når de bruker Tracker. Både navnene og ansiktene har da blir tegnet over, eller klippet bort, for at man ikke skal kunne gjenkjenne elevene.

Kvale og Brinkmann (2015) beskriver at det er fire områder som må ses på i slike studier: *«informert samtykke, fortrolighet, konsekvenser og forskerens rolle»* (Ibid., s. 102). Når det kommer til informert samtykke skrev alle elevene under på at de ville delta på dette prosjektet. Informasjonsskrivet som elevene skrev under på er lagt ved i [vedlegg E](#), og ble godkjent av SIKT på forhånd. Med tanke på konfidensialitet er det kun meg som har hatt tilgang til de ubehandlede dataene. Dataene har blitt lagret forsvarlig på passordsikrede mapper og krypterte filer for å sikre elevenes rett til anonymitet. Alle elevene er anonymisert og vil derfor ikke kunne gjenkjennes. Jeg har valgt å ikke transkribere det elevene snakker om

når de ikke snakker om faget. Da har jeg for eksempel skrevet «ikke-faglig prat», slik at det ikke er noen sjanse for å komme til skade for elevene. Min rolle nå i analysen og resultatet er å gi en så nøyaktig gjengivelse som mulig, og tolke dette opp mot allerede eksisterende teori. Det er også viktig å påpeke den etterstrebede gjennomsiktigheten som Kvale og Brinkmann snakker om (Ibid.), gjennom den detaljerte beskrivelsen av metoden.

Også Berg og Lune (2012) påpeker viktigheten av å beskytte de som deltar i prosjektet. De legger mye ansvar på forskere, spesielt de som ikke har mye erfaring med forskning (som meg). Uerfarne forskere må, skriver Berg og Lune (Ibid.), reflektere over balansegangen mellom det å drive forskning og bruke sin akademiske frihet, og det å følge de lovene og normene som finnes i sine respektive land og forskningsmiljø. Dette er noe jeg har jobbet mye med, og håper det synes gjennom oppgavens nevnte gjennomsiktighet.

4.5 Valg av grupper til analysen

Jeg valgte en skole jeg hadde lite kjennskap til for å ikke komme inn med noen antakelser ovenfor lærere og elever. Deltakerne, både i skjermopptakene, observasjonen, fokusgruppeintervjuet og de skriftlige spørsmålene ble valgt ut på bakgrunn av at de sa seg villige til å være med på det. Det var faglærerne som informerte dem om prosjektet etter at jeg hadde spurt faglærerne om å få gjennomføre undersøkelsen hos dem. Elevene valgte selv om de ville være med på noen eller alle formene for datainnsamling, som for eksempel gjorde at noen elever fra fokusgruppeintervjuet ikke hadde gjort noen skjerm- og lydopptak.

Gruppene i skjerm- og lydopptakene ble satt sammen av faglærerne. Faglærerne hadde satt de gruppe medlemmene de tenkte ville snakke sammen og samarbeide på det faglærerne mente var en hensiktsmessig måte. På forhånd hadde jeg sagt at jeg ønsket grupper med elever som hadde middels til lav måloppnåelse i fysikk, men at det gikk fint hvis det ikke ble sånn. Faglærerne ga meg ikke noen innsyn i elevenes antatte måloppnåelse, da de selv følte det var for tidlig på året å si noe sikkert om det.

Etter å ha samlet inn skjerm- og lydopptakene oppdaget jeg at det kun var to grupper fra den ene klassen som var mulige å bruke. Hos de andre gruppene manglet det for eksempel lyd, noen manglet den ene delen av opplegget, og noen hadde ingenting. Det gjorde dermed at jeg bare kunne analysere disse to. Senere, i sammenheng med analysen og diskusjonen, kommer jeg til å beskrive disse to gruppene nærmere.

4.6 Analysemetode

Før jeg starter med å skrive om selve analysen, er det viktig å poengtere at denne prosessen startet allerede da jeg samlet inn dataene. Mens jeg var i klasserommet, og mens jeg transkriberte, reflekterte jeg over hva slags semiotiske ressurser elevene brukte, hvordan dette påvirket samarbeidet deres, hva læreren kunne gjort, også videre. Dette har selvfølgelig hatt en påvirkning på hvordan jeg analyserer og koder datamaterialet.

Jeg har en abduktiv tilnærming i denne oppgaven. Med dette mener jeg at jeg ser på teori og empiri som noe som skal beskrive hverandre, og at de sånn sett er likestilte (Postholm & Jacobsen, 2018). Det er jeg som forsker som skaper disse sammenhengene mellom det jeg ser, og den teorien jeg knytter det opp mot. Min tilnærming har nok vært det Postholm og Jacobsen (Ibid.) kaller for åpen, fordi jeg selv har vært relativt tidlig i kunnskapsutviklingen da jeg satte rammer for datainnsamlingen. Jeg satt heller ikke store avgrensninger for hvilken informasjon jeg så etter.

Valget på analysemetode har i denne oppgaven falt på interaksjonsanalyse for skjerm- og lydopptakene og på tematisk analyse for dataene hentet inn via observasjon, fokusgruppeintervju og skriftlige spørsmål. En ting Braun og Clark (2006, s. 97, oversatt til norsk av meg) nevner, som er en ganske stor ulempe sett i denne oppgavens øyne, er at *«en enkel tematisk analyse gir ikke forskeren mulighet til å komme med påstander om språkbruk, eller den finkornede funksjonaliteten til tale»*. Dette er en sentral del av skjerm- og lydopptaket, så derfor falt valget på å bruke en interaksjonsanalysemetode på disse dataene, fremfor en tematisk analyse. Braun og Clarke (2021) skriver at når man skal velge analysemetode, er det viktigste at analysemetoden passer med prosjektets formål. For at det skal passe, eller være koherent, skriver de at teori, forskningsspørsmål og forskningsdesign skal passe sammen med analysemetode. Under skal jeg forklare fordelene som gjorde at valget falt på interaksjonsanalyse for skjerm- og lydopptakene, og tematisk analyse for fokusgruppeintervjuet, observasjonen og de skriftlige spørsmålene. I tillegg skal jeg forklare fremgangsmåten jeg har hatt i analysearbeidet. Selve analysen og diskusjonen kommer i kapittel 5.

4.6.1 Interaksjonsanalyse

Inspirasjonen til å velge interaksjonsanalyse kom fra Knain et al. (2021) sin undersøkelse, hvor de brukte lignende fremgangsmåter. Også de brukte denne analysemetoden sammen med sosialsemiotikk, og både de og jeg baserer interaksjonsanalyse på arbeidet til Jordan og

Henderson (1995). Ifølge Knain et al. (2021), passer sosialsemiotikk sammen med interaksjonsanalyse, og sammenligner tre hovedideer begge analysemetodene har. Begge behandler språkbruk som en rik kontekst hvor deltakernes ytringer bruker noe som er skapt i fortiden, og skaper noe både i nåtid og fremtid. Meningsskaping skjer etter hvert som meningsskapingspotensial blir brukt og realisert i situasjonen, og til slutt at situasjonens materialitet, og konkretenes og de semiotiske ressursenes (representasjonenes) affordance former den sosiale interaksjonen (Ibid.). På bakgrunn av det som kommer frem om sosialsemiotikken i teorien, vil også jeg si at dette passer godt sammen.

Jordan og Henderson (1995, s. 41, oversatt til norsk av meg) beskriver at i en interaksjonsanalyse er målet å «*identifisere regelmessigheten i hvilke måter deltakere bruker ressursene i den komplekse sosiale og materielle verdenen av aktører og objekter som de operer i*». Dette betyr at i analysen av videoopptakene skal jeg lete etter hvordan elevene bruker de (semiotiske) ressursene de har tilgjengelig til å kommunisere med gruppepartner og PC, og hva som er «normalen» i deres bruk av disse ressursene. Her vil jeg også da minne om at jeg også ser på PC-en som en aktiv aktør i interaksjonen. Som Knain et al. (2021) også har gjort, har jeg valgt å legge særlig vekt på elevenes bruk av artefakter og objekter i min analyse, særlig da PC-en, men også de artefaktene som skapes gjennom PC-en som for eksempel grafer.

Noe av det Jordan og Henderson (1995) beskriver, er at det er viktig å være klar over hvilke verdier og teoretiske antakelser som ligger til grunne i en interaksjonsanalyse. Det er her viktig å påpeke at kunnskap, sett med interaksjonsanalytiske øyne, er noe som skapes og brukes gjennom sosiale interaksjoner. Denne kunnskapen læres i en kontinuerlig, sosial prosess (Ibid.). Her er jo en sentral problemstilling hvordan folk skaper mening fra andres handlinger. En annen antakelse er at observasjoner som kan verifiseres er det beste grunnlaget for analytisk kunnskap. Her kommer en annen antakelse inn; at man som forsker *nesten* kan se verden som den er ved å observere gjennom for eksempel film. Det vil alltid være en transformasjon av virkeligheten, som gjør at man har en mindre informasjonsrik representasjon av virkeligheten, dog den fremdeles er informasjonsrik (Ibid.).

Noe Jordan og Henderson (1995) fokuserer på, er at filmopptak passer godt inn i interaksjonsanalyse. Dette er fordi man får en helt annen mulighet til å se hva som virkelig har skjedd, slik at resultatet av analysen vil være så virkelighetsnært som mulig. Gjennom å ta filmopptak vil man også ha det originale datamaterialet tilgjengelig over lengre tid. Man vil kunne se det om igjen og om igjen, som vil være en fordel når man driver med så dype

undersøkelser for å finne de hendelsene man er interessert i, i et så rikt datamateriale som film er (Ibid.).

Jordan og Henderson (1995) beskriver at det er en rekke analytiske fokusområder som har oppstått innen interaksjonsanalysen. I alt nevner de åtte fokusområder, men for å avgrense denne oppgaven har jeg valgt å fokusere *hendelsesstruktur*, *deltakelsesstruktur*, *turtaking*, og *artefakter og dokumenter*. Disse er valgt på bakgrunn av egen interesse fordi jeg mener disse er mest relevante til forskningsspørsmålet.

Hendelsesstruktur handler om å dele inn forløpet i hendelses kategorier. Eksempler på dette kan være «skriver av kode fra utdelt opplegg» eller «diskuterer formen på grafen». Dette kan være en fin måte å starte analysen på, for å få et overblikk over og sortere de relevante hendelsene (Jordan & Henderson, 1995).

Deltakelsesstruktur handler om hvordan elevene deltar i arbeidet, og hvordan de gir uttrykk for sin deltakelse, eller mangel på deltakelse. I dette temaet stiller Jordan og Henderson (1995, s. 69, oversatt til norsk av meg) noen gode og sentrale spørsmål: «*hvordan støtter eller ødelegger PC-er, arbeidsbøker, bordoppstilling, og andre typer artefakter sånne strukturer?*» og «*hvordan endrer orienteringen til en PC blick og kroppsorientering i forhold til en gruppeinteraksjon rundt et bord?*».

Turtaking er fokuset på hvordan elevene bytter på både å snakke, og å bruke artefakter og verktøy. Her ser man også på forholdet mellom verbal og ikke-verbal kommunikasjon, og hvordan man bytter på det. Innenfor turtaking kommer også de to begrepene *tale-veiledet interaksjon* og *instrumentell interaksjon* for å skille mellom interaksjon som hovedsakelig skjer gjennom tale eller gjennom å manipulere et instrument eller verktøy. Tale-veiledet interaksjon blir beskrevet som hovedsakelig verbal kommunikasjon, med innslag av gestikulering og blick. Instrumentell interaksjon er der interaksjonen og kommunikasjonen dreier seg rundt dette verktøyet. Interaksjonsdeltakere beveger seg som regel fritt mellom disse to interaksjonstypene gjennom en samtale hvor instrumenter også er tilstede (Jordan & Henderson, 1995).

Når man ser på artefakter og dokumenter ser man på hvordan elever tar dem i bruk, og ikke tar dem i bruk, forskjellige artefakter. Dermed ikke bare se på hva som gjøres når de bruker artefaktene, men også hva som gjøres når de *ikke* gjør det, og hva som gjøres når de overlater et artefakt til et gruppe medlem. Et eksempel på en slik interaksjon, er hvis elevene sammen skriver et dokument, eller det Jordan og Henderson (1995) kaller for en *skrevet artefakt*, for å se om de er enige eller ei. Jordan og Henderson (Ibid.) beskriver at et av premissene for interaksjonsanalyse er at artefakter og teknologier, som PC-er, skaper et slags sosialt felt som gjør at visse typer interaksjoner mest sannsynlig vil skje, eller ikke. Dette er sentralt i dette fokusområdet.

Opprinnelig ønsket jeg å velge ut to grupper for å sammenligne dem gjennom en interaksjonsanalyse. Men, på grunn av problemer med opptakene var det kun to av gruppene som kunne brukes. Derfor hadde jeg ikke noe mulighet til å velge. På forhånd hadde jeg ønsket å bruke det Flyvbjerg (2004) beskrev som maksimal variasjon, hvor jeg ville se hvordan hvor muntlig aktive gruppene var påvirket resultatet, gitt at de ble ferdige med oppgavene. Flyvbjerg (Ibid.) skriver at slike utvalg er gode for å undersøke flere faktorer rundt det som undersøkes, og at utvelgelsen bør skje på én dimensjon. Jeg valgte denne faktoren fordi jeg ønsket å se på om dette kunne være med på å påvirke hvordan elevene gjorde det semiotiske arbeidet sammen. Heldigvis for meg, var det nokså god forskjell i elevenes muntlige aktivitet. I gruppe 1 var begge muntlig aktive, mens i gruppe 2 var det én som var mye mer muntlig aktiv enn den andre.

Begge gruppene bestod av én gutt og én jente. I begge gruppene hadde gutten innvandrerbakgrunn, og kommenterte gjennom opptakene at de ikke var så flinke i rettskriving, som er grunnen til at jeg nevner at de hadde innvandrerbakgrunn. Jeg har valgt å gi alle fire elevene nye navn for holde identiteten skjult, så gruppe 1 består av Yosef og Anne og gruppe 2 består av Ahmed og Sofie.

Hverken i artikkelen til Jordan og Henderson (1995) eller til Knain et al. (2021) blir det lagt frem noe rigid fremgang i analysen. Derfor har jeg valgt å ta i bruk de fire, litt mer generelle, fasene til Anker (2020). Disse fasene er:

1. Materialesamling og tidlige analyser
2. Kondensering, koding og kategorisering
3. Å skrive ut analysene
4. Drøfting og teoretisering

Den første fasen ble gjort før skrivearbeidet satt i gang, da jeg samlet inn data. Her startet jeg smått med de tidlige analysene mens jeg samlet inn data.

Kondenseringen, som Anker (2020) kaller det, består av å avgrense datamaterialet og transkribere det. Her har jeg valgt å se på de to gruppene, og det på bakgrunn av forskjeller i hvor muntlig aktive elevene var. På grunn av at jeg skulle se på forskjeller mellom disse to gruppene, falt valget på å analysere disse separat før jeg sammenligner dem. Etter kondenseringen gikk det over i koding og kategorisering. Her brukte jeg analyseverktøyet Nvivo, og gjennomførte en empirinær koding. Deretter kategoriserte jeg disse kodene inn i litt større bolker. Både kodene og kategoriene må kunne kobles opp mot de analytiske fokusområdene hendelsesstruktur, deltakelsesstruktur, turtaking, og artefakter og dokumenter, og ble derfor *Diskusjon av fag, Forventninger, Samarbeid* og *Semiotisk arbeid* for gruppe 1 (definisjoner vist i [vedlegg F](#)), og *Programmeringsmessige utfordringer, Samarbeid* og *Semiotisk arbeid* for gruppe 2 (definisjoner vist i [vedlegg G](#)).

De to siste fasene, det å skrive ut analysen, og drøfting og teoretisering er det jeg kommer til å ta for meg i analyse og diskusjon, og konklusjon.

4.6.2 Tematisk analyse

En tematisk analyse kan defineres som «*en metode for å identifisere, analysere og tolke meningsmønstre ('tema') innenfor kvalitative data*» (Clarke & Braun, 2017, s. 297, oversatt til norsk av meg). Dette betyr at det er en kvalitativ analysemetode, hvor man gjennom analysearbeidet lager overordnede meningsmønstre, eller tema, for å dele inn datamaterialet. Dette er en prosess som gjør at metoden er mer opptatt av kontekst fremfor rene tall som er tatt ut av konteksten (Anker, 2020).

Clarke og Braun (2017) og Terry et al. (2017) skiller mellom erfaringsmessige og kritiske orienteringer innen kvalitativ forskning, hvor erfaringsmessig orientering går ut på å se på hva de som studerer «*tenker, føler og gjør*» (Ibid., s. 19, oversatt til norsk av meg), og kritisk orientering ser på meningsmønstre. Terry et al. (Ibid.) skriver videre at kritisk orientering ser på språk som en måte å skape virkelighet, noe som jeg vil si resonerer veldig med sosialsemiotikken. Jeg vil på den annen side også si at ut fra forskningsspørsmålet er oppgaven også opptatt av hva elevene gjør, som gjør at denne oppgaven kan ses på som å ta litt fra både erfaringsmessig og kritisk orientering.

Som Braun og Clarke (2021) forklarer, er det viktig å påpeke at det er jeg som forsker som lager disse temaene gjennom analysen. En annen forsker ville kanskje kommet opp med noen andre navn, eller hatt en annen definisjon på de forskjellige temaene. Dette varierer på bakgrunn av interesse, fokus, bakgrunnskunnskap og mer. Derfor er det viktig for meg å være så transparent i analyseprosedyren som mulig, slik som i datainnsamlingen, slik at du som leser skal forstå hvordan og hvorfor jeg trekker de slutningene jeg gjør.

Tematisk analyse sin store fordel er fleksibilitet (Clarke & Braun, 2017; Terry et al., 2017). Videre, ifølge Terry et al. (Ibid.), vil tematisk analyse være en fordel å velge for forskere uten særlig teoretisk forkunnskap. Jeg vil si at jeg har tilegnet meg en dyp forståelse av temaet gjennom dette arbeidet, men sett i forhold til forskere med lang erfaring vil jeg tro jeg kun har dyppet tåen litt ned i vannet. Videre forklarer de også at det er en metode som passer godt til å undersøke perspektiv fra flere deltakere (elever). Man vil kunne finne «*likheter og forskjeller, og komme frem til uforutsette konklusjoner*» (Ibid., s. 2, oversatt til norsk av meg).

Clarke og Braun (2017) skriver at tematisk analyse kan brukes til det aller meste, både lite og mye data, casestudier og intervju, homogene og heterogene grupper. Denne allsidigheten gjør meg trygg på at det også passer til min studie, som kombinerer forskjellige metoder i en liten casestudie.

I dette analysearbeidet kommer jeg til å basere meg på en av de tre typene for tematisk analyse som Braun og Clarke (2021) kaller for en refleksiv tilnærming. Braun og Clark (2006), Nowell et al. (2017) og Braun og Clarke (2021) beskriver dette som en seks-fasers analyse:

1. Gjøre deg kjent med datamaterialet
2. Lage de første kodene
3. Lete etter temaer
4. Gjennomgå temaene
5. Definere og navngi temaene
6. Rapportere

Dette har jeg gjort samlet for alle dataene (utenom skjerm- og lydopptaket som analyseres med interaksjonsanalyse). Det betyr at hvert steg ble gjort samtidig for fokusgruppeintervju, skriftlige spørsmål og observasjon, før jeg koblet dette opp mot interaksjonsanalysen, og så mot teorien. Selve den tematiske analyseprosessen beskrives under, og koblingen opp mot interaksjonsanalysen og teorien beskrives i analysen. Grunnen til å analysere disse samtidig er fordi jeg ønsker å bruke dette som en slags bakgrunn for å få forståelse av for eksempel hvilke holdninger elevene har til programmering. Da ser jeg det som tilstrekkelig å analysere disse samtidig, og ikke finne likheter og ulikheter.

Gjøre meg kjent med datamaterialet

Jeg har gjort meg kjent med datamaterialet gjennom transkriberingen. Det å for eksempel høre gjennom fokusgruppeintervjuet flere ganger for å forstå hva elevene sa, gjorde at jeg ble godt kjent med datamaterialet.

Lage de første kodene:

Etter å ha gjort meg kjent med datamaterialet gjennom transkribering, overførte jeg dette til analyseverktøyet Nvivo. Dette gjorde jeg for å senere kunne sammenligne analysene av de tre ulike datakildene enkelt. Som kodingsstrategi brukte jeg her det Anker (2020) kaller for *empirinær koding*. Det vil si at jeg ikke hadde laget meg noen forutbestemte koder på forhånd av analysearbeidet. Som presisert tidligere, så startet allerede refleksjoner relevant til analysen når jeg samlet inn data, så det vil også ha hatt en påvirkning på danningen av de første kodene. Fordi jeg brukte empirinær koding, gjorde det at jeg ikke startet med allerede eksisterende koder. Derfor kodet jeg meg gjennom datamaterialet to ganger, slik at jeg fikk alt

inn i de kodene jeg ville ha dem i, ettersom jeg lagde koder mens jeg kodet meg gjennom datamaterialet. I løpet av denne prosessen kom jeg frem til følgende koder: *visuelle i programmering, vanskelig programmering, tidligere bruk, sammenligne, samarbeid, programmering vs forsøk, opplæring i programmering, muntlig forklaring, læring gjennom programmering, gestikulering, forståelse, forhold til programmering og fordel programmering*. Definisjoner av disse ble skrevet inn i Nvivo, og lagt ved i [vedlegg H](#).

Lete etter temaer:

Etter å ha lagd de første kodene, gikk jeg så over i å lete etter temaer. DeSantis og Ugarriza (2000, s. 362, oversatt til norsk av meg.) definerer et tema som «[...] en abstrakt enhet som gir mening og identitet til en gjentakende erfaring og dens varierende manifestasjoner. Et tema fanger opp og forener opplevelsens natur eller grunnlag til en meningsfull helhet». Dette gjorde jeg ved å, som Nowell et al. (2017) beskriver, sortere kodene inn i relevante overordnede temaer, som kobler dem sammen.

Dataene som er analysert her, var som sagt hovedsakelig for å skape et større bilde av hva slags forhold elevene hadde til programmering fra før, hva de tenkte når de jobbe sammen den dagen, og hvilken nytte de selv så av programmering. Derfor handlet kodene og temaene om nettopp dette.

I løpet av denne prosessen kom jeg frem til fire temaene *forståelse, forklaring, forhold til programmering og bruk av programmering*.

Gjennomgå temaene:

Etter å ha sortert de kodede dataene inn i temaer, så jeg gjennom dem for å se an om de faktisk passet sammen og dannet et helhetlig bilde, i tillegg til at jeg sjekket om de passet med de overordnede meningene gitt fra datasettet (jf. Nowell et al., 2017). Dette arbeidet gjorde at jeg måtte kode om visse deler, og endret litt på kodene.

Definere og navngi temaene:

Nowell et al. (2017) skriver at det her vil være en fordel å sortere temaene slik at de forteller, det de kaller, historien til dataene på en god måte. De beskriver også viktigheten av å skrive hva hvert av temaene betyr, altså definere dem, og tenke over hvor de passer inn i helheten, og opp mot forskningsspørsmålet. Gjennom å gjøre dette, endte jeg opp med disse endelige temaene *forståelse, forklaring, forhold til programmering og bruk av programmering*. Definisjonene av disse temaene er skrevet ut fra Nvivo og lagt ved i [vedlegg I](#).

Rapportere:

Den sjettede og siste fasen er analysearbeidet, som blir gjort ved å analysere alt datamaterialet sammen i analysen og diskusjonen.

4.7 Validitet og reliabilitet

Under skal jeg gå gjennom denne oppgavens validitet og reliabilitet, stort sett basert på det Postholm og Jacobsen (2018) beskriver fra side 222 til 243 i kapittelet om «Forskningens kvalitet – Tolkning, Gyldighet og Pålitelighet».

4.7.1 Reliabilitet

Postholm og Jacobsen (2018) beskriver viktigheten av å ta hensyn til studiens validitet og reliabilitet, eller som de kaller det, gyldighet og pålitelighet (Ibid., s. 222-223). Dette må gjøres for å sikre studiens kvalitet som er med på å bestemme om den er troverdig eller ei. For å gjøre dette, mener Postholm og Jacobsen (Ibid., s. 225-228) at man må diskutere følgende fem temaer: «Relasjon mellom forsker og forskningsdeltaker», «Forhold mellom problemstilling og forskningsdeltaker», «Forskningens kontekst», «Hvem har vi fått tak i?» og «Har vi fått registrert alt det viktige?».

Relasjonen mellom meg som forsker og elevene som forskningsdeltakere var slik jeg forventet. Gjennom tidligere erfaring med vikartimer og praksis har jeg opplevd hvordan det er å være en ny lærerfigur i et klasserom, og jeg vil beskrive opplevelsen min i denne situasjonen som det. Elevene, og jeg, var hyggelige og imøtekommende, og elevene syntes ikke å være brydd av min tilstedeværelse. Derimot må jeg påpeke at datainnsamlingen og oppgavene var noe som påvirket elevene. I hvor stor grad er vanskelig å si, men gjennom å ha hørt gjennom skjerm- og lydopptakene hørte jeg at de kommenterte på at de ikke visste hva jeg mente med noen av oppgavene, og at de flere ganger sjekket om de tok opp. Det å stille spørsmål til oppgaver skjer nok også i den normale undervisningssituasjonen deres, men det å være redd for å ikke ta skjerm- og lydopptak er nok noe utenom det vanlige. Dette er ett eksempel på hvordan min tilstedeværelse har påvirket reliabiliteten. Når det kommer til fokusgruppeintervjuet har jeg unngått ledende spørsmål, og når jeg stilte spørsmålene oppdaget jeg fort om de ikke forstod spørsmålene og tilpasset og la til informasjon. Jeg er imidlertid trygg på at elevene i stor grad forstod hva jeg mente med spørsmålene.

Når det kommer til forholdet mellom oppgavens problemstilling og elevene har jeg inntrykk av at dette ikke var noe problem. Som sagt informerte jeg dem om at jeg skulle se på hvordan

de samarbeidet, men passet på å forsikre dem om at de kom til å være anonyme, og at dette ikke kom til å ha noe å si for dem. Derfor har jeg ikke inntrykk av at de var selektive i hva de sa, eller løy.

Elevene fikk ikke vite noe om forskningsspørsmål. Som sagt ønsket jeg å bruke fokusgruppeintervjuet til å danne en slags ramme rundt forskningsspørsmål nr. 1, så det var deres subjektive meninger om spørsmålene som var interessante. Derfor mener jeg at de ikke hadde behov for noen inngående forståelse av for eksempel samarbeid.

Studien foregikk i løpet av én dag, i ett klasserom på en norsk videregående skole.

Programmering har, siden det ble innført i LK20, vært et debattert tema. Det var derimot ikke vært så omdiskutert i fysikk 1, i tidsrommet for datainnsamlingen. Elevene har imidlertid ikke bare positive meninger om programmering, som også skal sees på i analysen og diskusjonen. Dette har selvfølgelig en påvirkning på forskningens kontekst, da elevene og deres meninger påvirker resultatet. Senere vil kanskje, hvis elevens holdninger til programmering endrer seg, resultatet av en studie som denne gi andre svar på grunn av hvordan elever forholder seg til programmering.

Hva så med de elevene man ikke fikk tak i? Denne studien er som sagt kun i én klasse, og egentlig skulle det være i to klasser hvor begge var på samme skole. Elevene hadde meldt seg frivillig til å være med, på bakgrunn av skriftlig informasjon de fikk fra meg og muntlig informasjon de fikk av faglærer, og av disse var det to grupper som ses ekstra nøye på. Dette betyr selvfølgelig at det ikke er med elever med en annen geografisk tilhørighet, og elever med andre faglærere. Det betyr også at det var elever i samme klasse som ikke er med i denne undersøkelsen, hverken i fokusgruppeintervjuet eller i skjerm- og lydopptakene. Hvis en ser på skjerm- og lydopptakene, ble dette gjort med grupper med én gutt og én jente. Det har ikke blitt sett på grupper med to gutter eller to jenter. Hver av gruppene hadde også én minoritetsspråklig, og én etnisk norsk som kanskje vil gi et annet resultat enn hvis to med samme kulturelle bakgrunn samarbeider. Dessverre kjenner ikke jeg, og faglærer kjente da, ikke elevene godt nok til å si noe om fordelingen av kunnskapsnivå, men dette kan også ha vært med å påvirke hvordan elevene samarbeidet. De elevene som aktivt sa nei ville også vært interessant å se på, da disse elevene kanskje ikke er fullt så aktive i et samarbeid og en viktig del for å danne et helhetlig bilde.

Så, har jeg registrert alt av hva som er viktig? Her må jeg si nei, fordi jeg har ikke hatt opptak av elvene selv, kun lyd og hva som skjedde på skjermen. Det betyr at jeg har gått glipp av sentrale semiotiske ressurser som mimikk og kroppsspråk. Jeg observerte elevene, men som en nybegynner innen denne typen observasjon kan man anta at jeg ikke har fått med meg alt. Dette gjør at jeg mangler data. Grunnen til at jeg valgte å utelate opptak av elevene var fordi jeg var redd for at elevene ikke ville bli med, og for å avgrense omfanget av datamateriale, men det hadde sin pris.

4.7.2 Validitet

Postholm og Jacobsen (2018) deler opp validitet i intern og ytre validitet, i tillegg til å skrive om triangulering. Med intern validitet mener de hvorvidt virkeligheten, og det man påstår, henger sammen, og i hvor stor grad man kan si noe om kausalitet. Med ytre validitet mener de i hvor stor grad man kan overføre det som kommer frem av studiet til andre kontekster. Til slutt er triangulering en måte å beskrive virkeligheten fra ulike perspektiv.

Når det kommer til intern validitet, bygger mine argumenter på allerede eksisterende forskning. Som sagt behandler jeg sosiosemiotikken som en måte å beskrive virkeligheten på, slik at det er en godt etablert teori som ligger til grunn for mine beskrivelser. Det er noen til dels abstrakte begrep som brukes i denne oppgaven, men jeg mener selv at de er godt beskrevet, og godt tatt i bruk i analysen og diskusjonen.

Hvis man ser på ytre validitet mener jeg at man i noen grad kan overføre resultatene av dette studiet til andre klasserom. Som tidligere beskrevet mener jeg at denne klassen og, mer spesifikt, de jeg har observert mer nøyere representerer et typisk norsk klasserom slik Angell et al. (2019) beskriver det. Jeg prøver å beskrive hvordan en typisk toer-gruppe i fysikk 1 samarbeider når de programmerer og har, mener jeg, ikke innført noen store endringer i elevenes eller lærerens arbeidsmåte. Dette gjør at jeg mener at de fleste fysikklærere og elever vil kunne kjenne seg igjen i det som kommer frem, i alle fall i noen grad.

Nå man ser på kausalitet har jeg vært forsiktig i å legge for mye inn i mine egne antakelser om årsaker. Jeg prøver å beskrive flere mulige årsaker der jeg ser det mulig, men som sagt er jeg relativt uerfaren når det kommer til forskning som gjør at en mer erfaren forsker nok ville kommet til andre eller flere årsaker. Når jeg ser på årsaker, prøver jeg også å se på én og samme påvirkning kan ha virket på flere måter, for eksempel om elevenes gode forkunnskap om programmering kan ha virket samarbeidets favør eller ugunst.

Angående triangulering, vil jeg si at for en masteroppgave er den god. Jeg har flere datakilder for å lage et godt grunnlag for hoveddelen av oppgaven som kommer fra skjerm- og lydopptakene. Det er kun to grupper fra én klasse på én skole. Dette betyr at for å øke studiens validitet kunne for eksempel den samme undersøkelsen blitt gjort i en klasse på en annen skole av en annen forsker. Da ville det nok kommet andre resultat, men forhåpentligvis også noe av det samme. Dessverre er ikke dette helt innenfor rammene til en masteroppgave, men som sagt vil jeg si at trianguleringen innen de rammene som jeg har er relativt god.

5 Analyse og diskusjon

Denne oppgaven har som tidligere nevnt som mål å svare på følgende forskningsspørsmål:

F1: Hva slags semiotisk arbeid gjør elever i fysikk 1 for å skape mening i temaet 'fall med luftmotstand' når de samarbeider mens de programmerer i Python-editoren Thonny og bruker videoanalyseverktøyet Tracker, og hvordan gjør de dette arbeidet?

F2: Hva er elevenes oppfatning av å bruke programmering for å skape mening i fysikk?

Fra teorien kommer det mange forskjellige begrep, som for eksempel tegnmaker, pådriver og navigatør. Disse tre eksemplene er uttrykk man kan bruke om elevene, som beskriver elevenes rolle, men i forskjellige settinger. Tegnmaker brukes om elevene når de skaper eller tolker tegn, mens pådriver og navigatør brukes om elever når de samarbeider gjennom parprogrammering. Jeg kommer til å bruke disse uttrykkene, og flere andre, gjennom analysen, og kommer til å bruke de uttrykkene som passer inn i deres respektive teoritema.

Til å analysere dette har jeg som sagt delt analysen opp. Jeg valgte å først analysere hver av de to gruppene for seg selv med en interaksjonsanalyse, før jeg sammenligner dem. I tillegg analyserte jeg fokusgruppeintervjuet, observasjonene og spørreskjemaet for seg selv med tematisk analyse, før jeg sammenligner dem. En viktig forskjell mellom gruppe 1 og gruppe 2 var at gruppe 1 kom frem til et ferdig resultat, mens gruppe 2 gjorde ikke det. Som tidligere nevnt, har jeg gitt elevene pseudonym. Gruppe 1 består av Yousef og Anne, og gruppe 2 består av Ahmed og Sofie.

For å illustrere hva jeg har kommet frem til gjennom analysen av datamaterialet, har jeg valgt ut noen eksempler for hver del. Det finnes flere eksempler, men det er etter min mening disse som illustrerer det best.

Analysen som følger er delt opp etter forskningsspørsmålene. Forskningsspørsmål nr. 1 (F1) diskuteres i underkapittel 5.1 og 5.2, og forskningsspørsmål nr. 2 (F2) diskuteres i underkapittel 5.3.

5.1 Hva slags semiotisk arbeid gjøres, og hvordan?

I dette delkapittelet ønsker jeg å undersøke hva slags semiotisk arbeid elever i fysikk 1 gjør når de programmerer i grupper i temaet «fall med luftmotstand», og hvordan de gjør det. I denne oppgaven er semiotisk arbeid definert som det tolknings- og uttrykkelsesarbeidet elevene gjør i meningsskapingprosessen gjennom bruken av semiotiske ressurser. Dette arbeidet kan ofte ende opp i en helt ny eller endret semiotisk ressurs. Jeg vil også minne om at eksempler på semiotiske ressurser kan være grafer, matematikk, figurer og spesialisert språk. Spesialisert språk i dette tilfelle kan for eksempel være fagbegrep, feilmeldinger i programmeringsverktøyet eller kodespråk.

Her kommer man til å se eksempler på turtaking, taleveiledet og instrumentell interaksjon, og bruke av artefakter, både hver for seg og i kombinasjon (jf. Jordan & Henderson, 1995).

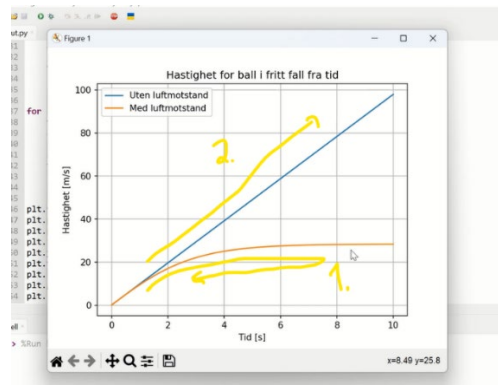
5.1.1 Bruk av musepeker, gestikulering og tale

For å uttrykke seg selv i dette tolknings- og uttrykkelsesarbeidet, brukte elevene ofte deiktiske ord som «den» og «disse». Ofte ble dette kombinert med å bruke musepekeren til enten å vise til, eller til og med markere området elevene ønsket å rette oppmerksomheten mot. Andre ganger hendte det også at eleven som ikke hadde musepekeren pekte fysisk *på* skjermen. Begge disse måtene vil være eksempler på det Roth og Lawless (2002) kalte for deiktiske gestikuleringer. Her vil jeg argumentere for at musepekeren vil fungere som en slags forlengelse av armen, og at elevene på mange måter bruker musepekeren på samme måte som de bruker hendene.

I begge gruppene kan man for eksempel se at elevene både understreker, markerer og peker med musepekeren mens de snakker, som vil være eksempler på det Crowder (1996) kaller for forklarende gestikulering. Når de laget grafer, brukte begge gruppene musepekeren til å følge grafen, ofte sammen med muntlig forklaring. For å belyse dette skal jeg beskrive og diskutere

fire eksempler. Jeg har valgt ut disse eksemplene fordi de viser likheter mellom gruppene, og at elevene gjør det når de skal diskutere et resultat og når de skal vise til et spesifikt område på skjermen.

Se for eksempel i gruppe 1, hvor Yousef bruker musepekeren til å markere gangen i grafen de laget, vist i Figur 3.



Figur 3: Yousef bruker først musepekeren til å understreke grafene.

Yousef bruker musepekeren mens han sier «Steike! Det var fart, og DET var fart!». Det første «det»'et skjer samtidig som at han bruker musepekeren i en bevegelse som vist i den gule pilen markert med 1, og det andre og vektlagte «det»'et skjer samtidig som at han bruker musepekeren i en bevegelse som vist i den gule pilen markert med 2. Her understreker Yousef at det er to forskjellige grafer ved å legge vekt på det andre «det»'et. Dette er et eksempel på både det Crowder (1996) har kalt for sporende gestikulering i det at Yousef følger grafens for med musepekeren, et eksempel på forklarende gest i at Yousef kobler sammen en verbal forklaring med gestikuleringen (Ibid.), og et eksempel på det Roth og Lawless (2002) kaller for deiktisk gestikulering i det at det blir en slags peking sammen med det deiktiske ordet «det».

I tillegg kan man se at Yousef både kobler talen med en varig semiotisk ressurs som grafen, og en ikke-varig semiotisk ressurs som kroppsspråk i form av bevegelser med musepekeren (jf. Fredlund et al., 2012). Dette eksempelet viser også at musepekeren og talen kan være med på å pakke ut en semiotisk ressurs (jf. Airey & Eriksson, 2019; Fredlund et al., 2014). Men hvorfor velger Yousef å bruke hele tre typer semiotiske ressurser på å forklare hva han mener? Kanskje det er for å virkelig understreke hva han mente, eller kanskje det var for å konkludere med at de sammen hadde kommet frem til et svar, etter mye arbeid. Det er vanskelig å komme frem til noen grunn, og om Anne tolket det slik Yousef mente det når alt hun responderte med var «jaa...».

Også Anne viser eksempler på det å bruke musepekeren som en forlengelse av armen sammen med tale. For eksempel når hun og Yousef diskuterer hvordan de skal implementere formelen for luftmotstand. De diskuterer hvilken fartsparameter de skal bruke, og hvordan den vil se ut. Da sier hun «*Men vi har jo ikke skrevet den.. v uten, vi skal jo skrive v begge i og med at det start..*» samtidig som hun markerer «v_uten» i koden, vist i Figur 4. Her kan en se at Anne ikke bruker deiktiske ord, men at hun bruker selve ordet, eller variabelnavnet, hun mener. Kanskje hun bruker det nettopp for å gjøre noe så abstrakt som kode om til noe mer håndterbart, altså at koden blir tingifisert (Roth & Lawless, 2002). Hvorfor bruker hun spesialisert språk fremfor et deiktisk ord? Kanskje er det et tegn på at hun har fått en større forståelse av hva «v_uten» står for. Eller så kan det være fordi at det er enklere å si «v_uten» fremfor «den blå grafen» og «den oransje grafen» som ville vært noe tilsvarende for Yousef i Figur 3, siden man må holde styr på semiotiske ressurser man ikke har tilgjengelig i handlingsøyeblikket.

```

29
30 for i in tidspunkter:
31     v_uten_verdier.append(v_uten)
32     a_uten_verdier.append(g)
33     s_uten_verdier.append(s_uten)
34     v_uten = v_uten + a_uten*dt
35     s_uten = s_uten + v_uten*dt
36
37
38 for i in tidspunkter:
39     v_med_verdier.append(v_med)
40     a_med_verdier.append(g - L)
41     s_med_verdier.append(s_med)
42     v_med = v_med + a_med*dt
43     s_med = s_med + v_med*dt

```

Figur 4: Anne bruker musepekeren til å markere det hun snakker om.

Fra dette eksempelet kan man imidlertid også se at det har skjedd en aktiv transduksjon (Svensson et al., 2022) hos Anne, gjennom at hun pakket ut, filtrert og fremhevet de delene av formelen som stod i boka, og tidligere kode som hun trenger for å løse dette problemet slik Svensson og Eriksson (2020) skrev om.

Man kan også se at både Anne og Yousef bruker deiktiske ord sammen med musepeker, altså forklarende (Crowder, 1996) og deiktiske (Roth & Lawless, 2002) gestikuleringer. I Figur 5 og Figur 6 kan man se en interaksjon mellom de to, hvor Anne starter med å spørre «*Vent er dette her startverdier?!*». Dette gjør hun uten å vise til noe med musepeker, men når Yousef begynner å forklare «*Ja fordi vi starter på en måte på 0, fordi at vi vil jo..*» skyter Anne inn «*ja, på disse her*», mens hun markerer listene i linje 19-21 i Figur 5.

```

16 v_uten = v
17 a_uten = g
18
19 s_uten_verdier = []
20 v_uten_verdier = []
21 a_uten_verdier = []
22
23 s_med_verdier = []
24 v_med_verdier = []
25 a_med_verdier = []
26
27 for i in tidspunkter:
28     v_uten_verdier.append(v_uten)
29     a_uten_verdier.append(g)
30     s_uten_verdier.append(s_uten)
31     v_uten = v_uten + a_uten*dt
32     s_uten = s_uten + v_uten*dt
33

```

Figur 5: Anne viser til listene på linje 19-21 mens hun forklarer muntlig.

Deretter fortsetter Yousef «den her er jo på en måte.. start! Også vil den videre regne seg ut så vil den gå om igjen og om igjen også vil den regne ut nye v-verdier og s-verdier, nye fart og strekningsverdier for hver gang vi kjører» mens han beveger musepekeren opp og ned langs det som står i for-løkka i linje 28-32 vist i Figur 6.

```

13 s_med_verdier = []
14 v_med_verdier = []
15 a_med_verdier = []
16
17 for i in tidspunkter:
18     v_uten_verdier.append(v_uten)
19     a_uten_verdier.append(g)
20     s_uten_verdier.append(s_uten)
21     v_uten = v_uten + a_uten*dt
22     s_uten = s_uten + v_uten*dt
23
24 for i in tidspunkter:
25     |

```

Figur 6: Yousef viser til linje i linje 28-32 mens han forklarer muntlig.

Man kan ved denne interaksjonen se hvordan de har en slags enighet i hva Anne mener med «er dette her startverdier», hvor de kommer raskt i gang med en diskusjon av hva som er hva, og Ahmed fortsetter hva som vil skje. Også dette er eksempler på sporende (Crowder, 1996) og deiktiske gestikuleringer (Roth & Lawless, 2002) rettet opp mot varige representasjoner (Fredlund et al., 2012) med på å hjelpe Yousef forklare utpakkingen han har gjort, for Anne.

Dette er også et eksempel på hvor fort rollene som navigator og pådriver kan skifte (jf. Hawlitschek et al., 2023). Denne interaksjonen varte i ca. 20 sekunder, men de hadde rukket å skifte roller ved for eksempel at Yousef tok over touchpad-en når han skulle forklare.

Et annet eksempel på bruk av musepekeren som en slags forlengelse av armen er at i begge gruppene brukte pådriveren musepekeren til å følge teksten hen leste opp, på samme måte som man gjør med en finger i boka. Dette var et tegn på at rollene hadde skiftet, men det er ikke slik at «makten» over musepekeren må bytte hånd for at rollene skal ha skiftet. I gruppe 2, byttet Ahmed og Sofie på rollene flere ganger, men det var stort sett Ahmed som hadde kontrollen

over datamaskinen, da også musepekeren. Grunnen til denne forskjellen i gruppene vil jeg diskutere videre i [underdelkapittel 5.2.1](#). Kanskje vil det å tilby elevene å låne datamus fra skolen være en fin måte å gjøre det lettere å dele på den, fremfor at man må dele touchpad? På bakgrunn av det jeg har sett fra begge gruppene kan dette være en fin måte å gjøre kommunikasjonen enklere. Det vil gi begge de menneskelige tegnmakerne lik mulighet til å gjøre de samme motiverte tegnene og det samme semiotiske arbeidet (jf. Jewitt et al., 2016). Som beskrevet bruker elevene en god del deiktiske ord sammen med gestikulering med musepekeren, altså deiktiske (Roth & Lawless, 2002) og forklarende (Crowder, 1996) gestikulering. Dermed kan det et å gjøre det enklere for begge gruppemedlemmene å uttrykke sin mening vil være noe som kan gjøre samarbeidet enklere. Dette kan være en fin ting å undersøke i videre studier.

I dette underdelkapittelet har det blitt sett på fire eksempler som beskriver hva slags semiotisk arbeid elevene gjorde når de gestikulerte med musepekeren, samtidig som de brukte tale. Gjennom å bruke musepekeren vil man kunne gjøre et semiotisk arbeid som har mange likheter med det man vil kunne gjøre med kun hånden. Samtidig kan hender også gjøre et litt annerledes semiotisk arbeid enn det en musepeker vil kunne gjøre, som det å bruke fysiske semiotiske ressurser. Elevene tok også i bruk forskjellige typer ord, både når de diskuterte og viste til noe som skjedde på skjermen. Da brukte de både deiktiske og ikke-deiktiske ord. Det har dermed blitt sett eksempler på bruk av forklarende, sporende (Crowder, 1996), og deiktiske (Roth & Lawless, 2002) gestikuleringer gjennom bruk av musepekeren.

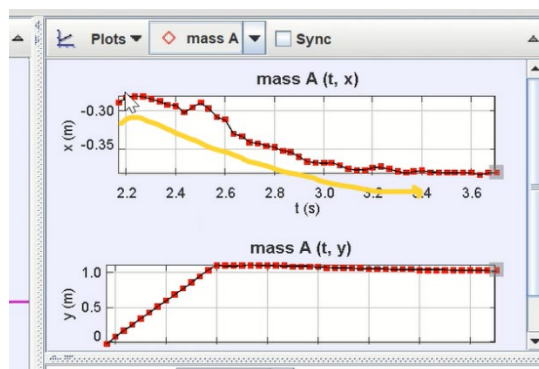
På grunn av den utbrakte bruken av gestikulering med musepeker vil jeg foreslå at man ser på det å skille mellom det jeg vil kalle for fysisk og digital gestikulering, da disse to måtene å uttrykke seg på (og det tolkningsarbeidet som hører til) vil være annerledes.

Hvis man skal skille mellom fysisk og digital gestikulering, vil jeg også foreslå å innlemme den digitale gestikuleringen i begrepet om symbiotisk gestikulering (Gregorcic et al., 2017). Dette var et begrep som beskrev bruken av gestikuleringer opp mot fysiske digitale hjelpemidler som smartskjermer. Jeg vil dermed foreslå at denne gestikuleringen også kan være digital, for eksempel ved bruk av en musepeker.

5.1.2 Bruk av musepeker og gestikulering uten tale

Man kan også se eksempler på bruk av gestikulering med musepeker *uten* at det skjer samtidig med tale. Med andre ord er det noe eleven som har kontroll over touchpad-en, gjerne pådriveren, gjør uten å forklare verbalt. Under kommer to eksempler fra gruppe 2 på dette. Det er kun brukt eksempler fra gruppe to, fordi dette ikke var særlig fremtredende hos gruppe 1, der begge elevene generelt var mye mer verbale i samarbeidet.

I Figur 7 bruker Ahmed musepekeren til å følge grafen som de nettopp har kommet frem til i Tracker uten å si noe. Dette ser ut til å være et eksempel på det gestikulerende frempek (Crowder, 1996), siden det kommer før eventuell tale. Ahmed fikk imidlertid ikke tid til å snakke. Det er også et eksempel på det Crowder (Ibid.) kaller for sporende gester, da han bruker musepekeren til å følge grafen. Kanskje det eventuelt var et gestikulerende frempek eller en meningsskapende gestikulering (Ibid.) som en del av en individuell meningsskapingssprosess (Mellingsæter, 2014).



Figur 7: Ahmed bruker musepekeren til å følge grafen, uten å si et ord.

I forkant av dette har Ahmed og Sofie diskutert fremgangsmåten på hvordan man bruker Tracker for å få frem grafer, men det virker som de ikke er helt sikre på om det de har fått stemmer eller ei. Etter at Ahmed har beveget musepekeren i stillhet over grafen i et par sekunder, sier Sofie «*men hvordan får man eh grafene sånn...*» hvor Ahmed svarer «*Si det!*». Det er vanskelig å tolke nøyaktig hva Sofie mente å spørre om, fordi Ahmed avbrøt henne, og videre diskuterer de ikke noe om hvordan de endrer grafene.

Dette kan være eksempler på det Denner et al. (2021) kaller for dominerende pådriver. Dominerende pådriver var når pådriveren ignorerer ideene til navigatøren, noe det kan virke som Ahmed gjør i dette tilfellet. Kanskje kan det å tolke grafer slik som dette uten å si noe være et tegn på det man kaller en dominerende oppførsel hvis man ikke lar gruppepartner komme med innspill mens man selv gjør tolkningsdelen av et semiotisk arbeid. Det kan også være et

tegn på at det skjer en indre meningsskaping, et indre semiotisk arbeid, hvor Ahmed trenger stilhet for å konsentrere seg om den semiotiske ressursen han nettopp fikk se.

Hva kan være grunnen til at Ahmed tar en litt mer stille fremgangsmåte til tolkningsarbeidet sett ved Figur 7, enn det Yousef gjør i eksempelet med Figur 3? Det kan være at de har forskjellige meningsskappingsprosesser hvor Yousef trenger å tenke høyt, mens Ahmed trenger å tenke inni seg. Eller at Yousef og Ahmed har forskjellig tillitt til gruppepartnerens ferdigheter og meninger. Det kan være mange grunner til at det er en sånn forskjell mellom gruppene, men det er ikke nok data i denne oppgaven til å kunne si noe konkret. Det hadde vært spennende å se om det er noe sammenheng mellom det å være ha en dominerende pådriver og det å fullføre oppgaven, for det klarte ikke Ahmed og Sofie.

Et annet eksempel på dette, også fra gruppe 2, er da Ahmed bruker musepekeren til å markere oppgavetekst hvor det står «hvilke variabler tror dere vi må definere» uten å si noe. Nok et eksempel på et gestikulerende frempek (Crowder, 1996). Dette er mens de jobber med å definere variabler som radius og masse. Etter fem sekunder uttaler han «*jeg skjønner ikke!*». Deretter svarer Sofie «*Hva da? Ok!*». Deretter sier Ahmed «*Hvilke variabler tror du dere må definere.. start og sluttstanden til, og hva de verdiene skal være*». Sofie svarer «*Start og slutt.. ehm.. hvilke av dem her verdiene vi kan definere som start og slutt? Eller at vi skal lage nye verdier?*». Til slutt sier Ahmed «*Det er det jeg ikke skjønner.. *Faglærers navn*, skulle vi lage nye.. verdier liksom for start og slutt, eller skulle vi bestemme det? Noen av de der?*» hvor Sofie legger til «*Og hvordan ville det fungere, de er jo helt..*».

Her ser man eksempler på utpakking, filtrering og fremheving (Svensson & Eriksson, 2020), altså et forsøk på en aktiv transduksjon (Svensson et al., 2022). Dessverre, kanskje fordi de er så tidlig i fysikkforløpet, har de ikke opparbeidet seg en særlig god fluency i den disiplinspesifikke semiotiske ressursen «spesialisert språk» (Airey & Linder, 2017). Det virker som de ikke vet hva som menes med startverdier og sluttverdier, og denne mangelen på fluency står i veien for transduksjonen.

Mellingsæter (2014, s. 11, oversatt til norsk av meg) skriver som nevnt om kollektiv meningsskaping og at det er at elevene «*øver eller forhandler om hans eller hennes egen tolkning av et fenomen eller en idé med andre*». Men hva med når de ikke kommer frem til noe som gir mening for dem, sånn som man ser i eksempelet over? Det å tolke noe er riktig nok ikke å komme frem til noe, men her mener jeg at sosialsemiotikken kan ha nytte av å få et begrep om meningsskaping som ikke leder til noe.

Kanskje det også her er et tegn på en individuell menings-skapingsprosess (Mellingsæter, 2014), og når den ikke går hele veien for Ahmed så ender han med å spørre Sofie hva hun mener. Når dette heller ikke gir fremgang, velger han å ty til å spørre faglærer fremfor å diskutere videre med Sofie som nettopp har fått innblikk i hva Ahmed lurere på. Det at Ahmed gjør dette kan være for å lettere gjøre det klart for seg selv hva han lurere på, men dette *er* en måte å kommunisere hva han leser, og han uttrykker også frustrasjon over å ikke forstå. Dette gjør at jeg tror at Ahmed velger å kommunisere på denne måten fordi det ikke bare gir han tid til å tenke, men også for å vise Sofie han lurere på.

Gjennom disse eksemplene har det blitt sett på hvordan Ahmed i gruppe 2 gestikulerer med musepekeren uten å forklare det eller bruke ord som hjelpemiddel. Det er vanskelig å si om disse to eksemplene er forsøk på en indre menings-skaping, men det kan være en måte å spørre om hjelp sånn som i det andre eksempelet. Det kan også, som beskrevet med det første eksempelet, være et tegn på en dominerende pådriver.

5.1.3 Navigatøren, pådriveren og muntlig aktivitet

Når det kommer til navigatørens og pådriverens muntlige aktivitet, og rollen det har i det semiotiske arbeidet, er det litt forskjell både av hvilke roller elevene tar, og innad i gruppene generelt. Gruppe 1 hadde en mye mer flytende rollefordeling enn det gruppe 2 hadde, som også gjør at det er vanskelig å trekke noen konkrete slutninger. Det kan for eksempel bare være personlige forskjeller i hvor mye man liker å være muntlig aktiv. Siden dette er mer generelle observasjoner som er dannet på bakgrunn av hele datamaterialet, er det ikke noen enkelt eksempel som sammenfatter dette på en god måte og som ikke tar for mye plass å skrive. Det er derimot et eksempel på hva som kan skje når ingen av gruppemedlemmene vet helt hva de skal gjøre, og hva slags muntlig aktivitet de tyr til i det tilfellet.

Det later til å være en tendens hvor det er navigatøren i parprogrammeringen som uttrykker seg mest muntlig. Dette er kanskje naturlig, siden navigatøren ikke kan uttrykke seg selv og sine meninger gjennom å for eksempel bruke musepekeren eller tastaturet. Dette betyr imidlertid at det skjer forskjellige typer semiotisk arbeid på bakgrunn av hvilken rolle man har, siden man har forskjellige semiotiske ressurser tilgjengelig. Dette vil i hovedsak være de semiotiske ressursene som kun kan tas i bruk gjennom å manipulere noe på PC-en, som for eksempel tastatur eller musepeker. Det er viktig å bemerke her at disse rollene er ganske flytende, hvilket også Denner et al. (2021) beskriver med begrepet *flytende roller*, også nevnt av Hawlitschek et al. (2023). Det at rollene er flytende gjør at tilgjengeligheten på de semiotiske ressursene er flytende, og da også hvilken type semiotisk arbeid som blir gjort av

elevene. Det gjør også at makten over de varige representasjonene (jf. Fredlund et al., 2012) varierer. Knain et al. (2021) skriver om at det er affordansen som former den sosiale interaksjonen, men her vil jeg påstå at også tilgjengeligheten til semiotiske ressurser i samarbeidet former den sosiale interaksjonen.

Hos pådriveren derimot, er kommunikasjonen som regel mindre verbal. Som nevnt har pådriveren større tilgang på ikke-verbale semiotiske ressurser, og uttrykkelsen kan dermed også bli fordelt på flere semiotiske ressurser. Kanskje kan det være at siden navigatøren bruker verbale semiotiske ressurser mer enn pådriveren, føler ikke pådriveren at det er plass til at hen bruker verbale semiotiske ressurser. Eller så kan det være at det pådriveren føler en slags forpliktelse til å bruke de semiotiske ressursene navigatøren ikke har mulighet til å bruke.

Hvis man ser på gruppe 2, så er Sofie generelt mer verbal enn det Ahmed er. Som regel har hun hatt rollen som navigatøren, hvilket gjør at hun ikke har tilgang på musepekeren eller tastaturet. Hun peker mye mer på skjermen enn det de tre andre har gjort, samtidig som hun bruker tale, som igjen er eksempler på deiktisk, forklarende (Crowder, 1996) og symbiotisk (Gregorcic et al., 2017) gestikulering (samme som når man bruker tale sammen med musepekeren). Kanskje kan det at hun fysisk peker være et tegn på interesse. Hun sier for eksempel «*Ja og da fyller vi inn, på en måte., ja og da blir det å fylle inn formler her da, men vi trenger egentlig ikke å fylle inn der, fordi vi har allerede en verdi, men da må vi fylle inn for der ok! Da skjønnte jeg!*» mens hun peker flere ganger på skjermen med en deiktisk gestikulering (Roth & Lawless, 2002). Her tar hun da i bruk den typen gestikulering hun har tilgjengelig; det å peke på skjermen, samtidig som hun har en forklarer verbalt den individuelle meningsskapingen som skjer hos henne, med andre ord skjer det en kollektiv meningsskaping (jf. Mellingsæter, 2014).

Hos gruppe 1 var det som sagt mer flytende roller, mens hos gruppe 2 virker det som det var mer satt. Hva grunnene til dette kan være skal jeg diskutere videre i [underkapittel 5.2](#), men én ting som kommer ut av dette er hvordan rollene som pådriver og navigatør varierer når Ahmed og Sofie leser høyt opp fra oppgavene. Oppgavene ble som sagt delt ut digitalt, så de hadde dem på PC-en. Dette betyr at det er pådriveren som har makt over å skifte over til fanen/vinduet hvor oppgavene står. Selv om det, ut fra min tolkning av Williams og Kessler (2003) sine definisjoner, er mer passende at navigatøren som tar seg av å lese oppgavene høyt, oppstod det en liten maktkamp (jf. Denner et al., 2021) mellom Ahmed og Sofie. Som sagt var det Ahmed som stort sett fungerte som pådriver og Sofie som navigatør, men det var som

regel Ahmed som leste høyt opp fra oppgavene. Kanskje var det fordi Ahmed var den som hadde tilgang på PC-en, eller at det var hans mulighet til å bidra muntlig ettersom Sofie var mest muntlig eller.

Etter hvert som arbeidet gikk, oppstod det en situasjon hvor det virket som hverken Sofie eller Ahmed visste hvordan de skulle gå videre. Ahmed sier «Ååå.. grafen for akselerasjonen, og... vent da.. **pause** åja hvilke variabler! Jeg trodde at dem mente n og r jeg! Herregud!» hvor Sofie fortsetter med «Hæ hva da? Før dere lager, hvilke **mumler** skal være i tillegg til hastighet? Ok hvilke andre verdier som skal være med? Og da på y -aksen og x -aksen.. øh, tid? Det har vi ikke. Tid kan jo være på x -aksen kanskje? Og y ...». Her kan man se at Ahmed henger seg opp i grammatikken i oppgaven hvor det stod «hvilke(n) variable(r)». Når han da innser hva det står, tar Sofie over og leser av oppgaven. Videre diskuterer de hva som skal skje videre, uten å helt komme frem til et svar. Det at de da bytter på å lese høyt fra oppgaven kan være et tegn på at ingen av dem helt forstår hva de skal gjøre, og uttrykker det med å lese høyt det de ikke forstår, og stille spørsmål til det, slik Sofie gjør. Dette kan være en muntlig form for gjenrepresentasjon (jf. Andersen & Munksby, 2018), et forsøk på en kollektiv meningsskaping (Mellingsæter, 2014).

Det har blitt sett på hvordan det er forskjeller i muntlig aktivitet basert på hvilken rolle man innehar. En generell observasjon er at pådriver er mindre muntlig aktiv i det semiotiske arbeidet enn det pådriveren er, kanskje fordi disse to rollene har forskjellige semiotiske ressurser tilgjengelig for å forklare sine meninger. Det har også blitt sett på et eksempel fra gruppe 2, hvor Ahmed og Sofie leste høyt fra oppgaveteksten og ikke forstod hva som ble spurt om, og et hvor Sofie bruker en mer kroppslig, deiktisk gestikulering.

5.1.4 Fagbegrep, symboler og kode litt om hverandre

Mens elevene prøvde å uttrykke sin egen mening muntlig, tok de i bruk forskjellige semiotiske ressurser for å beskrive den samme meningen og til å bidra i den kollektive meningsskapingen (Mellingsæter, 2014). Nå skal det ses på hvordan elevene bruker disiplinspesifikke semiotiske ressurser som fagbegrep, symboler og kode litt om hverandre for å uttrykke sine meninger, og hva de gjør når de tolker hva gruppepartneren sier. Til dette har jeg valgt ut til sammen tre eksempler fra både gruppe 1 og gruppe 2.

I gruppe 1 bruker Anne flere forskjellige måter å representere for eksempel luftmotstandskoeffisienten muntlig: «c», «dragkoeffisient» og «luftmotstandskoeffisient», og Yousef bruker flere måter å representere fart muntlig: «v», «fart» og «hastighet». Dette kan

tyde på at det har skjedd en aktiv transduksjon fra symbol til ord (Svensson et al., 2022), hvor Yousef og Anne aktivt har gått inn for å lære sammenhengene mellom de semiotiske ressursene og hvordan de kan brukes. Anne og Yousef har i så fall utviklet sin fluency og bygget på sin critical constellation for disse uttrykkene (jf. Airey & Linder, 2017)

Man kan også se lignende bruk av semiotiske ressurser i gruppe 2, hvor Ahmed og Sofie også diskuterer fart.

Sofie: ehm... for å finne hastigheten...

Ahmed: Altså v med liksom?

Sofie: Hva blir på en måte hastigheten?

Ahmed: Blir jo v med..

Sofie: Bare farta?

Her kan man se at Sofie og Ahmed tar i bruk flere former for å representere fart. Det starter med at de stiller spørsmål til ordet «hastighet» i oppgaven. Siden elevene kun har vært gjennom rettlinjert bevegelse, har de nok ikke lært at det i fysikken er forskjell på hastighet og fart, hvilket gjør at de nok tenker at dette er synonymer. Allikevel stiller Sofie spørsmål til hva Ahmed mener når han bruker symboler de bruker i koden til å representere fart. Kanskje det her skjer en slags transduksjonsprosess hos Sofie fra ord, til symbol, til kode; en transduktiv kjede (Svensson & Eriksson, 2020). Fra det han sier, er Ahmed nok klar over at hastighet og fart er det samme som «v_med» i koden, altså hastigheten når man regner med luftmotstand. Gjennom denne kollektive transduksjonsprosessen kan man tenke seg at Sofie utvider sin critical constellation ved å se koblinger mellom ord og symbol, og dermed også øker sin fluency (Airey & Linder, 2017).

Det føles kanskje enklere å si for eksempel «luftmotstandskoeffisienten» fremfor å skrive ordet, så man vil nok heller mot å bare skrive «c» eller en forkortelse av noe slag. På bakgrunn av egne erfaringer vil jeg imidlertid argumentere for å ha en gradvis introduksjon av begrepene, selv om jeg også bruker symbolene når jeg regner på slike ting. Ved å tvinge elevene til å skrive det fullt ut i kode «luftmotstandskoeffisienten = 1.05» vil man ikke skape noen tvetydighet gjennom transduksjonsprosessen fra skrift til kode (jf. Volkwyn et al., 2019) om hva det er snakk om. Så kan man heller introdusere «c» eller liknende semiotiske ressurser senere. Se for eksempel denne interaksjonen fra gruppe 1:

Yousef: Vi har ikke beregna luftmotstanden enda!

Anne: åja...

Yousef: men... ja...

Anne: Da tror jeg vi må gjøre det etterpå såå...

Yousef: Men vi trenger ikke skrive L da, vi kan jo bare skrive rho pluss c pluss a pluss v og sånn, vi kan gjøre etterpå da så...

Anne: Hæ?!

Her diskuterer de at de må regne ut luftmotstanden, som har blitt representert som «L» i formlene. Istedenfor å kun skrive L, ønsker Yousef å skrive ut formelen, slik at man står igjen med det han forklarer som « $\rho+c+a+v\dots$ ». Dette blir tydeligvis for mye for Anne, som responderer med «Hæ?!». I dette tilfellet snakket Yousef relativt fort, og han brukte flere semiotiske ressurser for å uttrykke sin mening. To av disse (ρ og c) var nye for dem begge. Denne kombinasjonen i uttrykkelsen gjorde da kanskje at Anne hadde vanskelig for å tolke det Yousef sa, og ikke så meningsinnholdet i det. For å uttrykke at hun ikke ser meningen i det Yousef nettopp sa, og da kanskje for å vise at dette kan han ikke forvente at hun forstår, sier hun bare «Hæ?!». Her kan man se en forskjell i utfall mellom denne interaksjonen og det de, og Ahmed og Sofie, hadde tidligere. Kanskje er det her litt for mange symboler som blir tatt i bruk på én gang, så selv om Anne tydeligvis forstår hva «c» står for, så blir det litt for mye når det kommer mange andre symboler i tillegg.

Det kan være et tegn på at Yousef tar i bruk semiotiske ressurser med for høy disiplinærspesifikk affordance, og ikke nok pedagogisk (Airey, 2015; Airey & Linder, 2017), i alle fall med tanke på de behovene Anne har. Da kan man se en forskjell i fluency (Airey & Linder, 2017), som gjør at de motiverte tegnene (Jewitt et al., 2016) til Yousef vanskeliggjør det semiotiske arbeidet.

Ett siste eksempel på bruk av tegn og spesialisert språk i gruppe 1. Mot slutten av første halvdel av timen prøvde Yousef å gjøre seg ferdig med programmeringsbiten samtidig som faglæreren snakket foran i klasserommet. Det virket som om han ble mer og mer desperat i arbeidet, og da også mer usikker på hvilke tegn som ville være riktige representasjoner. For eksempel prøvde Yousef å endre fra å representere massen med «0.0014» til å representere den med «14E4». Begge disse versjonene sier jo det samme, og for en tegnmaker som PC-en tolkes de også helt likt, men hvorfor valgte han da å endre det? Slik jeg tolker det har han

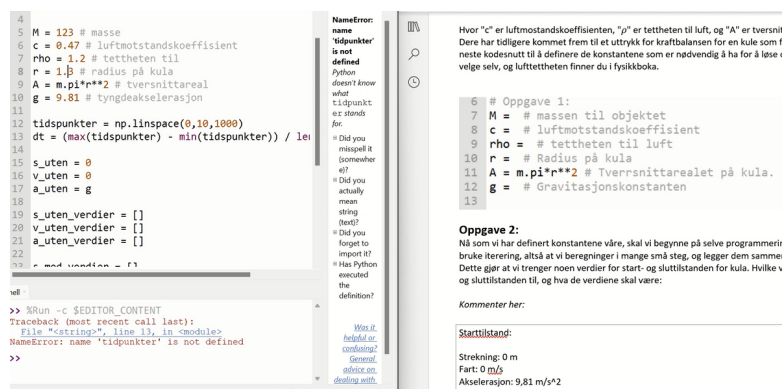
forstått at disse to semiotiske ressursene inneholder det samme meningsinnholdet, men kanskje han tenker at PC-en tolker dette på en annen måte. Det kan være et forsøk bare for å se om det fungerer, men kanskje kan det være et tegn på en underliggende usikkerhet på det tolkningsarbeidet PC-en eller programmeringsverktøyet gjør.

Her har det blitt sett på tre eksempler på elevenes bruk av både symboler, fagbegrep og kode når de gjør semiotisk arbeid. Dette kan være én måte elevene opplever en transduksjonsprosess, og danner en transduktiv kjede.

5.1.5 Kommunikasjon med PC/programmeringsverktøy

Nå skal det ses på hvordan elevene uttrykker seg til programmeringsverktøyet, og tolker det de får som svar. Til dette har jeg valgt ut fire eksempler som viser forskjellige situasjoner fra gruppe 1.

Hvis man ser på de uttrykkelser- og tolkningsprosessene, det semiotiske arbeidet, som skjer mellom elever og PC/programmeringsverktøyet, virker det som at elevene ikke er særlig bevisst på at programmeringsverktøyet ikke har særlig rom for å tolke de tegnene det får av elevene. Med det mener jeg at elevene ikke tenker over at programmeringsverktøyet ikke kan tolke noe ut fra kontekst, eller se likheten i for eksempel variablene «tidspunkter» og «tidpunkter». Se for eksempel i gruppe 1, hvor de får en feilmelding på nettopp dette, vist i Figur 8 nedenunder.



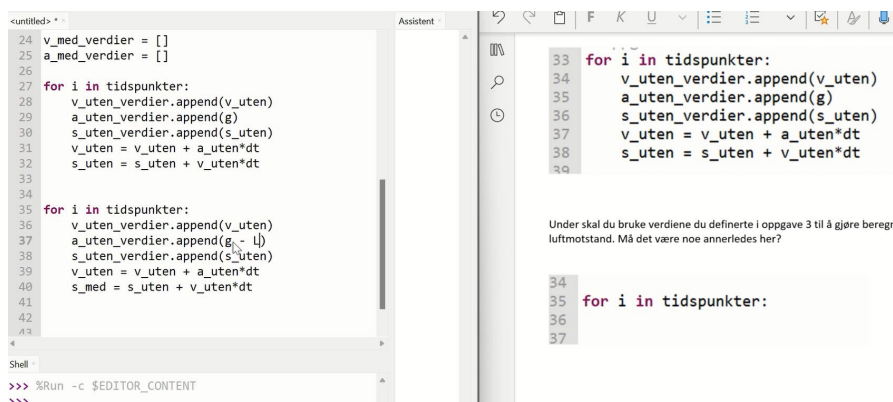
Figur 8: Anne får en feilmelding etter å ha skrevet feil variabel-navn.

Anne svarer muntlig på denne feilmeldingen ved å si «Hehe linje 13. eeh tidspunkter is not defined, vist f*** er det defined!». Her ignorerer hun det programmeringsverktøyet prøver å kommunisere ved å skrive nettopp «tidpunkter» og ikke «tidspunkter». Dette kan selvfølgelig bare være lese- og skrivefeil fra Anne sin side, men hun innser ikke at det kan være nettopp det programmeringsverktøyet prøver å kommunisere. Det motiverte tegnet til

programmeringsverktøyet blir da ikke tolket på den måten programmeringsverktøyet vil (Jewitt et al., 2016). Kanskje dette er et tegn på at elevene ikke tenker over hvor «dum» programmeringsverktøy er, og hvor spesifikke de må være i kommunikasjonen, og ikke tenker på det som en reel tegnmaker (Ibid.).

Man kan se et eksempel på at Yousef innser hvor spesifikk man må være når man kommuniserer med et programmeringsverktøy. Etter å ha laget et endelig diagram, ønsker han å flytte en boks med graf-navn ned til høyre i diagrammet. I Python gjøres dette ved å endre «loc»-parameteren til «lower right». Yousef prøver imidlertid «bottom right», siden den var på «top left» først. Dette er en logisk handling for oss mennesker, men et programmeringsverktøy forstår ikke dette. Til slutt ender Yousef opp med å søke opp hva han skal skrive for å få det slik han ønsker det. Denne interaksjonen mellom Yousef og programmeringsverktøyet viser at Yousef har fått en forståelse av hvor nøyaktig programmeringsverktøyet må bli forklart noe, og forstått, i alle fall til dels, hva slags tegnmaker (Jewitt et al., 2016) programmeringsverktøyet er.

Anne viser også at hun forstår også at man må være presise i hva man uttrykker ovenfor programmeringsverktøyet. Her spør Anne «*G minus, skrev du stor L? For luftmotstand*» mens hun holder musepekeren over stedet i koden hun referer til, vist i Figur 9, og som diskutert i [underdelkapittel 5.1.1](#). Yousef svarer «*jeg tror ikke vi har..*» mens Anne sier «*åja vi har ikke gjort det!*» i munnen på Yousef.



```
24 v_med_verdier = []
25 a_med_verdier = []
26
27 for i in tidspunkter:
28     v_uten_verdier.append(v_uten)
29     a_uten_verdier.append(g)
30     s_uten_verdier.append(s_uten)
31     v_uten = v_uten + a_uten*dt
32     s_uten = s_uten + v_uten*dt
33
34
35 for i in tidspunkter:
36     v_uten_verdier.append(v_uten)
37     a_uten_verdier.append(g - l)
38     s_uten_verdier.append(s_uten)
39     v_uten = v_uten + a_uten*dt
40     s_med = s_uten + v_uten*dt
41
42
43
```

```
33 for i in tidspunkter:
34     v_uten_verdier.append(v_uten)
35     a_uten_verdier.append(g)
36     s_uten_verdier.append(s_uten)
37     v_uten = v_uten + a_uten*dt
38     s_uten = s_uten + v_uten*dt
39
```

Under skal du bruke verdiene du definerte i oppgave 3 til å gjøre beregning luftmotstand. Må det være noe annerledes her?

```
34
35 for i in tidspunkter:
36
37
```

Shell

```
>>> %Run -c $EDITOR_CONTENT
>>>
```

Figur 9: Anne viser til koden og spør hvilket symbol som stod for luftmotstand.

Her viser Anne en forståelse for at programmeringsverktøyet ikke vil forstå likheten mellom «l» og «L», og spør derfor Yousef hva han hadde skrevet tidligere.

Man kan se et annet eksempel på kommunikasjon fra programmeringsverktøyets side, som Anne og Yousef tilsynelatende velger å ikke kommentere. Editoren Thonny vil fortelle brukeren om det mangler en parentes ved å gjøre linjene etter den første parentesen grå, som vist under i Figur 10.

```
4
5 M = 123 # masse
6 c = 0.47 # luftmotstandskoeffisient
7 rho = 1.2 # tettheten til
8 r = 1.3 # radius på kula
9 A = m.pi*r**2 # tversnittareal
10 g = 9.81 # tyngdeakselerasjon
11 L = c*(rho*v_begge
12
```

Figur 10: Programmeringsverktøyet forteller Anne og Yousef at de mangler en parentes.

Selve interaksjonen går over nesten ett minutt, så den blir litt for lang til å gjengi her, men Anne og Yousef diskuterer hvilken farts-variabel som skal inn i uttrykket i linje 11 i Figur 10. Selv om programmeringsverktøyet fortsetter å vise dem at de mangler en parentes, vist under i Figur 11, kommenterer ingen av dem på det.

```
29
30 for i in tidspunkter:
31     v_uten_verdier.append(v_uten)
32     a_uten_verdier.append(g)
33     s_uten_verdier.append(s_uten)
34     v_uten = v_uten + a_uten*dt
35     s_uten = s_uten + v_uten*dt
36
37
38 for i in tidspunkter:
39     v_med_verdier.append(v_med)
40     a_med_verdier.append(g - L)
41     s_med_verdier.append(s_med)
42     v_med = v_med + a_med*dt
43     s_med = s_med + v_med*dt
```

Figur 11: Programmeringsverktøyet fortsetter og forteller at det mangler en parentes.

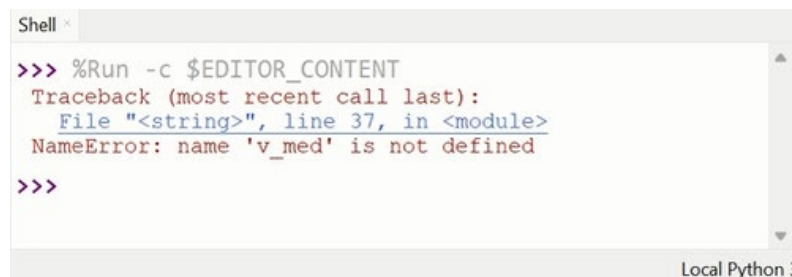
Til slutt fyller Anne inn parentesen, slik at den grå markeringen forsvinner. Men hvorfor kommenterte hverken Anne eller Yousef på det programmeringsverktøyet prøvde å kommunisere? Kanskje begge to er såpass kjent med verktøyet at de visste hva som ble kommunisert at de ikke behøvde å si noe på det. Eller så kan det være at de ikke tenkte noe over det. Det kan også være at de er så vant med at det skal være parenteser fra tidligere fag at de fylte den inn uten å tenke over at det var det programmeringsverktøyet ba om. Altså at deres fluency (Airey & Linder, 2017) i kodeversjonen av formler «overdøver» behovet for fluency i tegn fra tegnmakeren programmeringsverktøyet. Det er vanskelig å si noen spesiell grunn til hvorfor de ikke kommenterer det, men de gjør i alle fall slik programmeringsverktøyet ber om ved å fylle inn den siste parentesen.

Her har man sett på at Anne og Yousef har forskjellige måter å tolke og uttrykke seg når de interagerer med programmeringsverktøyet. De har vist at de ikke alltid tenker over hva programmeringsverktøyet prøver å kommunisere, men at de samtidig er klar over at programmeringsverktøyet er relativt «dumt» som gjør at det ikke klarer å se likheter mellom for eksempel «l» og «L». De har også vist at de ikke alltid kommenterer hva programmeringsverktøyet prøver å kommunisere.

5.1.6 Elevers semiotiske arbeid når de får feilmeldinger

Her skal det ses på hvordan elevenes semiotiske arbeid når de fikk feilmeldinger i programmeringsverktøyet. Til dette har jeg valgt ut tre eksempler jeg føler illustrerer godt den generelle måten elevene reagerte på. Tidligere i kapittelet har det vært eksempler på elevers reaksjoner på feilmeldinger, men jeg har her valgt ut nye eksempler for å danne et mer helhetlig bilde av hvordan elevene reagerer.

Som regel, viste elevene litt kjennskap til hvordan man kan bruke feilmeldinger til å tolke hvor feilen er. Feilmeldinger er en av programmeringsverktøyets måter å kommunisere med brukeren, og dette krever jo da et tolkningsarbeid fra elevene. Elevene kjenner til hvordan de skal bruke enkle eksempler den semiotiske ressursen 'feilmeldinger' til å tolke hvor i koden det er noe programmeringsverktøyet ikke forstår. For eksempel, reagerer Yousef og Anne i gruppe 1 på denne måten når de får opp feilmeldingen vist i Figur 12.



```
Shell x
>>> %Run -c $EDITOR_CONTENT
Traceback (most recent call last):
  File "<string>", line 37, in <module>
NameError: name 'v_med' is not defined
>>>
```

Local Python 3

Figur 12: Gruppe 1 får feilmelding som viser til at 'v_med' i linje 37 ikke er definert.

Når de får denne feilmeldingen, er Anne rask på å si «Åja! 37? v, v, v» mens hun viser at hun leter etter stedet programmeringsverktøyet viser til ved å bruke musepekeren til å vise hvor hun leter, vist i Figur 13 og som diskutert tidligere. Kanskje kan, som i mange av eksemplene nevnt tidligere, denne verbale ytringen være et tegn på at en individuell meningsskapingssprosess (Mellingsæter, 2014) enten har skjedd eller skjer, og at Anne deler dette med Yousef ved å si det høyt. Dermed vil også her gestikuleringen være

meningsskapende (Crowder, 1996), da hun kobler koden med feilmeldingen og skaper mening på bakgrunn av det.

```
35
36 for i in tidspunkter:
37     v_med_verdier.append(v_med)
38     a_med_verdier.append(g - L)
39     s_med_verdier.append(s_med)
40     v_med = v_med + a_med*dt
41     s_med = s_med + v_med*dt
42
43
```

Figur 13: Anne viser til hvor hun leter ved å bruke musepekeren.

Hvis det derimot er noe de ikke er kjent med blir de naturlig nok vippet litt av pinnen. For eksempel, i gruppe 1 kjører Anne og Yousef programmet og får opp feilmeldingen vist i Figur 14 (de svarte strekene er for å skjule navnet på eleven som eier PC-en).

```
54 plt.show()
Shell -
File "C:\Users\██████████\AppData\Roaming\Python\Python310\site-packages\matplotlib\axes\_axes.py", line 1688, in plot
  lines = [*self._get_lines(*args, data=data, **kwargs)]
File "C:\Users\██████████\AppData\Roaming\Python\Python310\site-packages\matplotlib\axes\_base.py", line 311, in _call_
  yield from self._plot_args(
File "C:\Users\██████████\AppData\Roaming\Python\Python310\site-packages\matplotlib\axes\_base.py", line 465, in _plot_args
  raise ValueError("x, y, and format string must not be None")
ValueError: x, y, and format string must not be None
>>>
```

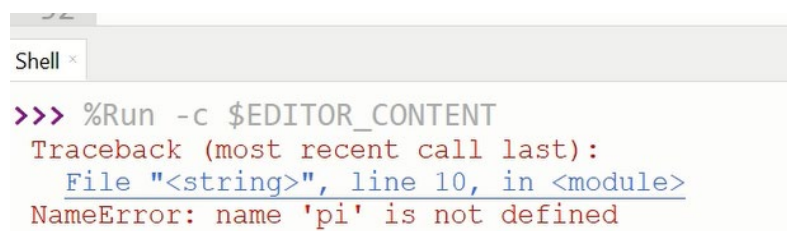
Figur 14: Gruppe 1 får beskjed om at noe ikke stemmer overens med krav fra matplotlib.

Etter å ha lest denne feilmeldingen sier Anne: «*Shit ass! Linje trehundre og..*» før Yousef legger til «*nei jeg...*». Her er det tydelig at elevene ikke er kjent med at feilmeldinger også kan oppstå på bakgrunn av koder de har lastet inn gjennom bibliotek (i dette tilfellet matplotlib). Yousef fortsetter senere med å si «*kontroll z, det er bare at vi...*», hvor Anne spør «*hva skal du med kontroll z?*». Yousef svarer så «*da angrrer du! Da fjerner du det igjen!*».

I denne feilmeldingen, vist i Figur 14, er det mye som kan fortelle elevene hva som er feil, men kanskje er det det at elevene ikke har blitt godt nok øvd i å tolke det om står der. Man kan se at istedenfor å tolke det programmeringsverktøyet prøver å kommunisere, velger Yousef å se bort fra det, og heller slette det de hadde gjort for å unngå denne feilmeldingen. Elevene har kanskje da opparbeidet seg en til dels tilstrekkelig fluency i noen av de semiotiske ressursene som inngår i feilmeldinger, men ikke nok til å ha en fullstendig critical constellation (Airey & Linder, 2017). Det kan være at den disiplinspesifikke affordansen (Airey, 2015) er for høy for elevenes nåværende kunnskapsnivå.

Hvis man går ut fra at det var en meningsskapingssprosess i eksempelet vist med Figur 13 og Figur 14, som ble synliggjort ved at Anne viste at hun hadde tolket og forstått den semiotiske ressursen, kan man se at dette ikke er tilfellet her. Her tolker både Anne og Yousef, men de forstår det ikke. Kanskje det her er en form for overbelastning i meningsskapingssprosessen (Airey & Eriksson, 2019) som gjør at begge to gir opp og heller velger å gjøre noe annet. Slik jeg tolker dette, er det det at feilkoden er så ukjent, og annerledes som gjør at det blir en slags overbelastning.

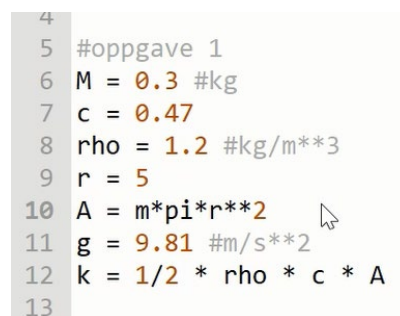
Man kan også se et eksempel på det å ikke tolke feilmeldinger feil i gruppe 2 med Sofie og Ahmed, hvor de støter på feilmeldingen vist i Figur 15.



```
Shell <
>>> %Run -c $EDITOR_CONTENT
Traceback (most recent call last):
  File "<string>", line 10, in <module>
NameError: name 'pi' is not defined
```

Figur 15: Gruppe 2 får feilmelding om at variabelen 'pi' ikke er definert i linje 10.

Etter å ha brukt musepekeren til å vise at han leter på linje 10, og har funnet frem til der det står «pi» som vist i Figur 16, uttrykker han «Hva mener den det er feil her? Åja pi er ikke definert!? What?! Vi har jo importert det?».



```
4
5 #oppgave 1
6 M = 0.3 #kg
7 c = 0.47
8 rho = 1.2 #kg/m**3
9 r = 5
10 A = m*pi*r**2
11 g = 9.81 #m/s**2
12 k = 1/2 * rho * c * A
13
```

Figur 16: Ahmed viser at han har funnet frem til linje 10, der 'pi' brukes.

Her viser Ahmed til at de har importert pi fra matematikk-biblioteket til Python i starten av koden ved å skrive «from math import m.pi». Dermed, for å ta i bruk konstanten, må man skrive «m.pi». Her har de imidlertid skrevet «m*pi», som gjør at Python tolker ordet «pi» til å være en variabel som ikke er definert ennå. Riktignok forklarer ikke feilmeldingen at «pi» nå blir sett på som en variabel, som kan gjøre det vanskelig å innse hva som er feil. Dette kan være et eksempel på at elevene nok ikke innser hvor «dumme» PC-er og programmeringsverktøy som Python egentlig er. Elevene må gi presise beskjeder for at det

skal bli tolket riktig og innse hva slags tegnmaker PC-en og programmeringsverktøyet er (Jewitt et al., 2016). Det kan også være at Ahmed er så sikker på at han har skrevet av riktig, så det at man får en feilmelding på dette gjør at han ikke ser hva som må gjøres for å rette opp feilen. Forskjellen mellom dette eksempelet og det forrige fra gruppe 1 er at i det forrige kom det en feilmelding elevene ikke forstod mens her forstod Ahmed hva som var feil. Dette kan tyde på at det er en forventningskomponent i hvordan elevene reagerer på feilmeldinger. Hvis de forventer at noe skal være rett har de kanskje lettere for å gi opp. Dette kan ikke sammenlignes med forventningen til semiotiske ressurser som Airey og Eriksson (2019) skriver om, men det handler mer om elevenes forventning til å få en feilmelding eller ei.

5.1.7 Sammenligning av simulert og målt graf

Det elevene skulle ende opp med fra oppgavene var to grafer de skulle sammenligne. Dessverre kom ikke begge gruppene frem til to grafer som var sammenlignbare, det var kun gruppe 1 som kom frem til en graf i Thonny som lignet på den de laget i Tracker.

Gruppe 1, med litt hjelp av faglærer hadde funnet ut i Tracker at den målte terminalfarta var rundt 2,5 m/s. Etter å ha endret de nødvendige parameterne i Thonny fikk de grafene vist i Figur 17.

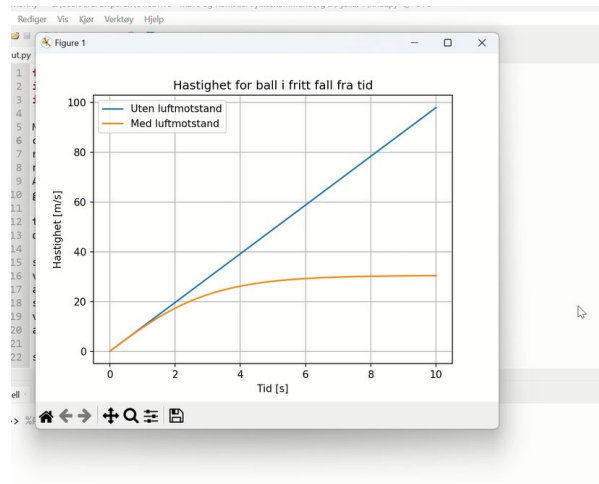


Figur 17: Yousef og Anne sammenligner resultatet fra Thonny med resultatet fra Tracker.

Etter å ha sett kjapt over, sier Anne «Oj! Det er jo 2,5! Terminalfarta!», hvor Yousef beveger musepekeren slik som den gule pilen viser i Figur 18 og sier «tjue», et eksempel på sporende gestikulering (Crowder, 1996). Til slutt, før de gjør noen endringer i koden sier Yousef «Ok, det må, det være noe feil som gjør at det ikke virker helt tror jeg... hææ?». Man kan se at de har forstått at poenget er å få cirka det samme resultatet i både Tracker og Thonny, men når

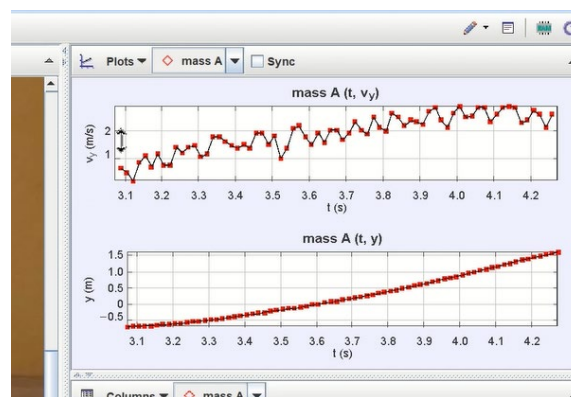
det ikke stemmer vet de ikke hva de skal gjøre. Feilen de har gjort er at de har én desimal for lite i radiusen til objektet som faller.

Etter en diskusjon på hva luftmotstandskoeffisienten skal være og endrer det litt så kjører de scriptet og får grafene vist i Figur 18.



Figur 18: Etter å ha endret luftmotstandskoeffisienten får gruppe 1 to nye grafer.

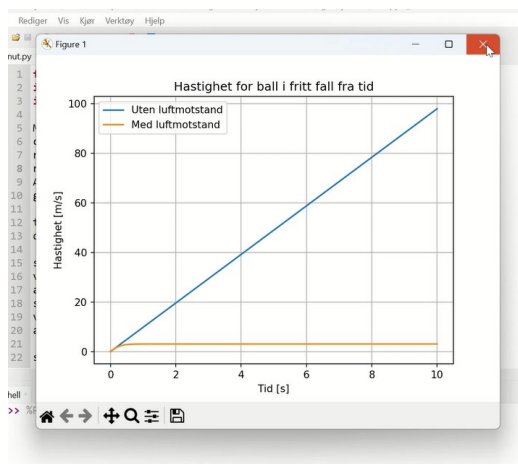
Deretter tar de frem resultatet fra Tracker, vist i Figur 19.



Figur 19: Resultatet for gruppe 1 i Tracker.

Etter å ha sett på resultatet fra Tracker en gang til, sier Yousef «Men vi fikk jo på Tracker så fikk vi jo.. det mangler, det mangler null! Oj man kan bla sånn ja! *pause* jeg synes den var bra jeg! Ikke sant?». Etter å ha fått et rask «mhm» fra Anne, går de videre til å snakke om andre deler av oppgaven. Man ser her at elevene sammenligner de varige semiotiske ressursene (Fredlund et al., 2012), og foretar både en individuell og en kollektiv meningsskaping (Mellingsæter, 2014) mens de sammenligner grafene.

Dessverre rekker ikke Yousef og Anne å innse at det er radiusen som det er noe feil med før faglærer går gjennom oppgaven. Da endrer Yousef på tallet slik at de får grafene vist i Figur 20.



Figur 20: Yousef og Anne får et endelig, riktig resultat.

Siden dette skjer mens faglærer forklarer, kan man dessverre ikke høre hva Anne og Yousef tenker, men Yousef markerer den oransje grafen i Figur 20 med musepekeren med en sporende gestikulering (Crowder, 1996), som om han har forstått at de har fått riktig svar.

På tross av dette kan man tydelig se at Anne og Yousef har sammenlignet grafene, og forstått at det må være noe feil med den simulerte grafen når den ikke stemmer overens med grafen fra Tracker. Elevene har nå laget den endelige transduksjonskoblingen, og fullført den transduktive kjeden (Svensson & Eriksson, 2020) slik oppgaven ba om. De har gjenrepresentert grafene flere ganger, slik Andersen og Munksby (2018) skriver om.

5.2 Elevers samarbeid når de programmerer i fysikk

I dette delkapittelet ønsker jeg å se nærmere på elevenes samarbeid når de programmerer i par i temaet «fall med luftmotstand» i fysikk 1. Som det ble beskrevet i teorien kunne elevene innta forskjellige roller, og foreta forskjellige handlinger som alle kommer inn under begrepene om pådriver og navigatør (Denner et al., 2021). Videre skal jeg diskutere hvordan elevene tok rollene.

Som beskrevet i teorien, skifter rollene som pådriver og navigatør (Hawlitshchek et al., 2023), men det som overrasket meg var hvor fort disse rollene kunne skifte, altså at hvor flytende rollene var (Denner et al., 2021). Som nevnt er pådriveren den som skriver koden, og

navigatøren er den som for eksempel ser etter syntaks-feil, feil i fremgangsmåten eller veileder navigatøren i arbeidet. Dette var roller elevene ikke ble informert om, slik at det samarbeidet skulle bli så naturlig som mulig. Skiftet av roller kunne skje uten noe verbalt forvarsel, og kunne bytte frem og tilbake fra setning til setning.

Det var som regel navigatøren som var mest muntlig aktiv, dog det var litt forskjell i disse to gruppene. I gruppe 1 var det hyppig bytting av roller, og det var mye av det som ble beskrevet i teorien, at det pådriveren er den som programmerer og skriver inn det navigatøren gjerne ber om. I gruppe 2 derimot, var det mindre bytting av roller. I starten av økten var det her en mye mer grundig dialog om fremgangsmåte enn hos gruppe 1; hva som skulle bli skrevet inn og hvordan de skulle tolke oppgaven. Kanskje dette kan være en indikasjon på at PC-en har fungert som en coordinating hub (Volkwyn et al., 2019) eller et felles fokuspunkt (Gregorcic et al., 2017) for gruppe 2? Hos gruppe 2 var det stort sett Ahmed som satt med PC-en, og Sofie som var mest muntlig aktiv. I motsetning til gruppe 1, snakket ikke gruppe 2 noe særlig om ikke-faglige tema mens de jobbet. Kanskje det at snakken for det meste handlet om oppgavene og det som skjedde på PC-en kan være et tegn på at PC-en fungerte som coordinating hub. Det kan også for eksempel være forskjell i individuelle behov for å forklare hva en mener, faglige interesse eller også hvilke semiotiske ressurser de ønsker å bruke i samarbeidet.

Hva skjer hvis hverken navigatøren eller pådriveren ikke har noen gode forslag på hva som skal gjøres, eller ikke klarer å se feilene? I tilfeller hvor ett av gruppemedlemmene har en idé kan man se at elevene ganske fort bytter roller gjennom hvordan og hva de kommuniserer, eller ved å bytte på hvem som har PC-en. Men når ingen av dem vet hva som skal gjøres kan man se at verbale ytringer blir kortfattet, og at de ofte gjentar seg selv eller hverandre. I gruppe 2 var de litt mer usikre på hva skulle gjøres i oppgavene:

Ahmed: Da skal jeg skrive her.

Sofie: Ok, eh, skal vi bare nevne? Ting som er viktig?

Ahmed: Vi trenger... fart, posisjon, ak... (samtidig som) Sofie: hvis du skriver sånn fart

Sofie: Tida... posisjon går jo litt i samme som strekning og sånn da, øh så posisjon? Øh, akselerasjon? Eller? Om det er konstant eller ikke, og sånne type ting, men det får vi jo vi jo vite litt av farten og sånn men det er kanskje greit å

Deretter avbryter Ahmed med å være usikker på om de tar opp skjerm og lyd. Selv om dette er et eksempel på hvordan min tilstedeværelse og forskning påvirker autentisiteten i diskusjonen de har, kan det være en antydning til hva som kan skje når elever er usikre på fremgangsmåte. Hvis elevene er usikre på hva de skal gjøre kan det være at de blir lett distraheret av, for eksempel, om skjermopptaket er i orden. Dette minner ikke noe om det Denner et al. (2021) beskriver, og er noe som også kan ses tidligere i [underdelkapittel 5.1.3](#). Dette kan være et tegn på at man bør se på å utvide Denner et al. (Ibid.) sin liste.

Hvis man ser på gruppe 1, kan man også se situasjoner hvor navigatøren fungerer som en sparrer (Denner et al., 2021), altså at hen gir litt hjelp til pådriveren som så jobber videre ut fra det. For eksempel når Anne sier «Ok, hvilket tidspunkt skal vi...» slik at Yousef raskt etterpå sier «De vil jo på.. når vi slipper den så vil den jo starte på null, tid fart og akselerasjon? Hva, skal jeg skrive fart, akselerasjon og posisjon?». Her kan man se at Anne bare trenger å gi et lite hint til hva som skal gjøres før Yousef er i gang med å diskutere hva de skal svare.

Man kan også se situasjoner med gi og ta hos gruppe 1. Ett eksempel er når Anne og Yousef diskuterer hva de skal skrive inn i en av for-løkkene. Da skal de fylle inn «g» for tyngdeakselerasjonen.

Yousef: også den til g.. g.. g..

Anne: g?!

Yousef: fordi g er..

Anne: aah, sant!

Yousef: fordi hva er g?

*Anne: *lattermildt* 9,81 meter per sekund, per sekund!*

*Yousef: *lattermildt* kjempebra! Hehe!*

Her ser man et godt eksempel på nettopp det Denner et al. (2021) skriver om gi og ta, med at det er en utveksling av informasjon, gjerne med litt humor. Men hva gjør så dette for samarbeidet til gruppe 1? Ikke bare utveksler de informasjon, men jeg vil tørre å påstå at gjennom dette humoraspektet gjør det at oppgaveløsningen blir litt mindre tung. Selv om det ikke endrer noe på vanskelighetsgraden på oppgavene, kan det hende at litt humor i slike gi og ta-situasjoner er med på å øke moralen og lette på humøret.

I løpet av dette delkapittelet har det blitt sett eksempler på flytende roller, sparrer, og gi og ta. Tidligere, i [underdelkapittel 5.1.2](#) var det også et eksempel på dominerende pådriver, og i [underdelkapittel 5.1.3](#) var det et eksempel på en maktkamp. Det mangler imidlertid eksempler på distraherende navigator. Det kan ha vært eksempler på det i disse to gruppene som jeg ikke har sett, for eksempel hvis det har skjedd kun gjennom bruk av kroppsspråk. I gruppe 1 var det en del ikke-faglig prat, men som regel var dette satt i gang av ytre påvirkninger som andre elever eller mobiler. Derfor har jeg valgt å ikke inkludere disse eksemplene.

5.3 Hva er elevenes oppfatning om bruken av programmering i fysikk 1?

For å svare på F2, altså «*Hva er elevenes oppfatning av å bruke programmering for å skape mening i fysikk?*», har jeg i hovedsak valgt å ta i bruk dataene fra de skriftlige spørsmålene og fokusgruppeintervjuet. Dette blir gjort for å legge en ramme rundt forsøket, og se om elevenes oppfatning kan være med på å gi litt støtte til de resultatene som har blitt diskutert i delkapittel 5.2 og 5.3. Fra disse to datakildene kom jeg frem til tre tema elevene var opptatt av, som også kan kobles inn mot temaene diskutert tidligere, programmeringens affordance, feilkilder og forståelse gjennom sammenligning.

5.3.1 Programmeringens affordance

I fokusgruppeintervjuet og de skriftlige spørsmålene var hovedfokuset på elevenes egne oppfatninger om programmering og bruken av det i fysikk. Her kom det frem at de fleste av disse elevene hadde en negativ innstilling til programmering, og syntes det var vanskelig å bruke. En elev forklarte «*jeg blir mer forvirra av å se på et sånn programmeringsprogram, enn å se, lese en side i boka liksom*». Kan det være at programmeringsverktøyets pedagogiske affordance er for lav? Eller skrevet på en annen måte, at den den disiplinspesifikke affordansen (Airey, 2015) er for høy for det nivået av fluency (Airey & Linder, 2017) elevene er på i fysikk 1?

Man kan se et eksempel på dette i en annen elevs svar på de skriftlige spørsmålene: «*vanskelig, formlene blir så avansert skrevet i Thonny. Virker vanskeligere enn det kanskje er*». Denne eleven synes med andre ord fremstillingen av kjent, og kanskje ukjent, stoff blir vanskeligere når det er i et programmeringsverktøy som Thonny. Kanskje dette kan være fordi de er mer vant til å bruke de semiotiske ressursene, som formler, på for eksempel papir. På den annen side kan man gå ut fra at elevene er godt kjent med for eksempel Geogebra, som har en ganske lik måte å skrive inn formler på. I Thonny ender formelen opp med å bli representert på en annen måte

enn i Geogebra. Dette kan tyde på at det er fremstillingen som er ukjent, og at det kan være snakk om det Airey og Eriksson (2019) skrev om angående forventninger når elevene prøver å pakke ut og skape mening av den semiotiske ressursen.

Kan elevenes oppfattelse av programmeringsverktøyets affordance peke mot grunnen til at elevenes kommunikasjon med programmeringsverktøyet var som det ble beskrevet i [underdelkapittel 5.1.5](#)? Fra eksemplene diskutert der, virker det som at elevene ikke er klar over den informasjonen programmeringsverktøyet prøvde å gi dem. Kanskje vil det å se på hvordan man kan øke programmeringsverktøy sin pedagogiske affordance (Airey, 2015) være med å vise elevene dette. Eventuelt, en kanskje enklere løsning på dette vil være at lærerne viser dem de forskjellige semiotiske ressursene som et programmeringsverktøy tar i bruk i sin del av kommunikasjonen, og dermed forhåpentligvis øke elevenes fluency (Airey & Linder, 2017).

5.3.2 Feilmeldinger

Dette fører videre til elevenes fluency i en av de semiotiske ressursene som programmeringsverktøyet tar i bruk, nærmere bestemt feilmeldinger. Som sagt har programmeringsspråket mange symboler og tegn som vises hele tiden, når noe går bra, og når noe er feil. Denne kommunikasjonen mellom elev og PC er noe elevene, basert på egen erfaring fra observasjon og undervisning gjennom studiet, har måtte lære seg selv. Feilmeldinger kommer nederst i editoren med rød skrift med masse informasjon som elevene kan bruke til å finne ut av hva som er feil. Har de derimot ikke opparbeidet seg en viss fluency (Airey & Linder, 2017) vil dette være en umulig oppgave. Kanskje på grunn av det Airey og Eriksson (2019) nevner, med at det kan bli overbelastende for elevene.

På spørsmål om hva de gjør når de får opp en feilmelding svarer en elev fra fokusgruppeintervjuet at hen «*Prøver kanskje å lese hva den feilmeldinga sier, og hvis det kanskje er invalid syntax for eksempel at jeg har skrevet noe feil eller ikke definert en verdi så hvis det er det så er det jo fort å fikse, men hvis det er sånn kjempelang...*». Dessverre sier ikke eleven noe mer på temaet her, men det som blir sagt kan tyde på at elevene får en slags overbelastning (Airey & Eriksson, 2019) som gjør dem motløse i møte med lange, vanskelige feilmeldinger. Dette kan minne om det som ble diskutert i [underdelkapittel 5.1.6](#), hvor Anne og Yousef ser en helt ukjent type feilmelding. Dette gjorde at de valgte å slette det de gjorde, fremfor å prøve å se hva programmeringsverktøyet prøver å fortelle dem.

En grunn til at elever stopper opp når de får feilmeldinger de ikke er vant med å se, kan være at de har blitt for vant med at digitale verktøy skal gi dem svar (eller forklare hvorfor det ikke kommer et riktig svar) med en gang. Elevene har kanskje vent seg til et mye mer kommunikativt brukergrensesnitt. Se for eksempel på det å google noe, eller å spørre Chat GPT. Nå er det mye enklere og raskere å stille et spørsmål rett ut, rett og slett spørre google. Før måtte man i mye større grad vite hvordan man kunne skrive inn enkeltord for å få opp det man lurte på. Man måtte også i mye større grad lese i de kildene google ga deg, mens nå henter google ut det som den mener er relevant informasjon til ditt spørsmål og legger det frem for deg uten at du trenger å gå inn på sidene som kommer frem i søket. Altså at elevene har en forventning til det motiverte tegnet til digitale tegnmakere (Jewitt et al., 2016) som ikke blir infridd. Kanskje er dette vært med på å forklare hvorfor elevene stopper opp når de bare får vite at det er noe feil, og hvor den feilen ligger, men ikke hvordan de skal løse den.

5.3.3 Forståelse gjennom sammenligning

På den annen side, ser elevene fordelene med å simulere gjennom programmering, og det er her programmeringens pedagogiske affordance virkelig kommer frem (Airey, 2015). En elev forklarer i fokusgruppeintervjuet *«Jeg føler kanskje vi forstod det ganske godt når vi var ferdige, og fikk se grafen, underveis så følte jeg ikke at jeg skjønnte helt hva som forgikk, men når vi fikk se grafen og sammenligna den med Tracker så var det jo fint for å forstå»*. Det skal nevnes at her hadde jeg, som laget opplegget, lagt opp til at elevene skulle bruke min måte å lage grafen slik at det stod aksnavn, og navn på grafene og så videre, men som denne eleven påpeker gjorde grafen at de forstod hva de hadde gjort frem til nå. Altså at det visuelle fra programmeringen kan være med og hjelpe til med forståelsen, og da kanskje spesielt når de får sammenligne det med de virkelige dataene fra Tracker. En annen elev svarte *«absolutt»* på spørsmål om denne sammenligninga av de to grafene hjalp til med forståelse. Med andre ord kan det å lage disse grafene være med å skape en transduksjonsprosess fra simulerte til målte grafer.

Som nevnt i eksempelet fra [underdelkapittel 5.1.7](#) med gruppe 1, er det dessverre ikke nok data til å kunne konkludere med noe spesifikt. Etter min mening tyder dette på at det å simulere og måle, for så å sammenligne grafene vil være en fin måte å legge til rette for en meningsskapingsprosess for elevene, og kanskje gjøre den transduktive kjeden lengre og klarere (Svensson & Eriksson, 2020).

5.4 Analysens svakheter

Analysen i denne oppgaven har et forbedringspotensial. Gjennom analysearbeidet har jeg funnet flere eksempler som jeg mener beskriver godt det helhetsinntrykket jeg fikk av begge gruppene. Jeg har for det meste brukt eksempler fra gruppe 1, fordi situasjonene som oppstod hos dem etter min mening var en god representasjon av det som skjedde hos begge gruppene. Dermed, for å holde antall ord nede, valgte jeg å bruke disse eksemplene, fremfor lignende eksempler fra gruppe 2.

Samarbeidet i gruppe 1 fungerte også, etter min mening, mye bedre enn i gruppe 2. Dette gjør dermed at de litt mer negative eksemplene kommer hovedsakelig fra gruppe 2, selv om det også var lignende situasjoner i gruppe 1. Eksemplene i gruppe 1 var ikke like gode som i gruppe 2, så derfor ble det en overvekt av negative eksempler fra gruppe 2.

6 Sammendrag og konklusjon

Denne oppgaven har hatt to forskningsspørsmål:

F1: Hva slags semiotisk arbeid gjør elever i fysikk 1 for å skape mening i temaet 'fall med luftmotstand' når de samarbeider mens de programmerer i Python-editoren Thonny og bruker videoanalyseverktøyet Tracker, og hvordan gjør de dette arbeidet?

F2: Hva er elevenes oppfatning av å bruke programmering for å skape mening i fysikk?

Gjennom å ha samlet inn data i en fysikk 1-klasse på norsk videregående skole har jeg i hovedsak sett på toer-grupper og hvordan de gjør semiotisk arbeid når de samarbeider i Thonny og Tracker. I tillegg, for å danne en ramme rundt det de gjør, har jeg sett på hvordan flere elever oppfatter bruken av programmering for å skape mening i fysikk.

Det er viktig å poengtere at jeg, som relativt uerfaren i slik type arbeid, kan for eksempel ha ansett sentrale ting som uviktige og kanskje ikke sett sammenhenger som egentlig er der. Hadde jeg hatt mer erfaring, og en dypere forståelse av teorien ville jeg kanskje kommet frem til andre eller flere sentrale tema i analysen.

Videre, i dette kapittelet skal jeg komme med et sammendrag av hva jeg har ansett som sentralt og viktig. I tillegg vil jeg her komme med hva jeg tenker ville vært spennende og

nyttig å se videre på, samt hvilke forslag jeg har for lærere ut fra det jeg har lært gjennom å jobbe med dette.

6.1 Hva slags semiotisk arbeid gjøres, og hvordan?

En av de mest fremtredende måtene elevene uttrykker seg selv på utenom tale, er å bruke musepekeren til å for eksempel vise til hva de snakker om eller markere tekst. Man kan med andre ord se eksempler på det Crowder (1996) har kalt for sporende gestikulering, gestikulerende frempek, meningsskapende gestikulering og forklarende gestikulering, samt det Gregorcic et al. (2017) kaller symbiotisk gestikulering og det Roth og Lawless (2002) kaller deiktisk gestikulering, men da med en musepeker istedenfor hånden. Denne gestikuleringen har skjedd både med deiktiske og ikke-deiktiske ord. Som tidligere nevnt vil jeg argumentere for å kalle denne bruken av musepekeren som en slags forlengelse av armen for *digital gestikulering*. Denne digitale gestikuleringen har vist seg å ha mange av de samme funksjonene som en mer kroppslig gestikulering, men også noen ulike. Derfor mener jeg at det kan være hensiktsmessig å skille mellom dem.

Elevene har også hatt roller som navigatør og pådriver (Williams & Kessler, 2003). Disse rollene avhang av hva man gjorde i samarbeidet, og som vist gjennom analysen og diskusjonen kunne disse rollene skifte veldig fort. Rollene hadde også en innvirkning på hvor muntlig aktive elevene var.

For å uttrykke seg selv, tok elevene i bruk mange forskjellige semiotiske ressurser muntlig, for eksempel symbol, fagbegrep og kode. Dette kan være en fin måte å få til en transduksjons- og meningsskapingprosess, men det viste seg også at det kan være vanskelig for elevene å tolke hva tegnmakeren mente. Hvis elevene tok i bruk for mange tegn på samme tid, kunne det være vanskelig for den andre eleven å følge med på resonnementet, med andre ord en slags overbelastning i meningsskapingen (Airey & Eriksson, 2019). Det kan derfor være viktig for lærere å være klar over dette, slik at man ikke overvelder elevene med mange forskjellige tegn som viser til det samme.

Det har også blitt sett på hvordan elevene kommuniserte med PC-en/programmeringsverktøy. Elevene har vist at de forstår til en viss grad at programmeringsverktøyet er «dumt» og trenger å få nøyaktige beskjeder, og ikke har like stort rom for tolkning i det semiotiske arbeidet som vi mennesker har. I tillegg til dette har det også blitt vist eksempler på at elevene ikke er klar over at det er mange tegn programmeringsverktøyet gir. Elevene er kjent med feilkilder, men hvis man ser til det siste eksempelet i [underdelkapittel 5.1.5](#), kan man se at

Anne ikke gir uttrykk for å se at programmeringsverktøyet forteller henne noe. På bakgrunn av dette, samtidig som at det er elevene som forteller programmeringsverktøyet hva det skal gjøre mens det bare kan si ifra hvis noe er galt, kan man kanskje si at det er elevene som har hovedansvaret for å drive kommunikasjonen mellom dem og programmeringsverktøyet.

Kanskje kan en av grunnene til at elevene ikke tenker over at programmeringsverktøy ikke kan tolke på samme måte som vi kan, være at man blir mer og mer vant til et kommunikativt brukergrensesnitt. Se for eksempel på hvordan man googler, eller hvis man bruker KI-verktøy som Chat GPT. Der kan man i mye større grad stille spørsmål slik man stiller dem til mennesker. Om disse verktøyene faktisk tolker dem slik man ønsker det er en annen diskusjon, men for den som stiller spørsmålene vil det nok virke som at spørsmålet blir tolket på et eller annet vis.

Hvis man så ser på elevenes semiotiske arbeid når de får feilmeldinger i programmeringsverktøyet, kan man også her se at elevene ikke alltid er så opptatt av å tolke det programmeringsverktøyet forteller dem. De klarte å forstå enkle feilmeldinger, men med en gang det kom noe ukjent og tilsynelatende vanskelig valgte de å gjøre om fremfor å se hva de måtte endre på for å få det riktig.

Dessverre rakk ingen av gruppene å diskutere noe særlig rundt hvordan de sammenlignet grafene de fikk i Tracker og Thonny. Dette er noe som med fordel kan sees på i et eventuelt senere studie.

6.2 Hvordan vurderer elevene selv brukes av programmering i fysikk?

Fra de skriftlige spørsmålene og fokusgruppe intervjuet, kom det frem at flere av elevene hadde negative holdninger til bruken av programmering i fysikken. Flere av dem begrunnet det med at det var vanskelig å forstå, som for eksempel én elev som sa *«jeg blir mer forvirra av å se på et sånn programmeringsprogram, enn å se, lese en side i boka liksom»*. Dette kan antyde at den disiplinspesifikke affordansen (Airey, 2015) til programmeringsverktøyet kan være litt for høy for elevene. Ofte, forklarte elevene, at det var feilmeldinger som gjorde at de stoppet opp, noe man også kan se fra skjerm- og lydopptakene.

På den annen side, var elevene i stand til å forstå nytten av programmering i det at man kunne sammenligne målte og simulerte grafer. Dessverre var det ikke nok data fra skjerm- og lydopptakene til å kunne si noe om hva elevene gjorde når de sammenlignet sånne grafer, men det kan være med på å synliggjøre at elevene kan se nytten av programmering, tross litt negative holdninger.

6.3 Forslag til videre arbeid

Hadde dette prosjektet vært lengre, eller om jeg skulle undersøkt noe senere, er det flere ting jeg ville ha undersøkt. Disse tingene kommer fra å ha gått dypere inn i litteraturen, og gjennom å ha analysert datamaterialet.

Jeg innser at det vil være vanskelig å sammenligne to forskjellige opplegg, men det hadde vært spennende å se på om det er noe forskjell, og i så fall på hvilken måte, mellom hvordan elever samarbeider når de jobber sammen på PC og når de jobber sammen med oppgaver for hånd.

Elevenes spredning i fluency og hvordan det påvirker samarbeidet er også noe som ville vært spennende å se på. For eksempel om det er gitt at den med best fluency oftest har rollen som pådriver eller navigatør, eller hva slags semiotisk arbeid de to gjør.

Jeg vil gjerne foreslå for lærere å dele ut musepekerer til begge på gruppa, slik at begge har makt over dem. Hvordan dette kunne blitt gjort hadde vært veldig spennende å se på, fordi det kan tenkes at dette hadde satt i gang en maktkamp, og litt uenigheter mens de jobbet.

Det siste forslaget jeg vil komme med er å se på sammenhengen mellom elevenes og lærernes bruk av ikke-verbale kommunikasjon. Dette er noe Roth og Lawless (2002) har skrevet om. I de to klassene jeg var i, observerte jeg at de brukte gestikulerte i forskjellig grad. I den ene klassen brukte både læreren og elevene mye gestikulering, og i den andre brukte de det lite. Siden jeg kun så på den ene klassen i analysen, var det ikke rom for å kommentere dette, men det er noe som kan være spennende å se på i et annet prosjekt.

6.4 Forslag til lærere

Jeg vil foreslå for lærere å bli mer bevisst på måter å vise frem på når man bruker PC. Hvis man skal stole på den multimodale og sosialsemiotiske teorien, er det viktig å gi elevene en god verktøyboks med tanke på hvordan de representerer meninger, og formgir meningsskapingprosessen. Dette for å kunne bedre kommunisere med medelever, samt at det kan være med på å gi hint til lærere om at det er en meningsskapingssprosess i gang. Her vil jeg da foreslå å være mer bevisst på å bruke disse metodene selv. Varier mellom bruken av musepeker og hånd når du viser til punkter i kode og grafiske fremstillinger. Kanskje bruk kroppen eller konkrete virkemidler til å vise formen på en graf. Jeg så som sagt en merkelig forskjell i de to klassene jeg var innom. Der faglærer aktivt brukte slike virkemidler, gjorde elevene det og, og omvendt.

Som sagt i analysen, er det mange av elevene som opplever at det stopper opp når de får feilmeldinger, spesielt noen de ikke har sett før. Derfor kan det være en idé å lære dem å finne frem til kilder som kan forklare hva som er feil og hva som kan gjøres. Her vil nok google være av stor nytte. Lær for eksempel elevene å søke opp feilkilden de får. Jeg vil også foreslå å lære dem å ta i bruk kilder som [GeeksforGeeks](#), [W3Schools](#) og [StackOverflow](#), som er nettsider hvor man både kan få svar på spørsmål, men som også forklarer hvordan man kan programmere.

6.5 Konklusjon

Resultatet fra denne oppgaven sier først og fremst noe om hvordan de fire elevene som har blitt observert gjør semiotisk arbeid når de programmerer i fysikk 1, i temaet «fall med luftmotstand». Resultatet kan derimot være med på å vise noen aspekt av nettopp hvordan elever i fysikk 1 gjør semiotisk arbeid.

6.5.1 Elevenes semiotiske arbeid

Fra analysen kom det frem at elevene bruker musepekeren nesten som en forlengelse av armen. Mange av måtene de gestikulerer med musepekeren på kan sammenlignes med hvordan man bruker hender og armer, men det er også litt andre måter som tas i bruk. Ett eksempel på dette er å markere tekst. Det har blitt vist eksempler på bruk av musepeker sammen med tale i form av deiktiske og ikke-deiktiske ord, og uten tale. Slik bruk av musepekeren har jeg valgt å kalle digital gestikulering.

Hvor muntlig aktiv elevene var, og på hvilken måte avhang også av hvilken rolle de hadde. Generelt var pådriver mindre muntlig enn navigatøren. Dette kan være fordi navigatøren som regel ikke hadde mulighet til å uttrykke seg med musepekeren.

Når elevene skulle uttrykke seg, brukte de mange forskjellige semiotiske ressurser for å gjøre det, blant annet fagbegrep, symboler og kode. Noen av disse hadde de nettopp tilegnet seg, og andre var kjent før. Det har blitt sett eksempler på at hvis elevene tok i bruk for mange av disse på én gang så kunne det bli for mye å tolke for den andre tegnmakeren.

6.5.2 Elevenes oppfatning

På tross av at flere av elevene sa de synes programmering er vanskelig, var det også noen som så nytten av å kunne sammenligne det de har simulert med det de har undersøkt i virkeligheten. Fra skjerm- og lydopptakene har man sett at elevene ga litt opp når de fikk en feilmelding som var vanskelig å forstå, noe man også kan se fra fokusgruppeintervjuet hvor én av elevene sa hen gjorde det samme.

7 Litteraturliste

- Airey, J. (2015, 3-5 november). *Social semiotics in higher education: Examples from teaching and learning in undergraduate physics* [Paperpresentasjon]. SACF Singapore-Sweden Excellence Seminars, Concorde Hotel / National Institute of Education, Singapore. <http://uu.diva-portal.org/smash/get/diva2:867422/FULLTEXT01.pdf>
- Airey, J. & Eriksson, U. (2019). Unpacking the Hertzsprung-Russell diagram: A social semiotic analysis of the disciplinary and pedagogical affordances of a central resource in astronomy. *Designs for Learning*, 11(1), 99-107. <https://doi.org/10.16993/dfl.137>
- Airey, J. & Linder, C. (2009). A disciplinary discourse perspective on university science learning: Achieving fluency in a critical constellation of modes. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(1), 27-49. <https://doi.org/10.1002/tea.20265>
- Airey, J. & Linder, C. (2017). *Social semiotics in university physics education*. Springer International Publishing AG. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58914-5_5
- Andersen, M. F. & Munksby, N. (2018). Didactical design principles to apply when introducing student-generated digital multimodal representations in the science classroom. *Designs for Learning*, 10(1), 112-122. <https://doi.org/10.16993/dfl.100>
- Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E. K., Kolstø, S. D., Persson, J. & Renstrøm, R. (2019). *Fysikkdidaktikk* (2. utg.). Cappelen Damm AS.
- Anker, T. (2020). *Analyse i praksis: En håndbok for masterstudenter*. Cappelen Damm Akademisk.
- Baumgartner, E., Bell, P., Brophy, S., Hoadley, C., Hsi, S., Joseph, D., Orrill, C., Puntambekar, S., Sandoval, W. & Tabak, I. (2003). Design-Based Research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Researcher*, 32, 5-8, 35. <https://doi.org/10.3102/0013189X032001005>
- Berg, B. L. & Lune, H. (2012). *Qualitative research methods for the social sciences* (8. utg.). Pearson.
- Bezemer, J. & Kress, G. (2020). Semiotic work in the science classroom. *Cultural Studies of Science Education*, 15(1), 71-74. <https://doi.org/10.1007/s11422-019-09957-4>
- Braun, V. & Clark, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77-101.
- Braun, V. & Clarke, V. (2021). Can I use TA? Should I use TA? Should I not use TA? Comparing reflexive thematic analysis and other pattern-based qualitative analytic

- approaches. *Counselling and Psychotherapy Research*, 21(1), 37-47.
<https://doi.org/10.1002/capr.12360>
- Clarke, V. & Braun, V. (2017). Thematic analysis. *The Journal of Positive Psychology*, 12(3), 297-298. <https://doi.org/10.1080/17439760.2016.1262613>
- Crowder, E. M. (1996). Gestures at work in sense-making science talk. *The Journal of the Learning Sciences*, 5(3), 173-208. https://doi.org/10.1207/s15327809jls0503_2
- Denner, J., Green, E. & Campe, S. (2021). Learning to program in middle school: How pair programming helps and hinders intrepid exploration. *Journal of the Learning Sciences*, 30(4-5), 611-645. <https://doi.org/10.1080/10508406.2021.1939028>
- DeSantis, L. & Ugarriza, D. N. (2000). The concept of theme as used in qualitative nursing research. *Western Journal of Nursing Research*, 22(3), 351-372.
<https://doi.org/10.1177/019394590002200308>
- Flyvbjerg, B. (2004). Five misunderstandings about case-study research. *Sociologisk tidsskrift*, 12(2), 117-142. <https://doi.org/10.18261/ISSN1504-2928-2004-02-02>
- Fredlund, T., Airey, J. & Linder, C. (2012). Exploring the role of physics representations: An illustrative example from students sharing knowledge about refraction. *European Journal of Physics - EUR J PHYS*, 33, 657-666. <https://doi.org/10.1088/0143-0807/33/3/657>
- Fredlund, T., Linder, C., Airey, J. & Linder, A. (2014). Unpacking physics representations: Towards an appreciation of disciplinary affordance. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 10(2). <https://doi.org/10.1103/physrevstper.10.020129>
- Gregorcic, B., Planinsic, G. & Etkina, E. (2017). Doing science by waving hands: Talk, symbiotic gesture, and interaction with digital content as resources in student inquiry. *Physical Review Physics Education Research*, 13(2), 1-17.
<https://doi.org/10.1103/physrevphyseducres.13.020104>
- Hawlitshchek, A., Berndt, S. & Schulz, S. (2023). Empirical research on pair programming in higher education: a literature review. *Computer Science Education*, 33(3), 400-428.
<https://doi.org/10.1080/08993408.2022.2039504>
- Jewitt, C., Bezemer, J. & O'Halloran, K. (2016). *Introducing multimodality*. Routledge.
- Johnson, D. W. & Johnson, R. T. (2009). An educational psychology success story: Social interdependence theory and cooperative learning. *Educational Researcher*, 38(5), 365-379. <https://doi.org/10.3102/0013189X0933>
- Jordan, B. & Henderson, A. (1995). Interaction analysis: Foundations and Practice. *The Journal of the Learning Sciences*, 4(1), 39-103. <http://www.jstor.org/stable/1466849>

- Knain, E., Fredlund, T. & Furberg, A. (2021). Exploring student reasoning and representation construction in school science through the lenses of social semiotics and interaction analysis. *Research in Science Education*, 51(1), 93-111.
<https://doi.org/10.1007/s11165-020-09975-1>
- Kress, G. (2003). *Literacy in the new media age*. Taylor & Francis.
- Kress, G. & van Leeuwen, T. (2001). *Reading images: The grammar of visual design* (2. utg.). London Routledge.
- Kvale, S. & Brinkmann, S. (2015). *Det kvalitative forskningsintervju* (3. utg.). Gyldendal.
- Lee, I., Martin, F., Denner, J., Coulter, B., Allan, W., Erickson, J., Malyn-Smith, J. & Werner, L. (2011). Computational thinking for youth in practice. *ACM Inroads*, 2(1), 32–37.
<https://doi.org/10.1145/1929887.1929902>
- Lytle, N., Cateté, V., Boulden, D., Dong, Y., Houchins, J., Milliken, A., Isvik, A., Bounajim, D., Wiebe, E. & Barnes, T. (2019, 15–17 juli 2019). *Use, Modify, Create* [Paperpresentasjon]. ITiCSE '19, Aberdeen, Scotland UK.
<https://par.nsf.gov/servlets/purl/10122993>
- Mavers, D. (2009). Student text-making as semiotic work. *Journal of Early Childhood Literacy*, 9(2), 141-155. <https://doi.org/10.1177/1468798409105584>
- McComas, W. F. (2014). Meaning making and science learning. I (s. 62-62). SensePublishers.
https://doi.org/10.1007/978-94-6209-497-0_54
- Mellingsæter, M. S. (2014). *Meaning making through use of interactive whiteboards during physics group work : a case study from engineering education* [Norwegian University of Science and Technology, Faculty of Natural Sciences and Technology, Department of Physics]. Trondheim.
- Nowell, L. S., Norris, J. M., White, D. E. & Moules, N. J. (2017). Thematic analysis. *International Journal of Qualitative Methods*, 16(1), 160940691773384.
<https://doi.org/10.1177/1609406917733847>
- O'Halloran, K. L. (1998). Classroom discourse in mathematics: A multisemiotic analysis. *Linguistics and Education*, 10(3), 359-388.
[https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0898-5898\(99\)00013-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0898-5898(99)00013-3)
- Odden, T. O. B. & Russ, R. S. (2019). Defining sensemaking: Bringing clarity to a fragmented theoretical construct. *Science Education*, 103(1), 187-205.
<https://doi.org/10.1002/sce.21452>
- Orban, C. M. & Teeling-Smith, R. M. (2020). Computational thinking in introductory physics. *The Physics Teacher*, 58(4), 247-251. <https://doi.org/10.1119/1.5145470>

- Postholm, M. B. & Jacobsen, D. I. (2018). *Forskningsmetode for masterstudenter i lærerutdanning*. Cappelen Damm Akademisk.
- Reimann, P. (2011). Design-Based Research. I (s. 37-50). Springer Netherlands.
https://doi.org/10.1007/978-90-481-8933-5_3
- Roth, W.-M. & Lawless, D. V. (2002). How does the body get into the mind? *Human Studies*, 25(3), 333-358. <https://doi.org/10.1023/a:1020127419047>
- Sand, O. P., Odden, T. O. B., Lindstrøm, C. & Caballero, M. D. (2019). How computation can facilitate sensemaking about physics: A case study.
- Selander, S. & Kress, G. (2010). *Design för lärande - ett multimodalt perspektiv* Norstedts.
- Svensson, K. & Eriksson, U. (2020). Concept of a transductive link. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2). <https://doi.org/10.1103/physrevphyseducres.16.026101>
- Svensson, K., Eriksson, U. & Pendrill, A.-M. (2020). Programming and its affordances for physics education: A social semiotic and variation theory approach to learning physics. *Physical Review Physics Education Research*, 16, 1-15.
<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.010127>
- Svensson, K., Lundqvist, J., Campos, E. & Eriksson, U. (2022). Active and passive transductions - definitions and implications for learning. *European Journal of Physics*, 43(2), 1-13. <https://doi.org/10.1088/1361-6404/ac3493>
- Terry, G., Hayfield, N., Clark, V. & Braun, V. (2017). The SAGE handbook of qualitative research in psychology. I C. Willig & W. S. Rogers (Red.), (s. 17-37). SAGE Publications. <https://books.google.no/books?id=AAAnIDgAAQBAJ>
- Thomas, G. (2011). A typology for the case study in social science following a review of definition, discourse, and structure. *Qualitative Inquiry*, 17(6), 511-521.
<https://doi.org/10.1177/1077800411409884>
- Tjora, A. (2021). *Kvalitative forskningsmetoder i praksis* (4. utg.). Gyldendal.
- Utdanningsdirektoratet. (2019, 22. mars). *Om algoritmisk tenking og programmering*. Hentet 05.03.2024 fra <https://www.udir.no/kvalitet-og-kompetanse/nasjonale-satsinger/den-teknologiske-skolesekken/om-algoritmisk-tenking-og-programmering/>
- Utdanningsdirektoratet. (2020). *Læreplan i Fysikk 1 (FYS01-02)*. Fastsatt som forskrift. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020. <https://www.udir.no/lk20/fys01-02/kompetansemaal-og-vurdering/kv466>
- Volkwyn, T. S., Airey, J., Gregorcic, B. & Heijkenskjöld, F. (2019). Transduction and science learning: multimodality in the physics laboratory. *Designs for Learning*, 11(1), 16-29.
<https://doi.org/10.16993/df.118>

- Wang, F. & Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational Technology Research and Development*, 53(4), 5-23.
<https://doi.org/10.1007/bf02504682>
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L. & Wilensky, U. (2016). Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), 127-147. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>
- Williams, L. & Kessler, R. R. (2003). *Pair Programming Illuminated*. Addison-Wesley Professional.
- Wing, J. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49, 33-35.
<https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Yin, R. K. (2014). *Case study research design and methods* (5. utg.). Sage Publications Inc.
- Zittoun, T. & Brinkmann, S. (2012). Learning as meaning making. I (s. 1809-1811). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1428-6_1851

8 Vedlegg A: Utdelte oppgaver

Forhåndsoppgave:

På forhånd skal elevene ha kommet frem til et uttrykk for posisjon, hastighet og akselerasjon for et legeme i rettlinjert fall med luftmotstand. Dette skal brukes videre fra og med oppgave 4. Det første vi gjør er å importere de to bibliotekene vi trenger fra Python; matplotlib og math.

```
1 from matplotlib import pyplot as plt
2 import math as m
3 import numpy as np
4
```

Oppgave 1:

Formelen for luftmotstand er

$$D = c * \frac{\rho * v^2}{2} * A$$

Hvor "c" er luftmotstandskoeffisienten, " ρ " er tettheten til luft, og "A" er tverrsnittarealet. Dere har tidligere kommet frem til et uttrykk for kraftbalansen for en kule som faller i fritt fall med luftmotstand. Bruk neste kodesnutt til å definere de konstantene som er nødvendig å ha for å løse oppgaven. Massen og radiusen kan du velge selv, og lufttettheten finner du i fysikkboka.

```
6 # Oppgave 1:
7 M = # massen til objektet
8 c = # luftmotstandskoeffisient
9 rho = # tettheten til luft
10 r = # Radius på kula
11 A = m.pi*r**2 # Tverrsnittarealet på kula.
12 g = # Gravitasjonskonstanten
13
```

Oppgave 2:

Nå som vi har definert konstantene våre, skal vi begynne på selve programmeringen. Utover i denne oppgaven skal vi bruke iterering, altså at vi beregninger i mange små steg, og legger dem sammen for å se hele bildet.

Dette gjør at vi trenger noen verdier for start- og slutttilstanden for kula. Hvilke variabler tror dere vi må definere start- og slutttilstanden til, og hva de verdiene skal være:

Kommenter her:

Oppgave 3:

Deretter må vi definere dem i kode. Nedenfor er det definert forskjellige verdier. Det er også definert tre lister hvor vi senere skal lagre verdiene for strekning, fart og akselerasjon. Alt dette er uten luftmotstand. Lister i python kan lages ved å skrive []. Hvis det ikke står noe i dem er de enn så lenge tomme.

Nå skal du lage de samme verdier og lister for tilfellet med luftmotstand. Gi dem passende navn. Husk at gode navn er navn som gjør det lettere for deg selv (og andre) å skjønne hva de betyr. Trenger du å lage to versjoner av alle?

```
14 # Oppgave 3:
15 tidspunkter = np.linspace(0,10,1000)
16 dt = (max(tidspunkter)-min(tidspunkter))/len(tidspunkter)
17
18 s_uten = 0 # Startposisjon
19 v_uten = 0 # Startfart
20 a_uten = g
21 s_uten_verdier = []
22 v_uten_verdier = []
23 a_uten_verdier = []
24
```

Oppgave 4:

Nå skal vi gjøre beregningene. Dette kan gjøres på flere måter, men denne gangen skal vi bruke en for-løkke.

Tenk over hva som kommer til å endre seg med hensyn på tid, og hvordan vi må uttrykke $de(t)$ for at vi skal få det resultatet vi ønsker.

For å lagre beregningene slik at de kan brukes videre når vi skal plote, må vi lagre verdiene i listene vi laget i oppgave 3 hver eneste gang de beregnes. Dette gjøres ved å bruke ".append()"-funksjonen.

```
33 for i in tidspunkter:
34     v_uten_verdier.append(v_uten)
35     a_uten_verdier.append(g)
36     s_uten_verdier.append(s_uten)
37     v_uten = v_uten + a_uten*dt
38     s_uten = s_uten + v_uten*dt
39
```

Under skal du bruke verdiene du definerte i oppgave 3 til å gjøre beregninger som i cellen over, denne gangen med luftmotstand. Må det være noe annerledes her?

```
34
35 for i in tidspunkter:
36
37
```

Oppgave 5:

Nå skal vi bruke det vi har regnet ut til å lage figurer ved hjelp av biblioteket `matplotlib`. Du skal først lage en graf der du viser hastigheten både med og uten luftmotstand, så skal du lage en ny graf som viser akselerasjonen både med og uten luftmotstand.

For å gjøre figurene fine *kan* man bruke funksjoner som `plt.title()`, `plt.legend()`, `plt.xlabel()` og `plt.ylabel()`, men dette er ikke nødvendig.

Før dere lager grafene, hvilke(n) variable(r) skal være i tillegg til hastighet og akselerasjon? Og hvilken skal være på x-aksen og hvilken skal være på y-aksen?

Kommenter her:

Først kan vi starte med graf over hastigheten. Under er det laget slik at vi plottet hastigheten uten luftmotstand.

Endre på kodesnutten og plott grafene til hastigheten med og uten luftmotstand i same figur.

```
38 # Oppgave 5
39 plt.figure()
40 plt.plot(tidspunkter, ** ,label="Uten luftmotstand")
41 plt.plot(tidspunkter, ** ,label="Med luftmotstand")
42 plt.xlabel("Tid [s]")
43 plt.ylabel("Hastighet [m/s]")
44 plt.title("Hastighet for ball i fritt fall fra tid")
45 plt.legend(loc="upper left")
46 plt.grid()
47 plt.show()
48
```

- Hva kan vi si om disse to grafene?
- Hvilket objekt får høyest fart; den med eller den uten luftmotstand?
- Hva slags type grafer får du opp?
- Hvordan påvirker luftmotstanden hastigheten til et fallende objekt over tid?
- Hvilken effekt har dette på akselerasjonen?

Kommenter her:










Plott så akselerasjonsgrafene med hensyn på tid. Hva kan vi si om den?

- Hvordan endrer akselerasjonen seg over tid med luftmotstanden? Hvorfor?
- Hva er årsaken til at akselerasjonen med luftmotstand gradvis avtar over tid? Hvordan er dette relatert til Newtons lover?
- Er det noen andre grafer dere tenker kan være interessante? I så fall plott dem og lim dem inn.

Kommenter her:

Ekstraoppgave:

Hvis du får tid, utforsk forskjellige kombinasjoner av tverrsnittsareal, typer objekt og kanskje til og med tettheter på luft. Lag grafer av disse og diskuter muntlig hva dere tror gir størst forskjell i akselerasjon og hastighet.

Shape		Drag Coefficient
Sphere		0.47
Half-sphere		0.42
Cone		0.50
Cube		1.05
Angled Cube		0.80
Long Cylinder		0.82
Short Cylinder		1.15
Streamlined Body		0.04
Streamlined Half-body		0.09

Measured Drag Coefficients

9 Vedlegg B: Observasjonsskjema

Observasjonsskjema

Dato: 27.10.23

Tid	Gruppe	Gest	Reaksjon	Intensitet	Kontekst	Kommentar

10 Vedlegg C: Spørsmål til fokusgruppeintervju

- Hvordan synes dere vanskelighetsgraden i oppgavene var lagt opp?
- Hvordan synes dere oppgavene la opp til å forstå hvordan fritt fall med luftmotstand virker? → hva forstod dere?
- Hvorfor tror dere vi bruker programmering i fysikk?
- Er det stort sett programmering eller fysikk dere synes er utfordrende når dere jobber?
- Hvordan synes dere det er å samarbeide når dere programmerer i fysikk?
- Kan dere fortelle hvordan dere jobbet når dere programmerte?
- Hvis dere tenker tilbake på når dere jobbet med programmeringa, hvordan forklarte dere hva dere tenkte til sidemannen?
- Hva slags måter brukte dere på å forklare? Snakking peking, vise med hender osv.
- Hva tenker dere om det å simulere det dere skulle gjøre i forsøket *før* dere gjorde forsøket?
- Hva synes dere om programmering før dette opplegget?
- I hvor stor grad føler dere at dere lærer noe gjennom programmering?
- Hvordan liker dere å jobbe med programmering i timen?
- Hvordan fordelte dere hvem som hadde pc?
- Hva gjorde dere når dere opplevde å få feilmeldinger?

11 Vedlegg D: Intervjuguide

Intervjuguide «Sosialemiotikk ved programmering i fysikk 1»

Denne intervjuguiden er et utgangspunkt for intervjuene som skal gjennomføres. Fordi det i mitt prosjekt er viktig å få kobling mellom det elevene gjør (programmering og oppgaver) og det de sier om det de har gjort (metablikk), vil intervju spørsmålene bli endelig gjennomarbeidet og formulert etter at elevene har deltatt i undervisningen.

Spørsmål elevene har fått på forhånd:

- Hvordan har du brukt programmering på skolen før dette?
- Hva synes du om at du skal ha programmering i fysikk?

Introduksjon:

Takk for at dere er med i dette prosjektet! Det vil forhåpentligvis hjelpe andre fysikkelever. Nå skal vi snakke om hva dere har gjort, og hvordan dere tenkte når dere jobbet med dette. Dette gjør vi for at jeg skal få litt mer kontekst til lyd- og skjermopptakene, sånn at jeg lette kan se hvordan dere har jobbet. Intervjuet kommer til å ta mellom 20 og 30 minutter.

Dataene blir behandlet på samme måte som lydopptakene når dere jobbet med programmeringen. Det betyr at det blir anonymisert, og lagret frem til prosjektslutt i juni. Deretter vil alt bli slettet.

Intervju:

- Hvordan synes dere vanskelighetsgraden i oppgavene var lagt opp? Var det noe dere tenker kunne vært vanskeligere eller enklere?
- Hvordan synes dere oppgavene la opp til å forstå hvordan fritt fall med luftmotstand virker?
- Hvorfor tror dere vi bruker programmering i fysikk?
- Kan dere fortelle om hvordan dere jobbet når dere programmerte?
-

Avslutning:

- Er det noe mer dere vil si eller legge til?
- Tusen takk for at du stilte opp!

12 Vedlegg E: Informasjonsskriv

Vil du delta i forskningsprosjektet «Sosialsemiotikk ved programmering i fysikk 1»?

Formålet med prosjektet

Dette er et spørsmål til deg om du vil delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å undersøke hvordan elever i fysikk 1 bruker programmering til å forstå fritt fall med luftmotstand. Dette er en masteroppgave som trenger data fra elever. Denne dataen skal brukes til å undersøke hvordan elever i fysikk 1 skifter mellom programmeringen, diskusjon og graftolkning. All data skal bli anonymisert i oppgaven.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

Du får denne forespørselen fordi du, sammen med andre i klassen din, har sagt dere villige til å hjelpe meg med bedre bruken av programmering i fysikkutdanningen i norsk skole. Du, sammen med opptil 11 andre elever, skal gjennom skjerm- og lydopptak, og intervju fortelle meg hva dere tenker om bruk av programmering i fysikk.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

Fakultetet for realfag og teknologi ved Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet (NMBU) er ansvarlig for personopplysningene som behandles i prosjektet.

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

Hva innebærer det for deg å delta?

I undervisningen skal du bare gjøre som du vanligvis gjør. Den eneste forskjellen er at i forkant kommer du til å skulle svare på et par spørsmål, og i undervisningen skal det være en lydopptaker på bordet, og det skal tas opptak av PC-skjermen din når du arbeider med programmering og digitale oppgaver. Skjermopptaket skjer via Power Point, så andre programmer du bruker vil også kunne ses. Etter de to dobbelttimene blir det et intervju der du deltar sammen med andre elever i klassen. I dette intervjuet skal dere gi deres meninger om programmering i fysikkundervisningen. Jeg kommer også til å observere klassen, og notere, men dette er ikke informasjon som handler om deg personlig. Informasjon som samles inn om deg er kun navn som brukes til å underskrive dette skjemaet. Dersom du er under 18 år, kan dine foresatte be om å få se spørsmål og intervjuguide på forhånd.

Kort om personvern

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler personopplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. Du kan lese mer om personvern under.

Med vennlig hilsen
Gerd Johansen
Veileder

Knut Sørbø
Masterstudent

Utdypende om personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

De eneste personene med tilgang til personopplysningene i dette prosjektet er masterstudent Knut Sørbø og veileder Gerd Johansen. Navnet ditt vil jeg erstatte med en kode som lagres på en navneliste som er adskilt fra øvrige data. Det vil ikke være mulig å gjenkjenne deg i denne publikasjonen. Opplysninger som utseende, skole, kjønn og alder vil ikke bli publisert, og navnet blir byttet ut med for eksempel «elev 1».

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet har personverntjenestene ved Sikt – Kunnskapssektorens tjenesteleverandør, vurdert at behandlingen av personopplysninger i dette prosjektet er i samsvar med personvernregelverket.

Dine rettigheter

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

- å be om innsyn i hvilke opplysninger vi behandler om deg, og få utlevert en kopi av opplysningene,
- å få rettet opplysninger om deg som er feil eller misvisende,
- å få slettet personopplysninger om deg,
- å sende klage til Datatilsynet om behandlingen av dine personopplysninger.

Vi vil gi deg en begrunnelse hvis vi mener at du ikke kan identifiseres, eller at rettighetene ikke kan utøves.

Hva skjer med personopplysningene dine når forskningsprosjektet avsluttes?

Prosjektet vil etter planen avsluttes 20. juni.

Opplysningene vil da slettes.

Spørsmål

Hvis du har spørsmål eller vil utøve dine rettigheter, ta kontakt med:

- Masterstudent Knut Sørbø
 - Tlf.: +47 41220321
 - E-post: knut.sorbo@nmbu.no
- Veileder Gerd Johansen
 - Tlf.: +47 67231923
 - E-post: gerd.johansen@nmbu.no
- Vårt personvernombud: Hanne Pernille Gulbrandsen
 - Tlf.: +47 40281558
 - E-post: personvernombud@nmbu.no

Hvis du har spørsmål knyttet til Sikts vurdering av prosjektet, kan du ta kontakt på e-post: personverntjenester@sikt.no, eller på telefon: 73 98 40 40.

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet «Sosialsemiotikk ved programmering i fysikk 1», og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å delta i intervju, lyd- og skjermopptak
- å delta i observasjon
- å svare på innledende spørsmål

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

13 Vedlegg F: Definisjoner av endelige koder for gruppe 1

Endelige koder for gruppe 1

Navn	Beskrivelse
Diskusjon av fag	Diskusjon av fag handler om når elevene spesifikt diskuterer fag, programmering og koblingen mellom dem. Det omhandler også om når de diskuterer matematiske symbol og fysiske størrelser.
Forventninger	Forventninger handler om når elevene prøver å forutsi hva som skal være resultatet i en oppgave, eller når de har en form for mestringsforventning.
Lærer forklarer	Lærer forklarer handler om de gangene faglærer forklarte noe for elevene.
Negative holdninger til programmering	Dette handler om hvilke negative holdninger elevene uttrykte om programmering.
Samarbeid	Samarbeid handler for eksempel om hvordan elevene fungerer som pådriver og navigatør, hva de gjør uten noen muntlig forklaring, om de er enige eller uenige om fremgangsmåte og hvordan de angriper oppgavene sammen.
Semiotisk arbeid	Semiotisk arbeid handler om hvordan elevene tar i bruk både fysiske, ikke-fysiske og vedvarende semiotiske ressurser til å drive semiotisk arbeid. Dette kan være for eksempel om de velger å bruke symboler eller hele ord muntlig, hvordan de tolker grafer, og hvordan de gestikulerer med musepekeren

14 Vedlegg G: Definisjoner av endelige koder for gruppe 2

Endelige koder for gruppe 2

Navn	Beskrivelse
Forutser noe som skal skje	Dette handler om når elevene forutser et utfall fra for eksempel programmeringen.
Lærer forklarer	Lærer forklarer handler om de gangene faglærer forklarte noe for elevene.
Programmeringsmessige utfordringer	Dette er hvilke utfordringer elevene møter på når de programmerer, for eksempel om de ikke forstår feilmeldingene, eller om de ikke forstår de kodesnuttene de ikke får utdelt i oppgavene.
Samarbeid	Samarbeid handler om hvordan elevene fungerer som pådriver og navigatør, hvordan de holder motivasjonen oppe, om de er enige eller uenige om fremgangsmåte og hvordan de angriper oppgavene sammen.
Semiotisk arbeid	Semiotisk arbeid handler om hvordan elevene tar i bruk både fysiske, ikke-fysiske og vedvarende semiotiske ressurser til å drive semiotisk arbeid. Dette kan være for eksempel om de velger å bruke symboler eller hele ord muntlig, hvordan de tolker grafer, og hvordan de gestikulerer med musepekeren

15 Vedlegg H: Definisjoner av tidlige koder fra tematisk analyse

Koder fra første koderunde

Navn	Beskrivelse
Fordel programmering	Dette er om elevene ser fordelene til programmering
Forhold til programmering	Dette handler om elevenes forhold til programmering
Forståelse	Dette handler om forståelse gjennom programmering
Gestikulering	Dette handler om hvordan og om de bruker gestikulering til å kommunisere deres meninger
Læring gjennom programmering	Dette handler om hvorvidt elevene tenker og/eller føler de lærer om temaet gjennom programmering
Muntlig forklaring	Dette handler om hvordan og om de bruker verbal forklaring til å kommunisere deres meninger
Opplæring i programmering	Dette handler om hva slags opplæring elevene har fått i programmering på forhånd, og hvordan de foretrekker å bli undervist gjennom det
Programmering vs forsøk	Dette handler om hva elevene tenker om programmering i forhold til forsøk, så for eksempel hva som bør komme først
Samarbeid	Dette handler om hvordan og når elevene samarbeider gjennom opplegget
Sammenligne	Dette handler om sammenligningene mellom programmeringsdelen og Tracker-delen
Tidligere bruk av programmering	Hva/hvordan elevene har brukt av programmering tidligere
Vanskelig programmering	Dette handler om hva elevene anser som vanskelig med programmering, og eventuelt hvor vanskelig det er
Visuelle i programmering	Dette handler om hvilke fordeler og ulemper elevene ser i de visuelle i programmeringen. For eksempel hvordan editoren ser ut, eller hvilke grafer man kan få ut av det

16 Vedlegg I: Definisjoner av tema fra tematisk analyse

Temaer fra tematisk analyse

Navn	Beskrivelse
Bruk av programmering	Dette handler om hvordan elever bruker programmering og videoanalyseprogrammet Tracker og sammenligner resultatene fra de to. Det handler også om hva elevene mener om det visuelle i programmeringsverktøyet og Tracker, altså den pedagogiske affordansen til de to verktøyene.
Forhold til programmering tema	Dette handler om hvilket forhold elevene har til programmering til før. Både hvilke fordeler de ser i bruken av programmering i fysikk, og hvilke ulemper de opplever programmering har. Det handler også om hva slags opplæring elevene har med programmering og hvordan de foretrekker å bli undervist gjennom det.
Forklaring	Dette handler om hvordan de samarbeider, og hvordan de gjør seg forstått gjennom verbal og ikke-verbal kommunikasjon.
Forståelse tema	Dette temaet handler om elevene selv føler de lærer om temaet, og om de viser tegn til forståelse eller meningskaping gjennom det de sier.



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway