



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2023 30 stp
Realtek

Fra erfaring til begrepsforståelse – en utprøving av fenomenbasert undervisning i mekanikk

From experience to conceptual understanding – an
exploration of phenomenon-based teaching in
mechanics

Eivind Leinebø Seljås
Lektor i realfag

Forord

Da var det dags for å sette strek under et fantastisk kapittel i livet. Fem år på Ås har gått ekstremt fort, og det er år jeg ikke ville vært foruten.

For det første vil jeg rette en takk til min veileder, Aksel Hugo. I møte med mitt virvar og surr, har du hatt en utrettelig tålmodighet, og en evne til å skjære gjennom til essensen av det jeg har vært ute etter. Så igjen, tusen takk.

Jeg vil også rette en stor takk til lærerne jeg har fått lov å samarbeide med. Deres form for undervisning og iver i læreryrket har vært til stor inspirasjon for denne oppgaven, og vil fortsette å være det i min egen lærerpraksis.

En stor takk til mine medstudenter som delte masterhverdagen sammen med meg nede i kjelleren på Damgården. Spesielt vil jeg takke Mikael og Sivert, det ville vært et stort tap hvis dere ikke var som noen bautaer der dere satt hver eneste dag på skrivepultene deres. Jeg klarte kanskje ikke å holde meg nede i skyttergrava like lenge som dere, men det var flott å se at det var noen som holdt ut.

Til slutt vil jeg takke alle i Laget på Ås, dere tok meg imot med åpne armer. I tillegg til ufattelig mange minner, turer og opplevelser, har jeg også her fått meg venner for livet. Fortsett å være den ufattelig gode gjengen dere er!

15.06.2023

Eivind Leinebø Seljås

Sammendrag

I denne oppgaven har det blitt undersøkt hvordan man som lærer kan tilrettelegge for elevenes læringsprosess som går fra erfaring til begrepsforståelse i fysikkundervisning. For å finne ut av dette ble det designet et undervisningsopplegg gjennom en designbasert forskningstilnærming som la til rette for denne prosessen i et bestemt kapittel under mekanikkdelen i fysikk: «Bevegelsesmengde». For å kunne trekke ut det generelle i fysikkundervisning fra det spesifikke undervisningsopplegget i bevegelsesmengde, ble erfaringene fra den designbaserte forskningstilnærmingen kombinert med intervjuer med erfarne lærere og et litteraturstudie.

Undervisningsopplegget var delt i to: den ene delen var erfaringsbasert i en ishall og den andre delen var konseptuell i klasserommet. De to delene speilet hverandre, ved at det var de samme konseptene i bevegelsesmengde som ble utforsket, men ved forskjellig abstraksjonsnivå. Ved i den første delen å legge opp til et erfaringsbasert undervisningsopplegg der elevene gikk på skøyter og spilte curling, kunne elevene kjenne selv på kroppen hva bevegelsesmengde innebærer. Som et mellomledd mellom erfaringene de selv hadde opplevd og den konseptuelle begrepsforståelsen, ble det lagt opp til at elevene skulle reflektere og skrive med egne ord det de hadde opplevd. I den andre delen i klasserommet ble det lagt opp til at elevene skulle matematisk løse oppgaver som liknet mest mulig på det de selv hadde erfart på isen. Elevene viste at særlig ved oppgavene som liknet mest mulig på det de selv hadde opplevd så klarte de å matematisk beskrive og løse oppgavene.

For fysikkundervisning generelt argumenteres det for at lærere må finne den begrepsmessige tråden i det de underviser, ved å reflektere over hvordan sammenhengene mellom begrepene kan være forståelig for elevene. Begrepene må ses gjennom elevenes øyne, uten antakelser. Det vises til læreboka Kraft (Fossum et al., 2021) som et hjelpemiddel i å finne den begrepsmessige tråden, ved at boka gir gode forslag til aktiviteter som kan bidra til at elevene kan relatere begreper til sine egne erfaringer. Til slutt argumenteres det for at fenomenbasert undervisning kan bidra til å belyse en helhet for elevene i fysikkfaget. Fysikk er studiet av hvordan verden fungerer og henger sammen, så ved at undervisningen legges tettest opp mot den virkelige verden kan elevene bruke sin naturlige læringsprosess i fysikkfaget på samme måte som hvordan de ellers interagerer med verden på.

Abstract

In this thesis, it has been investigated how teachers can facilitate the students' learning process from experience to conceptual understanding in physics teaching. To explore this, a teaching program was designed through a design-based research approach that facilitated this process in a specific chapter in the mechanics section of physics: «Momentum». To be able to extract the generalities of physics teaching from the specific teaching program in momentum, the experiences from the design-based research approach were combined with interviews with experienced teachers and a literature review.

The program was divided into two parts: one part was experiential in an ice rink and the other part was conceptual in the classroom. The two parts mirrored each other, in that the same concepts of amount of movement were explored, but at different levels of abstraction. In the first part, by creating an experiential learning program where students skated and played curling, the students were able to experience first-hand what the concept of momentum entails. As an intermediary between their own experiences and the conceptual understanding of the concept, the students were asked to reflect and write down in their own words what they had experienced. In the second part of the classroom, the students were asked to mathematically solve problems that were as similar as possible to what they had experienced on the ice. The pupils showed that they were able to mathematically describe and solve the tasks that were as similar as possible to what they had experienced themselves.

For physics teaching in general, it is argued that teachers must find the conceptual thread in what they teach by reflecting on how the connections between the concepts can be understandable to the students. The concepts must be seen through the students' eyes, without assumptions. Reference is made to the textbook Kraft (Fossum et al., 2021) as an aid in finding the conceptual thread, in that the book provides good suggestions for activities that can help students to relate concepts to their own experiences. Finally, it is argued that phenomenon-based teaching can help to illuminate a whole-based approach for students in physics. Physics is the study of how the world works and is interconnected, so by teaching as close to the real world as possible, students can use their natural learning process in physics in the same way as they interact with the world in other ways.

Innhold

Introduksjon	1
1 Teori	2
1.1 Undersøkellesprosessen	2
1.2 Kunnskapstilegnelsen	3
1.3 Fenomenologisk undervisningsteori	4
1.4 Faradays brennende eksempel	5
1.5 Kontekstualiseringen	6
1.6 Fenomenologiens kritikk	6
1.7 Problemstillingen	7
2 Metode	8
2.1 Oppgaven tar form	8
2.2 Designbasert forskning	8
2.3 Det semi-strukturerte intervjuet	9
2.4 Litteraturstudiet	9
2.5 Den hermeneutiske forskningstilnærmingen	9
2.6 Studiens utvalg	10
3 Designet av undervisningsopplegget	11
3.1 Undervisningens rammeverk	11
3.2 Idémyldringen	11
3.3 Parallellen inn i klasserommet	13
3.4 Samarbeidet med hverandre	13
3.5 Refleksjonsspørsmål	13
3.6 Inngangen inn	14
3.7 Å bygge på kompleksiteten	14
3.8 Å finne en rød tråd	15
3.9 Illustrasjon av undervisningsopplegget	16
4 Resultat	17
4.1 Gjennomføring i den første klassen	17
4.1.1 I ishallen	17
4.1.2 I klasserommet	18
4.1.3 Refleksjon etter første runde	19
4.2 Gjennomføring i den andre klassen	20
4.2.1 I ishallen	20
4.2.2 I klasserommet	21
5 Diskusjon	22
5.1 Om undervisningsopplegget	23
5.1.1 Newtons tredje lov	23
5.1.2 Fullstendig uelastisk støt	23
5.1.3 Elastisk støt	25
5.1.4 Behovet	26
5.1.5 Utfordringer i undervisningsopplegget	26
5.1.6 Refleksjonsspørsmålene	27
5.1.7 Refleksjonsspørsmålene innad	27
5.1.8 En helhetlig undervisning	28

5.2	Å bygge en bro	29
5.3	Det større bildet	29
5.3.1	Rommet for å ha det gøy	29
5.3.2	Fysikkfagets plass i skolen	30
5.3.3	Historien som sti	31
5.3.4	Sammenlikning av lærebøkene	32
5.3.5	Løsningsforslagets utfordring	36
5.3.6	Fysikkboka som redskap	37
5.3.7	Å skape en kontekst	38
5.4	Tilbake til start	38
6	Konklusjon	39
6.1	Erfaringer fra utprøvingen	39
6.2	Å forstå og arbeide med oversettingen	39
6.3	En fysikkfaglig forståelse	40
	Referanser	43
A	NSD-skjema for elevene	44
B	NSD-skjema for lærerne	46
C	Intervjuguide under lærerintervjuene	48

Introduksjon

Da jeg tok fatt på dette lærerstudiet for snart fem år siden visste jeg ikke helt hva jeg skulle forvente. Jeg hadde alltid funnet glede i å hjelpe medelever med å forstå konseptene som ble undervist, så jeg tenkte at hvis jeg attpåtil fikk betalt for å gjøre det så var det et yrke jeg kunne leve med. En annen inspirasjon for at jeg gikk lærerveien var min fantastiske fysikklærer på videregående. Sånn jeg husker det hadde han alltid et triks på lager, noe som kunne demonstrere det som ble undervist. For å nevne noen av sprellene hans vi fikk oppleve så skjøt vi med potetkanon, vi målte radioaktiviteten til sauene på gården hans, men det kunne også være enkle gjenstander han tok med for å gi et visuelt bilde av det han gikk gjennom. Jeg husker fortsatt at han introduserte tyngdekraften ved å komme inn i klasserommet med en datamaskin i hånda, for så å hive den opp i lufta og lot den treffe bakken (denne datamaskinen var forøvrig ødelagt fra før av). Snakk om å få oppmerksomheten til en gjeng tenåringer. Hver gang jeg tenker på tyngdekraft, kommer dette bildet av datamaskinen som svever i luften foran meg. En lærer som var villig til å vise slike absurde situasjoner (hvem hiver sin egen datamaskin?) og er villig til å tenke utenfor boksen om hvordan et konsept kan demonstreres på, en sånn lærer ville jeg gjerne bli.

Årene gikk på lærerstudiet, og jeg lærte utrolig mye nyttig både i praksis og i didaktikkforelesningene. Et av de mest sentrale temaene vi diskuterte var den nye læreplanen som kom i 2020, og som ville tre i kraft i det vi begynte å jobbe i skolen. Kanskje den største endringen fra den gamle til den nye læreplanen, i hvert fall for realfagene, var introduksjonen av programmering som et verktøy i undervisningen. Initielt for min egen del hørtes dette helt ypperlig ut, jeg hadde alltid vært interessert i programmering og så at dette verktøyet kunne åpne dørene for mer avanserte numeriske beregninger. Etter hvert så jeg behovet for mer kunnskap blant lærerne for hvordan programmeringen kan brukes på en produktiv måte i undervisningen.

Læreplanen er ny, og det finnes utrolig mange realfagslærere som aldri har hatt programmering før.

En av måtene jeg så for meg at jeg kunne bidra på dette feltet med var å designe et undervisningsopplegg som **som nødvendigjorde programmering som verktøy**. Et aspekt ved introduksjonen av programmering som jeg har erfart er et irritasjonsmoment for mange lærere er at nytteverdien av programmering virker for snever. Både lærere og elever henger seg opp i syntaksen av koden, og så når læreren endelig har gått rundt og hjulpet alle elevene med å fikse feilmeldingene så får de en output som de langt mer intuitivt kunne løst enten i Excel eller Geogebra. Javel, tenkte jeg, la meg forsøke å lage et undervisningsopplegg som nødvendiggjør bruken av programmering ved å skape et problem som ikke enkelt kan løses ved andre hjelpemidler. Retningen jeg så for meg dette undervisningsopplegget ville gå i var en form for simulering av 3D-modeller, som potensielt kunne gi elevene et nytt perspektiv til det gitte konseptet.

Så må jeg si jeg ble inspirert da vår foreleser i PPUT-faget la fram «grunnlaget for fenomenologisk naturfagdidaktikk» i fjor høst. Så inspirert at jeg endret den foreløpige problemstillingen min til masteroppgaven fra å utforske programmering som et verktøy for læring i skolen, til å ta et dypdykk inn i den fenomenologiske verden. Kanskje var det et sitat som vår foreleser tok opp som var særlig gjeldende (Wagenschein, 1983, sitert i Østergaard et al., 2008, s. 93):

«... since I knew that many school children have to suffer lessons in physics that scarcely let them recognise this as the science of nature. Instead, the phenomena of nature are hardly touched upon as the teacher hurries on and goes further into the instrumental, the abstract, the laboratorial, the technical and the mathematical, so that the children no longer can participate with their eyes, ears and hands. Paralysed in a condition as

mere spectators they cannot be physically present with their senses, and for this reason they are also unable to perform the task of abstraction.»

Det var noe tidløst ved det hele, noe som jeg kjente meg igjen i. Programmering er noe jeg ser på som utrolig nyttig, og noe som kommer til å prege samfunnet. På den andre siden er det kun et verktøy i en prosess for å lære (i skolesammenheng), en mulighet for å skape modeller. I tillegg, mest sannsynlig, vil dette verktøyet endre seg. FORTRAN, Pascal og C er alle forgjengere til programmeringsspråket Python, som nå er det programmeringsspråket alle elever skal lære seg. Hvem vet, tåler Python tidens tann?

Slik Wagenschein avslutter med, at elevene nærmest blir tilskuere i en undervisningssetting, det er det jeg har lyst til å utforske og klargjøre i denne masteroppgaven. Det er noe som må ligge til grunn for abstraksjonen elevene må sette seg inn i. Hvilken rolle har fenomener og erfaringer i fysikkdidaktikken i abstraksjonsprosessen? Hvordan er det i det helet tatt mulig å gjennomføres?

I denne sammenheng har jeg vært så heldig å komme i kontakt med to fysikklærere på en videregående skole som NMBU har et samarbeid med. Begge disse lærerne sa seg villig til å teste ut et undervisningsopplegg i klassene deres, der jeg ønsket å se om det var mulig å designe undervisningen slik at elevene selv kunne ta eierskap på læringsprosessen. Tidslinjen på året muliggjorde at jeg kunne ta for meg kapittelet i læreboka Kraft (2021) som omfattet bevegelsesmengde. Dette var et utmerket kapittel å ta utgangspunkt i, fordi bevegelsesmengde er så rotfestet i vår interaksjon med omverdenen. Faktisk er bevegelsesmengde så fundamentalt i fysikk at det ville vært umulig å forklare hvordan verden henger sammen uten å ha en forståelse for dette begrepet. Hvis det er en del i fysikk som kunne vise at elevene kan være med på læringsprosessen, så er det delen om bevegelsesmengde.

Så mitt inngående forskningsspørsmål har

endret seg fra å utvikle et undervisningsopplegg som anvender verktøyet programmering, til å utvikle et undervisningsopplegg som ser på hvilke prosesser som ligger til grunn for at elevene selv er med på læringsprosessen av å gå fra det konkrete til abstraksjon. Dette blir kjernen av masterarbeidet mitt, der jeg ser på praktiske og didaktiske utfordringer og verdier ved å legge opp undervisningen på denne måten. Videre ønsker jeg å se hva som er mulig å trekke ut fra min egen undervisning, inn i den mer generelle fysikkundervisningen. Hva sier læreplanen og lærebøkene om denne type undervisning, blir det lagt opp til at lærere kan jobbe på denne måten?

1 Teori

I dette kapittelet ønsker jeg å gjøre rede for teorien som ligger bak undervisningsopplegget jeg har designet. Først beskriver jeg argumentet til Dewey som går ut på at elever opparbeider seg kunnskap ved å undersøke (Säljö, 2016). Videre legger jeg fram hvordan fenomenologien bygger på Deweys undervisningsfilosofi, og viser til konkrete eksempler på hvordan undervisningen kan gjennomføres (Wagenschein, 1968; Faraday, 2004; Nordal, 2006). Til slutt legger jeg fram noen av de vesentlige kritikkene fenomenologien har av andre tiltredende undervisningsmetoder i dagens naturfag- og fysikkundervisning (Dahlin et al., 2009).

1.1 Undersøkelsesprosessen

John Dewey er en av personene som brakte den vitenskapelige metode inn i undervisningen gjennom sin pragmatisme. Et grunntrekk ved pragmatismen var at kunnskapen (eller den viten som skapes) skulle ha en nytteverdi for elevene (Säljö, 2016). I tillegg var det viktig at elevene selv var med på denne prosessen av vitenskaping. Elevene skulle ikke sitte stille og motta informasjonen ukritisk, de skulle aktivt stille spørsmål ved hvor den vitenskapen kommer fra. Metoden Dewey framla for å få dette til i klasserommet, kalte han for «scientific inquiry».

«Scientific inquiry», eller læring gjennom undersøkelser, bygger på antakelsen fra pragmatismen som mener at læring skjer gjennom elevenes egne erfaringer. Dewey ønsket minst mulig at kunnskapen elevene opparbeidet seg var løsrevet fra både det de tidligere hadde lært, men også deres hverdagsliv. Dette ville medføre at elevene opplevde kunnskapen som mindre relevant, og ville da få en mindre motivasjon til å delta i undervisningen (Säljö, 2016). Dewey mente at denne formen for læring var den måten mennesker alltid hadde opparbeidet seg kunnskap med. Han mente at all vitenskap stammer fra et problem som må løses. Denne vitenskapingen kan være på et hverdagslig plan, men også gjennom forskning i akademisk forstand. For å ta et hverdagslig problem, kan man se for seg at lyset på rommet ikke fungerer. Hva gjør man? Et første steg kunne vært å sjekke om bryteren til lyset er slått på. Videre kunne man sjekket om det gikk strøm gjennom stikkontaktene på rommet, for å utelukke at det ikke er sikringen på rommet som har gått. Hvis sikringen på rommet heller ikke har gått, kunne et neste steg vært å skifte lypæra.

Denne formen for vitenskaping, som både elevene har kjennskap til fra egen hverdag, men som også er gjeldende innen forskning, mente Dewey burde finne sted i undervisningen. På denne måten skapes det en helhetlig undervisning som er kongruent med elevenes egne hverdagsliv. Dewey ønsket ikke å se på denne metoden for en undervisningsmetode, for det la vekt på at det var læreren som sto for opparbeidelsen av kunnskap. Han ønsket heller å se på det som en undersøkelsesprosess, for å legge vekt på at opparbeidelsen av kunnskap kom fra elevenes egne undersøkelser. Dermed skapte han en bro fra vitenskapen og den vitenskapelige metode og inn i klasserommet. Undersøkelsesprosessen kan sammenfattes på denne måten (Dewey, 1938; Handy & Harwood, 1973, sitert i Säljö, 2016, s. 91-92):

1. Først ser eller oppfatter man et eller annet problem.
2. Deretter forsøker man å beskrive og

forstå problemet ved å fastslå hva som er «problematisk» i situasjonen, altså hva spørsmålet er.

3. Så forsøker man å håndtere problemet (manuelt og begrepsmessig) ved å se på sammenhenger mellom hva man ser og hva problemet kan tenkes å være. En viktig komponent her er at man formulerer hypoteser (tenkbare forklaringer).
4. Underveis tester man ut løsninger. Om de ikke fungerer, går man videre ved å utforme mer spesifiserte hypoteser (med utgangspunkt i det man allerede har prøvd).
5. Endelig finner man en tilfredsstillende løsning, eller får alternativt en eller annen form for assistanse for å komme til en løsning.
6. En fortsatt erfaring av det samme problemet fører til at kunnskapen blir befestet, og gradvis oppstår en vane med å håndtere en tilsvarende utfordring.

Dewey forsøkte altså med denne undersøkelsesprosessen å skape et handlingsrom for elevene i klasserommet. Fra å være statiske observatører ovenfor lærerens autoritære undervisning, var det elevene som skulle stå i sentrum av undervisningen.

1.2 Kunnskapstilegnelsen

Undersøkelsesprosessen som Dewey la fram bygger på antakelsen om at læring skjer gjennom elevenes egne erfaringer (Säljö, 2016). Hvordan kan vi som lærere tilrettelegge for dette? Hugo (1995) er et mulig svar på hvorfor denne antakelsen er verdt å bygge en undervisningsdidaktikk rundt. Hugo starter helt fundamentalt med å erkjenne at våre oppmerksomhetsinntrykk som mennesker er **grenseløse**. Hugo forteller at i enhver situasjon er det ikke gitt at din egen oppmerksomhet rettes mot noe spesifikt¹.

¹En historie som illustrerer hvordan vår oppmerksomhet kan rettes. Hentet fra Hugo (1995, s. 9):

Et annet poeng Hugo (1995) tar opp er at det er i sammenhengene mellom erfaringene vi tilegner oss kunnskap. Denne sammenhengen kan vi som lærere tilrettelegge for. Som Hugo viser til kan god undervisning sammenliknes med god fortellerevne, for eksempel gjennom en roman. Gode romaner legger gjerne opp til situasjoner der det må «leses gjennom linjene» for å forstå hva som foregår. Det står ikke eksplisitt, men forfatteren har hatt en klar idé om hvor han ønsker å lede leseren. Denne lesingen mellom linjene er med på å engasjere leseren, istedenfor at leseren passivt mottar historien. Det kreves en abstraksjon av det som blir lest.

I lys av at sammenhengen mellom erfaringer kan skapes, slik en film skapes av bilder, kan læreren skape en **læringsarena** som tilrettelegger for oppmerksom sansing. Denne oppmerksomme sansingen kommer fra et møte med verden, også kalt et **fenomen**. I dette møtet kan det frembringes spørsmål, men også svar fra fenomenet. Dette medvirker til at abstraksjonen som kreves når kunnskapen tilegnes, er rotfestet i elevenes egne opplevelser.

I forhold til min problemstilling er undersøkelsesprosessen og kunnskapstilegnelsen

Som betrakter av min egen oppmerksomhetsbevegelse, kan jeg altså gjøre følgende iakttagelse: Jeg vil ofte se, men ikke høre hva som skjer utenfor mitt åpne vindu. Men, hvis jeg vil, så kan min oppmerksomhet rettes fra det å se etter til det å høre etter. Det første jeg finner bemerkelsesverdig, er at jeg besitter denne egenskap, med viten og vilje å kunne rette min oppmerksomhet fra én sans (å se) over til en annen (å høre). Dernest merker jeg, at jeg også innenfor én og samme sans, kan «bevege» meg. Min hørsels-oppmerksomhet kan f.eks. videre rettes mot det å høre etter noe bestemt. Ja, mot det jeg vil rette den, kan jeg rette den: Hva er det de snakker om, stemmene jeg hører i det fjerne? Eller; hva slags fugler er det ute i kveld? Stadig videre kan jeg, uten å flytte verken meg eller ørene mine, bevege mitt hørselsbilde. Jeg kan gå helt inn i én av fuglelydene, svalelyden for eksempel, og virkelig fordype meg så intenst i den at jeg ingen andre lyder hører - inntil jeg plutselig blir vår at noen, for annen gang, roper innefra stuen at «det er middag».

Så vet jeg da iallefall dette, før jeg reiser meg og går: Jeg er i stand til å rette min oppmerksomhet med hensikt, med intensjon - både mellom sansene og innenfor én enkelt av dem.

relevante fordi de belyser hvordan elever **lærer**. Dette er essensen i det oppgaven min ønsker å finne ut, som er å finne ut av hvordan denne prosessen kan tilrettelegges for. I og med at min motivasjon for å skrive oppgaven kom fra et sitat fra Martin Wagenschein, ble det naturlig å finne ut av hva slags undervisning Wagenschein argumenterte for. Han tok utgangspunkt i en fenomenologisk undervisningsteori, som kan gi oss et svar på hvordan lærere kan tilrettelegge for elevenes læring.

1.3 Fenomenologisk undervisningsteori

Fenomenologisk undervisningsteori tar utgangspunkt i undersøkelsesprosessen som Dewey beskriver, og kunnskapstilegnelsen som Hugo argumenterer for. Ved å ta utgangspunkt i disse to antakelsene kan den nye kunnskapen alltid relateres tilbake til det elevene selv har opplevd. Hvis broen mellom elevenes egne erfaringer og det de har lært før ikke bygges lag på lag fram til den nye kunnskapen som de skal lære, kan det enkelt skapes et skille mellom den gamle og nye kunnskapen (Wagenschein, 1975). Dette kan skape utfordringer senere i læringsprosessen, der elevene kan streve med å se sammenhengen mellom de forskjellige kompetansene de har opparbeidet seg.

For å få til denne brobyggingen som bygger steg for steg fra det konkrete elevene har erfart fram til den abstrakte forståelsen, la Wagenschein fram et konsept han delte i tre: det genetiske, det sokratiske, og det eksemplariske (1968). Han mente at det genetiske, det sokratiske og det eksemplariske måtte være med i undervisningen for å få til denne brobyggingen slik at elevene selv var med på den. Det genetiske aspektet går ut på å arbeide i en prosess som vokser stegvis, der hvert erfaringssteg og forståelsessteg bygger videre på den forrige. Dette aspektet støttes opp av Deweys (Säljö, 2016) undersøkelsesprosess, og at kunnskapen som elevene bygger kommer fra deres eget møte med verden (Hugo, 1995).

Denne stitrækkingen kan relateres til Wagenscheins sokratiske aspekt (Wagenschein, 1968). Det sokratiske aspektet kan ikke overraskende kobles til den sokratiske metode, som går ut på å legge opp til at eleven selv kommer fram til en forståelse av hva som foregår (Hlinak, 2014). Læreren er der bare for å guide elevens oppmerksomhet i en bestemt retning. Østergaard (2011) kaller denne interaksjonen mellom elev, fenomen og lærer for lærerens doble blikk. Læreren kan rette elevens oppmerksomhet enten ved hjelp av verbale spørsmål, eller så kan interaksjonen mellom eleven og fenomenet forsterkes ved å kommentere aspekter ved fenomenet.

Et eksempel kan hentes ut fra termodynamikkens lover. Termodynamikkens andre lov sier at energi alltid ønsker å være i likevekt. For eksempel vil en iskube smelte hvis iskuben tas ut av en fryser og legges eksempelvis på pulten i et klasserom. Det er en temperaturforskjell mellom iskuben og omgivelsene. Så nå ligger iskuben på pulten foran elevene og smelter sakte, men sikkert. Nå kan læreren be elevene plukke opp iskuben og holde den i hånda. Elevene vil **kjenne** at iskuben er kald, og de vil observere at iskuben smelter raskere enn da den lå på pulten. Temperaturforskjellen mellom iskuben og omgivelsene har økt. Dette er en mulig måte å la fenomenet snakke for seg selv, og nødvendiggjør et spørsmål som elevene svarer på. «Hvorfor smelter iskuben raskere når jeg holder den i hånda?». Dermed kan termodynamikkens andre lov illustreres og forstås, uten å ha nevnt en eneste formel eller et abstrakt begrep.

Til slutt legger Wagenschein (2012) fram det eksemplariske aspektet. Det eksemplariske aspektet går ut på at fenomenet som observeres må forankres i elevenes egne oppfatning av verden. Elevene må ha et forhold til det som observeres. Det er lite hensiktsmessig å introdusere elektrisitet til elevene ved å vise dem hvordan en oscillator fungerer. Elevene kunne fint lært seg hvordan oscillatoren fungerer, men de ville ikke forstått **hva de måler**. Dette kan knyttes opp til Freudenthal (1993) sitt poeng, som går på å møte elevene der de befinner seg. Ved å rotfeste

(Østergaard, 2017; Roth, 2015) det introduserte fenomenet i noe elevene har et forhold til fra før av, kan det være med på å motvirke gapet mellom det som blir undervist og det elevene selv opplever.

Fenomenologien og Wagenscheins konsept viser hvordan undersøkelsesprosessen til Dewey kan tilrettelegges for elevene, ved å belyse lærerens rolle i å guide elevene til å konversere med fenomenet. For å illustrere denne prosessen finnes det to eksempler som viser hvordan denne praksisen kan se ut i virkeligheten.

1.4 Faradays brennende eksempel

«The Chemical History of a Candle» (Faraday, 2004) var en rekke forelesninger som i siste omgang ble gjennomført i 1860. Forelesningene ble gjennomført over seks dager, og forelesningene var åpent for det allmenne publikum. Dette skapte protester fra universitetet Faraday underviste på, men Faraday var levende opptatt av å formidle hans interesse for vitenskap til vanlige folk. Undervisningen hadde som hensikt å la publikum ta del i en **fortelling**, der Faraday fulgte stearinlysets livsløp. Dette

Faraday mente at alle fysikkens begreper kunne bli forklart ved å ta utgangspunkt i stearinlyset². Dette kan knyttes til det eksemplariske aspektet til Wagenschein (1968). Fenomenet sto i sentrum av undervisningen, og det spesifikke aspektet som ble studert kunne hentes ut fra det som ble observert, hørt og luktet.

En svakhet ved undervisningen til Faraday kan ved første øyekast tenkes å være at elevene ikke virket å være delaktig i undervis-

²Faraday forklarer selv (Faraday, 2004): «There is not a law under which any part of this universe is governed which does not come into play, and is touched upon in these phenomena. There is no better, there is no more open door by which you can enter into the study of natural philosophy, than by considering the physical phenomena of a candle. I trust, therefore, I shall not disappoint you in choosing this for my subject rather than any newer topic, which could not be better, were it even so good.»

ningen, noe som kan virke som en motsetning med Dewey sin undersøkelsesprosess som forutsetter at det er elevene selv som gjør selve læringen. For det første så er den historiske konteksten viktig. På midten av 1800-tallet var den autoritære lærerrollen den mest framtreddende, slik at ved å sammenlikne med datidens forelesere engasjerte Faraday elevene i en større rolle enn det som var vanlig. I 1860

1.5 Kontekstualiseringen

En person som bygde på Faraday sitt undervisningsopplegg og dro handlingsrommet til elevene enda lenger var Nordal (2006), som i masteroppgaven «Fysikkens levende sammenhenger» undersøkte hvorvidt det var mulig å lage et undervisningsopplegg som tok for seg Wagenscheins konsept om det genetiske, sokratiske og det eksemplariske, og argumenterte for at en viktig komponent for elevenes læring er at de opplever **mening** med den kunnskapen de opparbeider seg.

Nordal hadde ansvar for en skogbrukerklasse i over tre uker, der han skulle lære elevene om mekanikk, en del av fysikkfagets kompetanse. Han startet med å dra ut i skogen med klassen, der de så på forskjellige måter å felle trær på. Dette muliggjorde forskjellige måter å vise eksempler på sentrale begreper i fysikken som moment, akselerasjon, tyngdekraft, og så videre. På denne måten kunne fysikkbegrepene kobles til spesifikke situasjoner som var relevant for elevene. De var vant til å felle trær, det var det de var interessert i og det var det de utdannet seg til. **Konteksten** til hvorfor de lærte om de forskjellige begrepene var grunnlagt i elevenes egne interesser, og deres egne erfaringer.

1.6 Fenomenologiens kritikk

I Dahlin et al. (2009) argumenterer forfatterne for at innen forskning og undervisning har det vokst fram et eget miljø og et eget språk som ikke har rotfeste i faktiske eksperimenter. Det har foregått en matematisering av vitenskap, som har utviklet seg mer og mer ettersom flere bevis og funn antar de tidligere

matematiske bevisene. Dette kaller Dahlin et al. for den ontologiske³ reverseringen: matematikken og de matematiske modellene som skulle forklare virkelige hendelser ble mer virkelig enn de faktiske hendelsene.

Dahlin et al. (2009) gir uttrykk for at det må skje en reversering av undervisningen i naturfag. Det må skje en ontologisk **re-reversering**, men også en epistemologisk⁴ og en pedagogisk reversering. Den ontologiske re-reverseringen handler om å gå tilbake til antakelsen om at kunnskap springer ut fra ens egne erfaringer. Dewey påpeker at det er slik mennesker alltid har lært, og det er slik vi mennesker innhenter kunnskap i dagliglivet også (Säljö, 2016). Det er også helt i linje med det eksemplariske aspektet til Wagenschein (1968), og i tillegg helt sentralt når Wagenschein uttrykker «[...] Paralysed in a condition as mere spectators they cannot be physically present with their senses, and for this reason they are also unable to perform the task of abstraction» (Wagenschein, 1983, sitert i Østergaard et al., 2008, s. 93). Dermed er den ontologiske re-reverseringen med på å bidra til å løsrive elevene fra tilskuerrollen.

Den andre reverseringen Dahlin et al. (2009) argumenterer for er den epistemologiske reverseringen. Dette er en kritikk på hvordan matematiske modeller har blitt mer ekte for elevene enn det modellene representerer. Dette innebærer at elevene baserer nye data og funn på de «ideelle» modellene, istedenfor at de nye funnene kan studeres i sin helhet. Denne kritikken kan rettes mot Piagets kognitive konstruktivisme, som har hatt stor innflytelse på undervisningen de siste femti årene (Imsen, 2014). Piaget mente at eleven bygde på tidligere erfaringer og kunnskap gjennom tilpasning og akkomodasjon, slik at elevens læring var en kontinuerlig prosess. Dahlin et al. (2009) var nok enig i at elevene bygger sin kunnskap på det de tidligere har lært. Likevel kan dette synet på

³Fra gresk: «værende, vesen» og -logi (Bøhn, 2023).

⁴Fra gresk: «Kunnskap, innsikt og erkjennelse» og -logi (Holmen, 2023).

undervisning føre til et søkelys på å få nye funn fra eksperimenter til å stemme med de ideelle modellene som antas å være riktige (Dahlin, 2002; Sjøberg, 2004).

Dahlin et al. (2009) viser til Nordal (2006) sin masteroppgave som et eksempel på hvordan den epistemologiske reverseringen kan utøves i praksis. I Nordal sitt tilfelle var det elevene selv som skapte modellene, modellene sprang ut fra deres egne opplevelser. De abstrakte begrepene som bevegelsesmengde og tyngdekraft avhenger ikke av en abstrakt modell, den springer ut fra det elevene selv har observert og vært med på.

Den siste reverseringen Dahlin et al. (2009) argumenterer for er den pedagogiske reverseringen. Her argumenterer de for at det er nødvendig med et skifte i hvordan vi som naturfaglærere, og da også fysikklærere, erkjenner hvor kunnskap kommer fra. Kunnskap er ikke satt i stein, det er noe som må oppdages på egen hånd (Dahlin, 2002; Wagenschein, 2012). Derfor mener Dahlin et al. (2009) at det er nødvendig å legge opp undervisningen slik at denne oppdagingen muliggjøres, i tråd med Wagenscheins læringsteori om det genetisk-sokratisk-eksemplariske. For å vise til noe konkret, er Faradays 2004 og Nordals (2006) sine undervisningsopplegg gode eksempler på hvordan dette kan gjøres i praksis.

1.7 Problemstillingen

Nordal (2006) sin masteroppgave har vært en tydelig inspirasjon for undervisningsopplegget jeg har designet. I denne oppgaven beskrev Nordal hvordan han brukte elevenes erfaringer (i dette tilfellet en naturbruksklasse som felte trær), og bygde videre på disse erfaringene i klasserommet til å gjøre beregninger av de gitte erfaringene. På denne måten blir det gitt en konkret kobling det elevene har opplevd og det de opparbeider seg av kunnskap inne i klasserommet. Dette konseptet, ved at det går en **parallell** mellom det elevene har kjent og opplevd på kroppen, og det som skjer i klasserommet, har jeg forsøkt å ta med meg i designet av undervisningsopp-

legget.

Dermed kan undervisningsopplegget mitt deles inn i to deler som går parallelt. Den første delen er den erfaringsbaserte delen der elevene får kjent på kroppen fenomenet som skal undersøkes, i mitt tilfelle bevegelsesmengde. Gjennom denne erfaringsbaserte delen får elevene opparbeidet seg kunnskap som de kan ta med seg inn i klasserommet. I den andre delen som vil foregå i klasserommet, vil elevene ha et erfaringsgrunnlag som de kan bruke til å få en faglig begrepsforståelse, som videre kan gjøre dem i stand til å beregne matematisk det de har erfart. Det vesentlige med denne oppdelingen av undervisningen er at de to delene, altså den erfaringsbaserte og delen i klasserommet, er egentlig den samme undervisningen, men i forskjellig representasjonsform. Det er det samme fenomenet som undersøkes, men med forskjellig abstraksjon. Dog ved å starte med det erfaringsbaserte for så å gå til det abstrakte, bidrar dette til en bredere og dypere forståelse av fenomenet som undersøkes (Dahlin, 2002).

I den første delen av oppgaven forsøker jeg å svare på underproblemstillingen min «Hvordan kan man lage et undervisningsopplegg som legger til rette for elevenes oversetting fra erfaring til begrepsforståelse i kapitlet bevegelsesmengde?» med konkrete tiltak og forbedringer som kunne blitt gjort i mitt eget undervisningsopplegg.

Deretter forsøker jeg å generalisere mine erfaringer for å trekke det ut i en større sammenheng, for å svare på hovedproblemstillingen min som er «Hvordan kan fenomenbasert undervisning bidra til oversettingen fra erfaring til begrepsforståelse?». Mine erfaringer gjennom designet av undervisningsopplegget, i tillegg til intervjuene med lærerne og litteraturstudiet vil være det jeg baserer svaret mitt på. I tillegg har jeg satt dette opp mot hvordan lærebøkene i fysikk og læreplanen legger opp til denne type undervisning, og om denne type undervisning er like gjeldende for hele fysikkfaget og ikke bare for bevegelsesmengde.

2 Metode

I dette kapittelet vil jeg først redegjøre for den metodiske tilnærmingen jeg har hatt til denne oppgaven. Deretter vil jeg presentere de tre forskjellige metodene jeg har brukt i oppgaven, for så å vise hvordan de tre metodene henger sammen i forhold til min problemstilling.

2.1 Oppgaven tar form

Jeg kom i dette masterarbeidet med en bestemt hensikt. Jeg ønsket å se på hvordan det var mulig, og hvilke prosesser som lå bak, å lage et undervisningsopplegg som svarte på Wagenscheins (1983, sitert i Østergaard, 2008, s. 92) innledende sitat: «Paralysed in a condition as mere spectators they cannot be physically present with their senses, and for this reason they are also unable to perform the task of abstraction». Dette bunner i mine erfaringer som elev, som resonnererte med det Wagenschein la fram. For å finne ut av dette så jeg det som hensiktsmessig å designe et eget undervisningsopplegg som kunne hente inspirasjon fra tidligere litteratur og studier.

Da det ble klart at jeg ville få muligheten til å gjennomføre et undervisningsopplegg i to klasser på samme skole, så jeg en mulighet til å skaffe verdifull erfaring som kunne være med på å svare på masteroppgavens hovedproblemstilling gjennom å forsøke og teste ut og forbedre et undervisningsopplegg. Begge lærerne jeg ville samarbeide med hadde også lang erfaring som lærere, og hadde attpåtil en spisskompetanse i fenomenbasert fysikkundervisning. For å nevne et prosjekt de begge har hatt en stor rolle i er den nye læreboka Kraft (Fossum et al., 2021), som har et tydelig preg av fenomenbasert undervisningsdidaktikk. Dermed hadde jeg tre innfallsvinkler som kunne være med på å svare på hovedproblemstillingen til oppgaven:

1. Tidligere litteratur og studier.
2. Mitt eget designbaserte undervisningsopplegg.
3. Intervju med samarbeidslærerne.

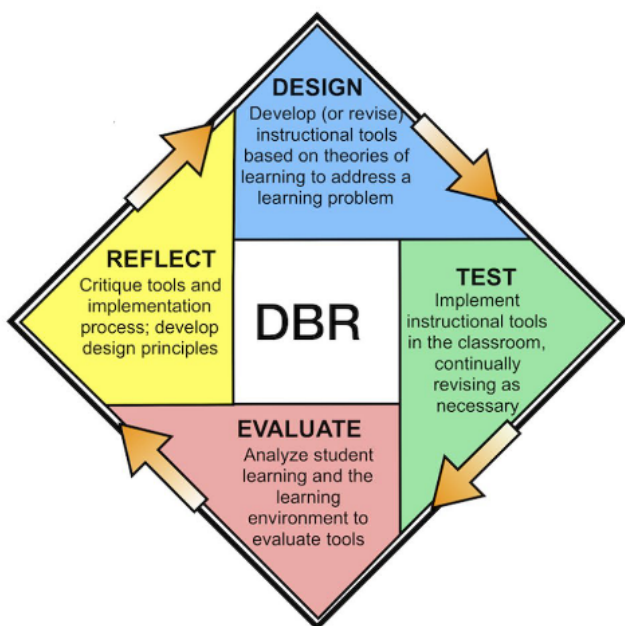
2.2 Designbasert forskning

«Design based research» er en metode innen undervisningsforskning som ble utviklet på 90-tallet (Brown, 1992). Formålet med metoden var å bygge et rigorøst undervisningsopplegg som kunne **forbedres** over tid, og samtidig ha søkelys på et gitt problem. Metoden kan sammenliknes med Deweys undersøkelsesprosess (Säljö, 2016), ved at den følger en liknende iterativ prosess:

1. Først identifiserer man en utfordring innen undervisningen.
2. Deretter forsøker man å beskrive og forstå utfordringen ved å se på tidligere litteratur og studier.
3. Så forsøker man å lage et undervisningsopplegg som takler denne utfordringen.
4. Videre tester man undervisningsopplegget og ser om det har den effekten man ønsker.
5. Så evaluerer man det som fungerte bra, og det som kunne forbedres.
6. Til slutt tar man innsiktene fra første iterasjon, og forsøker å forbedre det til neste iterasjon. Eventuelt kan prosessen avsluttes der det reflekteres over hva som kan generaliseres fra forskningen.

Denne arbeidsmetoden har en sterk parallell med aksjonsforskning (Scott et al., 2020), der også aksjonsforskning går i en iterativ prosess i å teste ut og forbedre et undervisningsopplegg (Gjötterud & Strangstadstuen, 2004). Forskjellen er at designbasert forskning gjerne er i kombinasjon med andre metodiske tilnærminger, som for eksempel intervju og litteraturstudie. Dette kan kobles på den hermeneutiske tilnærmingen jeg har til oppgaven, der det er en kontinuerlig prosess i å gå mellom de forskjellige metodene (Dibley et al., 2020).

Denne arbeidsmetoden har gjort meg i stand til å bringe fram egne funn som kan være med på å belyse underproblemstillingen til oppgaven, som er hvordan man konkret kan lage



Figur 1: Den iterative prosessen i designbasert forskning. Bilde hentet fra Scott et al. (2020, s. 2).

et undervisningsopplegg som legger opp til elevenes oversetting fra erfaring til begrepsforståelse.

2.3 Det semi-strukturerte intervjuet

I mitt masterarbeid var jeg så heldig å få teste undervisningsopplegget mitt i to klasser. Disse to klassene hadde så klart to lærere, og de hadde begge lang fartstid i å undervise i fysikk. Nærmere bestemt hadde de lang fartstid i å undervise fenomenbasert fysikk, noe som gjorde det ypperlig å ha en samtale med dem om mitt eget undervisningsopplegg, men også hvordan de ser på fysikkundervisning generelt. Denne samtalen ble strukturert gjennom et semi-strukturert intervju.

Intervju er en kvalitativ datainnsamlingsmetode som er ute etter å få høre intervjudeltakerens perspektiver rundt en bestemt tematikk (Postholm & Jacobsen, 2018). Det finnes hovedsakelig tre forskjellige intervjuformer: det strukturerte, det ustrukturerte og det semi-strukturerte intervjuet (Anker, 2020). I denne oppgaven har jeg anvendt det semi-strukturerte intervjuet. Grunnen til det

er at denne formen for intervju virket til å passe best for å fremme lærernes erfaringer med fenomenbasert undervisning. Begge deltakerne i intervjuet er med på å påvirke retningen samtalen går i, men det er fortsatt rom fra intervjueren sin side til å styre samtalen mot det man ønsker å finne ut.

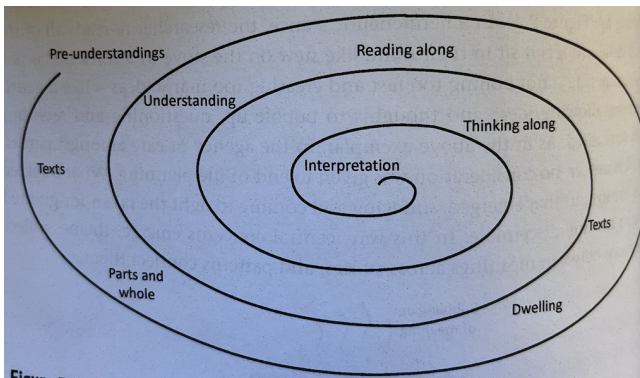
2.4 Litteraturstudiet

I denne oppgaven har jeg hatt et eksplorativt blikk når det kommer til litteraturstudiet i teorikapittelet. Ifølge Dibley et al. (2020) er et eksplorativt litteraturstudie passende med en hermeneutisk forskningstilnærming ved at forskningsspørsmålet ofte ikke er så presist innledningsvis. Gjennom en gjennomgang av relevant litteratur begynte problemstillingen min å ta form. Mitt utgangspunkt til den fenomenbaserte undervisningsdidaktikken var Martin Wagenschein sitt innledende sitat i denne oppgaven, slik at det ble naturlig å begynne med hans undervisningsteori. Derfra brukte jeg den såkalte «snøballeffekten» ved å lese forskning og studier som hadde referert til Wagenschein (Østergaard et al., 2008; Østergaard, 2011; Dahlin, 2002). Fra disse kildene fant jeg eksempler på hvordan fenomenbasert hadde faktisk blitt gjort, og de mest fremtredende var Faraday (2004) og Nordal (2006). Til slutt i det innledende litteratursøket forsøkte jeg å finne ut av hvilke læringsprosesser som fenomenologisk undervisningsteori baserer seg på, som gjorde at jeg endte opp på Hugos (1995) beskrivelse av kunnskapstilegnelse og Deweys undersøkelsesprosess (Säljö, 2016).

Etter det påfølgende litteraturstudiet som jeg brukte for å konstruere det designbaserte undervisningsopplegget gikk jeg tilbake til litteraturen hvis jeg ikke fant svar fra det opprinnelige litteratursøket.

2.5 Den hermeneutiske forskningstilnærmingen

Prosessen jeg har fulgt for å sammenlikne og analysere de tre innfallsvinklene er en hermeneutisk forskningsmetode. Denne me-



Figur 2: En illustrasjon av den hermeneutiske sirkelen, med hensyn på intervju (Dibley et al., 2020, s. 128).

toden kan beskrives ved hjelp av den hermeneutiske sirkelen (Grennes, 1997; Dibley et al., 2020), som går ut på å gå frem og tilbake mellom de forskjellige innfallsvinklene. Arbeidsmåten er utforskende ved at et funn fra en av innfallsvinklene som er med på å forklare og svare på forskningsspørsmålet, nødvendiggjør å gå tilbake til de andre innfallsvinklene.

For mitt eget masterarbeid var dette helt avgjørende for å diskutere rundt undervisningsopplegget jeg designet. Det som startet som et ønske om å finne ut av hvilke prosesser som lå til grunn for elevenes abstraksjonsprosess, gjorde at jeg ville lage et undervisningsopplegg som la til rette for dette. For å finne ut av hvordan jeg kunne designe et undervisningsopplegg måtte jeg gjøre et litteratursøk som kunne belyse hvordan dette kunne gjøres, og om det hadde blitt gjort noen tilsvarende studier tidligere. Under undervisningsopplegget kunne jeg diskutere med samarbeidslærerne om hva de mente kunne forbedres, og i etterkant av undervisningsopplegget kunne jeg bruke det jeg hadde erfart til å utforme en intervjuguide til lærerintervjuene. I lys av det som ble diskutert i intervjuene kunne jeg da se med et nytt blikk på teorien jeg hadde basert undervisningsopplegget på, og se om det var noen forskjeller mellom det vi hadde sett i undervisningsopplegget og det teorien beskrev.

2.6 Studiens utvalg

Hvordan jeg ville teste ut undervisningsopplegget skjedde egentlig ganske snodig. Jeg hadde forklart til veilederen min at jeg ønsket å teste ut et undervisningsopplegg på en skole. På den tiden hadde jeg en annen veileder, fordi jeg ville opprinnelig lage et undervisningsopplegg som brukte programmering som et verktøy. Veilederen min på den tiden fikk meg i kontakt med denne læreren, i denne oppgaven kalt Per, som var positiv til idéen om å lage et undervisningsopplegg med programmering som hovedtema. Plutselig sent i høst fikk jeg det for meg at jeg ønsket heller å teste ut et fenomenbasert undervisningsopplegg. Dette gjorde at jeg fikk en ny veileder som hadde lang erfaring med fenomenbasert undervisningsteori.

Heldigvis trengte jeg ikke å finne en ny lærer som var villig til å være med på et fenomenbasert undervisningsopplegg, Per syntes dette også hørt interessant ut. I prat med Per og veileder om hvordan et undervisningsopplegg kan testes ut, fortalte Per at en annen fysikklærer på den samme skolen, i denne oppgaven kalt Marianne, hadde også erfaring med fenomenbasert undervisning. Både Marianne og Per hadde fysikk 1, og hadde kommet like langt i pensum. Dette muliggjorde at jeg kunne teste ut et undervisningsopplegg i en iterativ prosess gjennom designbasert forskning, og kunne forsøke å forbedre det til andre gjennomgang. I tillegg passet tidsplanen i de to fysikklassene slik at det passet ypperlig for meg å kunne ta for meg kapitlet «Bevegelsesmengde». Dette var et passende kapittel for denne oppgaven ved to aspekter: Den første er at dette kapitlet ikke har for mange begreper som elevene må lære seg. Det andre aspektet er at bevegelsesmengde, som andre mekanikkbegreper, er en av de enklere konseptene i fysikk til å demonstreres fysisk. Dermed hadde jeg uten enorm egeninnsats fått en glimrende mulighet til å designe et undervisningsopplegg som kunne forbedres gjennom to klasser, og i tillegg fikk teste det ut i et emne i fysikk som er enklere å gjennomføre et fenomenbasert undervisningsopplegg i.

3 Designet av undervisningsopplegget

I dette kapittelet presenterer jeg rammeverket som ble brukt da undervisningsopplegget ble designet. Videre forsøker jeg å beskrive hvilke rammefaktorer som måtte tas hensyn til, og hvordan designet er grunnlagt i teorien som ble beskrevet i forrige kapittel.

3.1 Undervisningens rammeverk

For å finne et rammeverk jeg kan designe undervisningsopplegget ut fra, har jeg sett på Knain et al. sin artikkel «Representing to learn in science education: Theoretical framework and analytical approaches» (2017). Undervisningsopplegget som følger av å bruke dette rammeverket legger opp til det Tytler et al. (2013) kaller «guided inquiry», en framgangsmåte som støtter elevenes reise mellom forskjellige representasjonsformer. Dette kan igjen kobles opp mot Østergaards «doble blikk» (2011), der læreren må ha et blikk for faget og et blikk på elevene og hvor de kommer fra. Knain et al. (2017) kaller det for «the third space», stedet mellom lærerens didaktiske opplegg og elevenes hverdagsforestillinger. Handlingsrommet til elevene er ikke satt i stein, det er rom for tilpasning innad i undervisningsopplegget opp mot de enkelte elevene. Rammeverket jeg har forsøkt er følgende (Knain et al., 2017, s. 6):

1. When planning the teaching, the teacher should determine the central disciplinary concepts and theories to be taught. This is the starting point for identifying the central representations that the students should work with to learn about the science content. The representations should be used in formative and summative assessment.
2. The teacher should craft a trajectory of tasks and activities for students, in which they get to express and explore their own ideas, extend them to

new situations and integrate them. Students should be able to experience activity sequences as meaningful and interesting.

3. The teacher should focus explicitly on the form and function of different representations and explicate how different elements in the representation stand in relation to experience, phenomena and concepts. The assumption here is that students will be encouraged to see the connections between a representation and what it represents.
4. The students need practice in producing their own representations in order to enhance and demonstrate their understanding.
5. Students should be encouraged and supported in using different representations and in trying to see the connections between them. They should come to appreciate that different forms of representation have different possibilities and that several representations will be needed to explain a phenomenon.
6. The students need opportunities to discuss their own representations in relation to the teacher's representations (and/or those of other authoritative sources). They should have the opportunity to practice to judge the quality and relevance of their own representations.
7. Teachers should point to similarities between how researchers use representations and how students use them.

3.2 Idémyldringen

Dette designet av undervisningsopplegget har blitt laget i samarbeid med både veileder og lærerne jeg har samarbeidet med underveis. Uten deres innspill ville ikke undervisningen blitt i nærheten av så bra som det ble. Den første tanken jeg hadde da jeg fikk høre at jeg kunne lage et undervisningsopplegg som innebar bevegelsesmengde, var at

det passet utmerket til fenomenbasert undervisning. Bevegelsesmengde er en del av mekanikken i fysikk, der det er gode muligheter for å vise konsepter gjennom eksempler og eksperimenter.

Gjennom samtaler og diskusjoner fikk vi idéen om å ha undervisningen på is. Da jeg selv var elev på videregående, men også mens jeg har gått på universitetet har det ofte vært en av to formuleringer i oppgaven som må løses: (1) Se bort ifra friksjon, eller (2) Se for deg at du er på is. Begge formuleringer betyr egentlig det samme, og det er å gjøre fysikken simplere slik at vi kan gjøre beregninger som «stemmer» med fysikkens antakelser. Imidlertid mener jeg dette motstrider med Wagenscheins (1968) og Dahlins (2002) poeng som eksemplifiseres av Faraday (2004) og Nordal (2006) om å ta utgangspunkt i det som faktisk elevene erfarer og bygge ut fra de opplevelsene.

Argumentet for hvorfor de som lager disse oppgavene velger å ta med en av disse to antakelsene er forståelig, men i lys av det jeg nevnte ovenfor mener jeg det medfører en fremmedgjøring Østergaard, 2017 av elevenes egne læringsprosess, og gjør dem til tilskuere i sin egne kunnskapsreise. Men hva om elevene selv hadde vært på isen? Da ville antakelsen som brukes for å gjøre det enklere å gjøre beregninger vært rotfestet i elevenes egne opplevelser. Dermed var idéen om å ha undervisningen på isen en realitet.

Videre drøftet vi hva slags aktiviteter som skulle innebæres for elevene, og vi kom inn på at det hadde vært interessant hvis elevene kunne kjenne på bevegelsesmengde på kroppen. En visuell måte å se hva bevegelsesmengde er, er ved å studere kollisjoner. Dermed tenkte vi at vi kunne legge opp til at elevene kunne kolliderer i hverandre. Dette ville øke det sanselige handlingsrommet (Hugo, 1995) til elevene ved at de ikke bare kunne observere bevegelsesmengde, men de kunne også kjenne overføringen av bevegelsesmengde ved at de selv ble dyttet. Analogien til curling ble tatt opp, noe jeg var positiv til. Jeg hadde en formening om at sporten curling ikke var for fremmed, og hvis det var noen

av elevene som ikke hadde noe forhold til det fra før av så var reglene temmelig simple.

Begrepet bevegelsesmengde blir gjerne brukt og anvendt når det oppstår situasjoner eller oppgaver som innebærer kollisjoner, eller støt. Det skilles hovedsakelig mellom tre typer støt: elastisk støt, uelastisk støt og fullstendig uelastisk støt. I et elastisk støt er både kinetisk energi og bevegelsesmengde bevart. I og med at curling gjennomføres på is og steinene som brukes er av samme størrelse og masse, mente jeg at curling kunne være et godt eksempel på å illustrere elastiske støt. I et uelastisk støt er ikke den kinetiske energien bevart, det kan forsvinne kinetisk energi i for eksempel friksjons- eller varmetap. Denne typen støt syntes jeg ville være mer utfordrende å illustrere matematisk, koblingen ville ikke være like tydelig. Dermed så jeg vekk fra det uelastiske støtet, og tok for oss det siste begrepet som omhandler bevegelsesmengde, nemlig fullstendig uelastisk støt.

Et fullstendig uelastisk støt beskriver en kollisjon der de to partene i kollisjonen blir til én masse, og beveger seg videre med samme fart. Her kom idéen om å gå på skøyter opp, og som passet ypperlig for undervisningsopplegget jeg hadde sett for meg. Elevene kunne bruke hele kroppen og alle sansene, gjennom sine egne erfaringer, til å studere hva bevegelsesmengde innebærer.

Dermed hadde vi kommet fram til to aktiviteter som viste de to ytterpunktene som illustrerer bevegelsesmengde, elastisk støt og fullstendig uelastisk støt. Etter å ha kommet fram til disse to aktivitetene hadde de sentrale konseptene i bevegelsesmengde blitt adressert, og steg én i Knain et al. (2017) sitt rammeverk hadde blitt diskutert. I disse aktivitetene lå forhåpentligvis all kunnskapen elevene trengte til å trekke ut hva bevegelsesmengde innebærer, og som de kunne bygge på videre.

3.3 Parallellen inn i klasserommet

Videre til steg to i rammeverket til Knain et al. (2017). Dette steget går ut på å skape en fortelling, eller en kontekst, som flyter gjennom undervisningen. En mulig inngang til bevegelsesmengde er Newtons tredje lov, ettersom Newtons tredje lov antar at bevegelsesmengde er bevart. I møtene med lærerne jeg samarbeidet med fikk jeg høre at det var cirka seks måneder siden klassene hadde hatt om Newtons lover. Dermed kom vi fram til at det kunne være en fordel å ha en startaktivitet i forkant av de to aktivitetene som omhandlet elastisk støt og fullstendig uelastisk støt, som tok for seg Newtons tredje lov. En slik startaktivitet kan kobles til Wagenscheins «point of entry» (Wagenschein, 2012), og vil med det rotfeste kunnskapen om bevegelsesmengde med det de tidligere hadde lært om mekanikk (Østergaard, 2017).

De neste stegene i rammeverket (Knain et al., 2017) handler om å tilrettelegge for at elevene kan få et innblikk i hvordan forskjellige representasjonsformer kan fortelle den samme kunnskapen, men med forskjellige innfallsvinkler (Knain & Hugo, 2007). Her er det jeg mener er styrken i undervisningsopplegget vi kom opp med. Da vi begynte å diskutere hvordan undervisningen skulle se ut, var jeg mest interessert i den erfaringsbaserte undervisningen, og så for meg å ha all undervisningen ute på isen. Imidlertid kom veilederen min med et innspill om at det virkelig interessante er hvordan elevene kan bruke erfaringene de gjør seg på isen til å få en bedre forståelse når de kommer inn i klasserommet og skal jobbe med oppgaver. Derav kom idéen om å ha et todelt undervisningsopplegg, der den ene delen foregikk ute på isen og den andre delen foregikk i klasserommet. Hensikten var å skape to **parallele** undervisningsdeler, slik at koblingen mellom den erfaringsbaserte representasjonen og den matematiske representasjonen ble så klar som mulig. For eksempel hvis elevene hadde spilt curling i ishallen, kunne det blitt lagt opp en oppgave i klasserommet som var lik det de selv gjorde

i ishallen.

3.4 Samarbeidet med hverandre

I prat med samarbeidslærerne ble det nevnt at de ofte brukte i sine egne undervisningstimer at elevene jobbet i grupper på hver sin tavle. Ved at elevene jobbet på tavler kunne læreren gå rundt og få innblikk i tankeprosessene og diskusjonene som elevene hadde. Dette tilrettelegger for det sokratiske aspektet til Wagenschein, ved at læreren kan enklere se hvor det stopper opp, og veilede derfra. Et annet aspekt med denne formen for undervisning er diskusjonen det frembringer mellom elevene. Samarbeidslærerne fortalte at det ofte hendte diskusjoner innad i gruppen, der elevene argumenterte om hva som var rett. Dette kunne gi elevene en dypere forståelse i hvordan en oppgave kan tolkes, noe som står i samsvar med steg seks rammeverket til Knain et al. (2017) som sier at elevene trenger øving i å se hvordan forskjellige representasjoner henger sammen.

3.5 Refleksjonsspørsmål

For å gjøre overgangen mellom elevenes egne erfaringer fram til at de kan representere konseptene i bevegelsesmengde matematisk, så ønsket jeg å sette av tid mellom aktivitetene i ishallen til at elevene kunne svare på et par refleksjonsspørsmål. Dette ville bli et nytt steg i overgangen mellom elevenes egne erfaringer og en matematisk forståelse, og støttes av Wagenscheins genetiske aspekt (Wagenschein, 1968). Ved å la elevene beskrive det de hadde opplevd med egne ord, kunne det være første steget i oversettingen fra elevenes konkrete erfaringer til en forståelse og en anvendelse av de komplekse begrepene. Dette kan kobles til Wagenscheins sokratiske aspekt om å bruke spørsmål til å veilede elevene på veien til en dypere forståelse. Arons (1982) argumenterer for at slike «pauser med refleksjon» er nødvendige for å legge til rette for elevenes egne undersøkelsesprosess (Säljö, 2016).

3.6 Inngangen inn

Per gav meg idéen om å begynne undervisningen med et innledende **undringsspørsmål**. Hensikten med dette undringsspørsmålet ville være å gi elevene en smakebit på det neste de skulle ta for seg, og som kunne trigge et behov for å finne ut av dette, som spiller inn på det første punktet i Deweys undersøkelsesprosess, som erkjenner at enhver undersøkelse begynner med å innse at det er et problem som må løses (Säljö, 2016). Et innledende undringsspørsmål kunne også bidra med å svare på en utfordring som sto i kjernen for hvorfor jeg ønsket å skrive denne oppgaven, det kunne være med på å svare på det evige spørsmålet: «Hvorfor skal vi lære det her?».

Kanskje det viktigste aspektet ved undringsspørsmålet ble påpekt av veilederen min. Det gikk ut på å ikke gi svaret med en gang, men å la det ligge åpent gjennom hele undervisningsopplegget, for så å ta det opp i plenum til slutt. Dermed kunne elevene fundere over dette spørsmålet mens de gjorde aktivitetene ute på isen og gjorde beregninger i klasserommet, for da å forhåpentligvis ha opparbeidet seg kunnskapen som trengtes for å selv komme fram til svaret til dette undringsspørsmålet. Da kunne undringsspørsmålet være bindeleddet som gjorde at elevene ville se tilbake på det de hadde lært, og reflektere over hvordan de forskjellige representasjonsformene forklarer det samme konseptet, men på forskjellige måter (Knain & Hugo, 2007).

3.7 Å bygge på kompleksiteten

Opp til dette tidspunktet hadde søkelyset vært på å introdusere begreper som omhandlet bevegelsesmengde med forskjellige representasjoner. Den første representasjonen var i ishallen som tok utgangspunkt i elevenes egne opplevelser. Den andre representasjonen var svarene på refleksjonsspørsmålene som ville bidra til en oversetting av elevenes opplevelser til en beskrivelse med elevenes egne ord. Den siste representasjonen ville være å oversette beskrivelsen av det de hadde opp-

levd til en matematisk forståelse og anvendelse gjennom å løse en oppgave som liknet på det de hadde opplevd. Ved at elevene var aktivt med i abstraksjonsprosessen ville de forhåpentligvis sitte igjen med en dypere forståelse av hvordan begrepene kan forstås.

Jeg hadde et ønske om å se om det var mulig å gå et steg videre i abstraksjonsprosessen, ved å ha et avsluttende eksperiment. Eksperimentet ville bygge på de tidligere konseptene vi ville se på i ishallen og klasserommet, men jeg ønsket å finne et passende eksperiment der de måtte kombinere forskjellige aspekter ved det de hadde lært. Målet er jo å få elevene opp på en kompetanse som gjør at de kan bruke det de har lært som er rotfestet i egne opplevelser, til å løse mer komplekse oppgaver. Her kunne programmering også kommet inn i bildet, ved å komme **etter** abstraksjonsprosessen fra sine egne erfaringer. Dog ble det nevnt et eksperiment som jeg mente passet ypperlig, og det var et eksperiment som elevene kunne bidra på selv. Det gikk ut på å ha en basketball, og en tennisball. Tennisballen plasseres oppå basketballen, slik at de oppfører seg som én masse. Tennisballen og basketballen slippes fra en gitt høyde, og basketballen vil treffe bakken. En del av bevegelsesmengden til basketballen vil bli overført til tennisballen, og siden massen til tennisballen er langt lavere vil tennisballen få en enorm økning i fart. Ved å måle høyden som ballene blir sluppet fra, og tiden det tar fra basketballen treffer bakken til den er på sitt høyeste punkt, vil det være mulig å regne ut farten til tennisballen.

Hvis elevene fikk til dette eksperimentet, ville det være en indikator på at de hadde forstått hvordan det er mulig å anvende konseptene de hadde sett i ishallen og i klasserommet. De ville også måtte bruke energiloven og bevegelseslikningene, konsepter de hadde vært gjennom fra før av. Jeg ville blitt positivt overrasket hvis flesteparten fikk dette til, men jeg mente det var en god måte å se hvor langt abstraksjonspressen kan dras på så kort tid.

3.8 Å finne en rød tråd

Så nå gjenstod det bare å få alle disse aspektene inn i undervisningen. Undringsspørsmålet var jeg veldig fornøyd med, ved at det kunne bidra til å skape et behov for å lære det de skal lære, i tillegg til å være et punkt å komme tilbake til og svare på etter de har lært det de har lært. Slik at behovet blir mettet. Dette ligger tett opp mot Wagenscheins eksemplariske aspekt, ved at inngangen til konseptet elevene skal lære om ligger tett opp mot å få svar på hvordan deres egen verden fungerer. Dette er også i tråd med Dahlin et al. (2009) sin ontologiske reversering, som går ut på å ta utgangspunkt i elevenes egne livsverden.

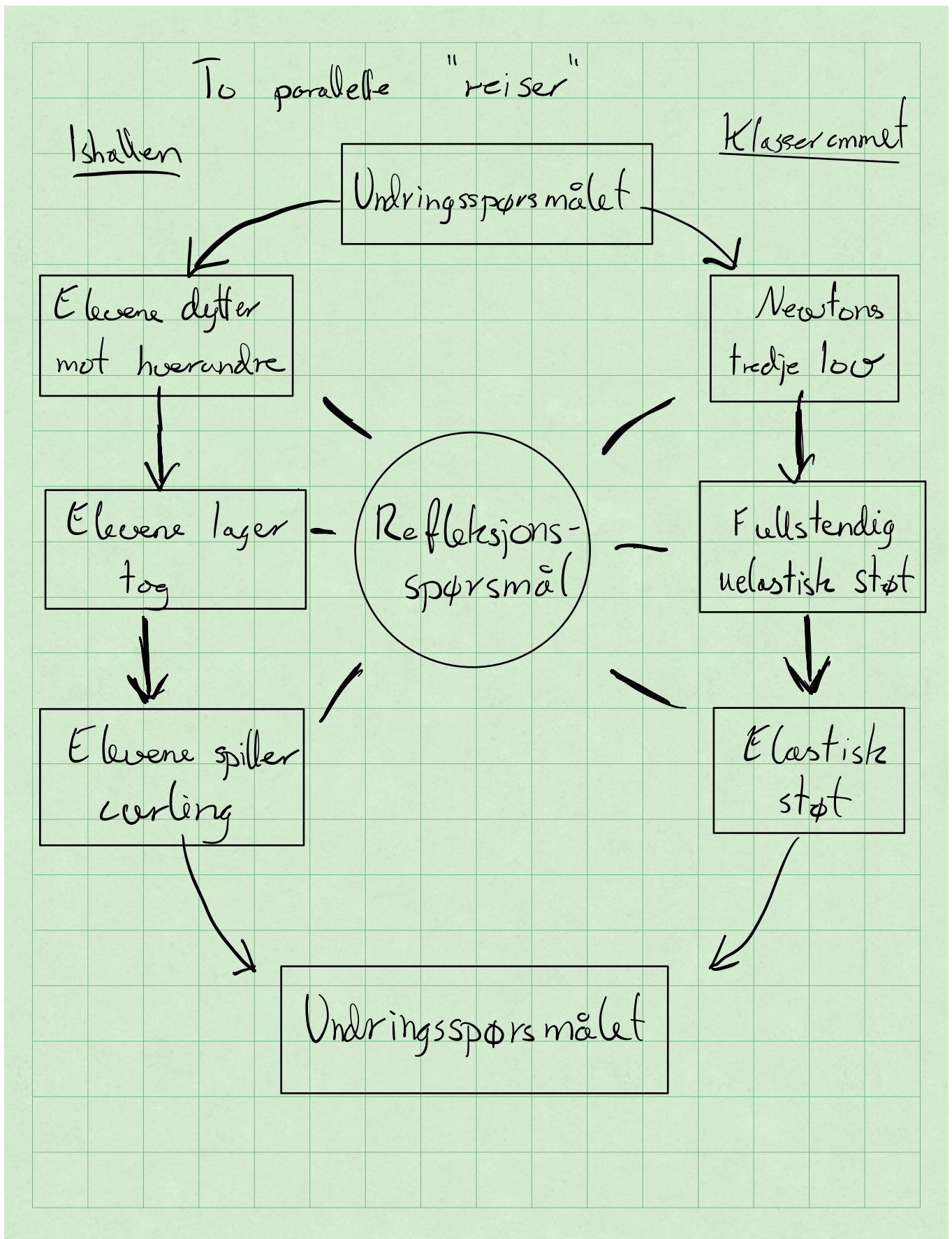
Videre ville undervisningen i ishallen komme først, slik at rekkefølgen som ble brukt i ishallen ville også bli brukt i klasserommet. Dette var bevisst for å tydeliggjøre for elevene at de gjorde den samme «reisen» med de samme konseptene, men at det ble gjort med forskjellige representasjoner. Newtons tredje lov var naturlig å begynne med, og aktiviteten som omhandlet Newtons tredje lov var ment å gjøres med skøyter på. Til aktiviteten som omhandlet fullstendig uelastisk støt så trengte elevene også skøyter slik at det ble naturlig å ha denne aktiviteten etter Newtons tredje lov. Til den siste aktiviteten som omhandlet elastisk støt trengte ikke elevene å ha på seg skøyter, og slik passet det å ha en pause med refleksjonsspørsmålene som jeg hadde forberedt til det de ville ha gjort hittil, mens de fikk av seg skøytene.

Det ville da bli samme rekkefølge i klasserommet, altså å starte med Newtons tredje lov og da utlede at bevegelsesmengde må være bevart i et isolert system. Deretter gå videre og regne på et eksempel som omhandler et fullstendig uelastisk støt og som likner på da de lagde tog i ishallen. Videre jobber de på samme måten om det elastiske støtet, ved å ta utgangspunkt i da de spilte curling. Til slutt ville elevene forsøke seg på eksperimentet med tennisballen og basketballen, for å se hvor langt abstraksjonsprosessen kan dras.

Illustrasjonen i neste seksjon illustrerer en

representasjon av hvordan designet av undervisningsopplegget har blitt utformet. Faraday brukte et stearinlys til å vende tilbake til noe elevene hadde kjennskap til. Dette ga dem noe konkret å rotfeste kunnskapen i. Dog la ikke Faraday opp til at elevene kunne bruke alle sansene, Faraday gjorde selv alle aktivitetene og forklarte ved siden av. Nordal tok denne formen for undervisningsdesign og gikk et skritt videre ved å legge opp til at elevene selv gjorde aktivitetene. Han fant en kontekst som var rett for de elevene han underviste, og brukte det som inngang (elevene var skogbrukere så de var ute og felte trær). De fleste fysikklærere har ikke en så klar kontekst å spille på, de aller fleste som tar fysikk går studiespesialiserende. Mitt undervisningsdesign har som hensikt å finne ut av om det er mulig å bruke selve læringsarenaen og aktivitetene som elevene gjør som konteksten.

3.9 Illustrasjon av undervisningsopplegget



4 Resultat

4.1 Gjennomføring i den første klassen

4.1.1 I ishallen

Elevene fikk på seg skøytene, og vi kom oss ut på isen. Jeg samlet elevene i en halvsirkel, og sa at vi nå skulle bygge videre på det de hadde tidligere lært om i mekanikken. Jeg ba elevene gå sammen to og to, og sa at de skulle forsøke å dytte partneren sin så langt de klarte. Etter at alle hadde gjort dette, sa jeg at de skulle prøve at begge to dyttet mot hverandre samtidig. Etterpå samlet jeg elevene igjen i en halvsirkel, og spurte om hva de hadde opplevd, og det kom fram at når man dyttet partneren sin så gikk man selv bakover. Ganske raskt fikk vi koblet dette opp mot Newtons tredje lov.

Videre gikk vi over til å «lage tog», det var slik jeg beskrev det at den ene partneren kom i fart og plukket med seg den andre. Her var tanken at de skulle kjenne på hva som skjedde med farten da den samlede massen økte. Etter de hadde gjort det et par ganger gikk vi over til at de gikk i grupper på fire og fire. Her åpnet jeg opp for at de kunne ha forskjellige kombinasjoner: en sto i ro mens to kom i fart, to sto i ro mens en kom i fart og så videre. Etter de hadde gjort det et par ganger kom det et innspill fra Marianne om å lage et tog med hele klassen, altså at halve klassen sto i ro mens halve kom i fart. For å oppsummere det elevene hadde opplevd samlet vi oss i en halvsirkel, og jeg spurte om hva de hadde opplevd, slik at refleksjonen og beskrivelsen av det de hadde opplevd kunne begynne i plenum.

I pausen skulle elevene svare på de to første refleksjonsspørsmålene jeg hadde forberedt:

1. Kan du beskrive hva som skjedde da du og partneren din dyttet mot hverandre? Hvordan kjentes det ut?
2. Kan du beskrive hva som skjedde da du og partneren din plukket opp hverandre? Hvordan kjentes det ut?

Neste del var curlingbiten. Her hadde det oppstått en utfordring av rent praktiske grunner. De fleste issteinene jeg hadde lagt i fryseren dagen før var ikke gjennomfrosne. Jeg hadde testet ut med tre issteiner tidligere den uka for å se om det holdt med en dag, men jeg hadde ikke tenkt på at det trengtes lenger tid å fryse ned tolv issteiner. Som en vordende fysikklærer var dette et ergerlig nederlag. Det var kun fire issteiner som var gjennomfrosne, som gjorde at gruppene ble større for at alle skulle få en isstein hver. Dermed gjaldt det å bli litt kreativ, og det beste jeg fant var å bruke hockeypucker i tillegg. For å legge opp til den innsikten jeg ville at elevene skulle komme fram, var det nødvendig at issteinene (eller hockeypuckene) hadde lik masse. Dermed ble det slik at to grupper hadde to issteiner, mens resten av gruppene hadde to hockeypucker.

En annen utfordring som oppsto var at det jeg la opp til, som var å sende issteinen og få den til å stoppe i en gitt sirkel, var vanskeligere enn jeg så for meg. Utfordringen ble heller ikke mindre da de i tillegg skulle treffe en annen isstein, som igjen skulle treffe den gitte sirkelen. Dermed ble det å ta tida på å få en isstein til å stoppe, for så å ta tida da en isstein traff en annen isstein, det ble for vanskelig. Dermed skiftet jeg fokus på å legge opp til en mer intuitiv forståelse av hvor stor fartsforskjell det var mellom de to oppgavene. Krevdes det en større startfart for å få den andre issteinen til å lande i sirkelen, enn da det var kun en isstein? For å forsøke og illustrere dette klarere ga jeg en isstein og en hockeypuck til hver gruppe, slik at det var forskjellige masser på de to objektene. Etter å ha styrt på med dette en stund, samlet jeg elevene igjen i en sirkel og stilte spørsmålet: «Merket dere en forskjell på da dere sendte en hockeypuck mot en isstein kontra da dere en isstein mot en isstein?» Da var det en av elevene som svarte: «Jeg måtte sendte hockeypucken mye hardere for at issteinen skulle gå noen som helst sted!»

Til slutt, ba jeg elevene svare på de siste to refleksjonsspørsmålene:

1. Kan du beskrive hva som skjedde da den ene isklossen traff den andre?
2. Finnes det noen likheter mellom de tre situasjonene vi har sett på isen?

Etter elevene hadde svart på spørsmålene, var timen ferdig.

4.1.2 I klasserommet

På samme måte som i ishallen, ønsket jeg å starte med Newtons tredje lov. Marianne hadde fortalt meg at det var nesten et halvt år siden de hadde hatt om Newtons lover i klasserommet, så jeg startet med å spørre elevene om de husket Newtons tre lover, slik at de kunne friske opp eldre kunnskap som de kunne henge den nye kunnskapen på. Her var det mindre respons enn jeg så for meg, i og med at jeg hadde hørt fra Marianne at dette var en aktiv klasse. Siden det virket som det var for lenge siden klassen hadde hatt om dette til å ha den nødvendige forkunnskapen til å gå inn på bevegelsesmengde, ble det en litt mer omfattende forklaring om de tre Newtons lover på tavla. Dette gjorde at vi brukte lenger tid på repetisjonen enn jeg hadde planlagt.

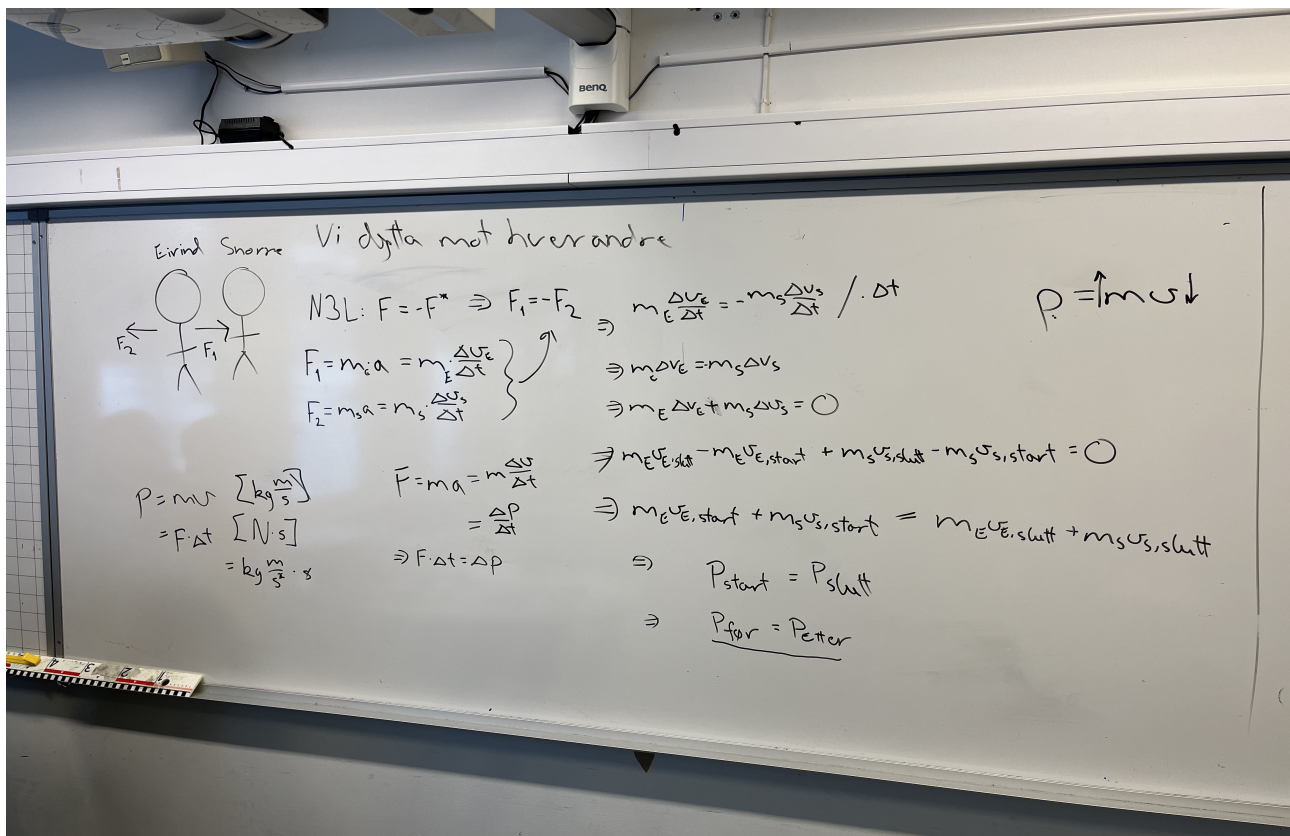
Etter å ha gått gjennom de tre lovene til Newton, ledet jeg undervisningen inn på det vi hadde gjort i ishallen. Jeg spurte elevene hva vi hadde gjort i ishallen, og her var responsen høyere enn ved repetisjons-spørsmålet. Vi fikk penslet oss inn på at vi startet med å dytte på hverandre mens vi hadde på oss skøyter. Dermed fikk vi satt scenen for at vi hadde en felles opplevelse alle kunne relatere til. Ved å ta utgangspunkt i denne felles opplevelsen, ønsket jeg å beskrive og forklare opplevelsen gjennom matematikk. Hensikten var å skape en bro, fra det de tidligere hadde lært, til den felles opplevelsen, og til slutt få en matematisk forståelse av det som hadde skjedd. Jeg viste utledningen fra det som skjedde på isen, til at bevegelsesmengde er bevart på tavla. Se figur 1 for hvordan utledningen så ut.

Etter det skulle elevene bruke likningen vi kom fram, altså likning (2), for å beskrive

det vi gjorde på isen da de gikk i tog. Først delte jeg elevene i grupper. Marianne introduserte meg i den foregående timen til at hver gruppe får sin egen tavle som de henger på veggen. Dette gjorde enklere for meg da jeg gikk rundt og så om gruppene forstod oppgaven eller ikke. Oppgaven gikk ut på at elevene skulle finne ut av slutfarten til begge personene i et tog når den ene personen sto i ro og den andre kom i fart. De fikk vite massene, og de fikk vite startfarten. Elevene satt i gang med å diskutere hvordan de skulle løse oppgaven. Litt overraskende kom de fleste gruppene raskt fram til hvordan de skulle løse oppgaven. Til tross for at de ikke hadde blitt vist et eksempel fra en tilsvarende oppgave i hvordan dette kunne løses, så virket det som de forstod konseptet og anvendte det til å løse oppgaven. Da elevene hadde forstått denne oppgaven, la jeg til et ekstra element, som var at nå var det to personer i ro, og en i fart. Dette fikk elevene også til veldig fort.

Videre gikk vi over til å se på det som skjedde da vi sendte issteiner i ishallen. På samme måte som før pausen, var elevene delt i grupper. Jeg stilte elevene spørsmålet: «Hvor stor fart vil den andre issteinen ha når den blir truffet av den første issteinen?» Jeg fortalte at på samme måte som i ishallen hadde issteinene samme masse, og de fikk også vite startfarten. Elevene satt i gang å diskutere, og like overraskende som før pausen fikk de fleste gruppene til denne oppgaven også. Videre stilte jeg elevene spørsmålet: «Hva skjer hvis dere sender en hockeypuck på issteinen, med samme fart som i det forrige eksempelet?» I dette eksempelet så jeg meg nødt til å legge til informasjonen om at **all bevegelsesmengden blir overført fra hockeypucken til issteinen**. Dette er ikke i tråd med det som faktisk ville skje, men for at elevene kunne ha mulighet til å regne på oppgaven valgte jeg å tilføye den informasjonen. Tidlig i idémyldringen til gruppene hørte jeg flere si at farten til issteinen måtte være mindre enn startfarten til hockeypucken. I dette tilfellet kom de fleste gruppene også i mål.

Deretter dro jeg i gang eksperimentet med



Figur 3: Utledningen til at bevegelsesmengden er bevart.

basketballen og tennisballen. Først viste jeg eksperimentet foran klassen, før jeg delte i klassen i to slik at det var to grupper. Jeg hadde kun fått tak i to basketballer, slik at jeg mente jeg ikke hadde mulighet til å dele de inn i mindre grupper. Elevene satt i gang, og fant raskt ut av at de ville slippe ballene fra et så høyt punkt som mulig. Dermed gikk gruppene til hver sine trapper, og tennisballen fløy i en vanvittig fart, i ettertid ser jeg at dette kunne blitt gjort i mer kontrollerte forhold. Jeg hadde bedt gruppene om å måle høyden de slapp ballene fra, og i tillegg tiden det tok fra basketballen traff bakken til basketballen var på sitt høyeste punkt. Med denne informasjonen ville det være mulig å regne ut utgangsfarten til tennisballen etter ballene traff bakken. Elevene fikk dette faktisk til, og det uten en eneste hoderystelse fra en tennisball.

Her stoppet det nok opp for så å si hele klassen. De hadde tatt tiden på hvor lang tid basketballen brukte fra bakken til sitt høyeste punkt, og de hadde målt høyden de slapp ballene fra, men de hadde ingen formening

om hvordan de kunne anvende det med likning (1) til å regne ut farten. De måtte bytte ut startfarten med energilikningen, og de måtte bytte ut slutfarten med en bevegelseslikning, og forståelig nok ble det for mange steg i tillegg til den nye kunnskapen som de hadde lært om bevegelsesmengde. Så jeg valgte å gjøre det felles på tavla.

Jeg løste for slutfarten til tennisballen, men der strakk ikke tiden til lenger, de måtte videre til neste undervisningstime. Dermed fikk vi ikke oppsummert, og vi fikk heller ikke tid til å gå tilbake til undringsspørsmålet: «Hva beveger seg mest av en isbre og et skudd avfyrt fra en pistol?». Vi fikk heller ikke skapt en bro tilbake til starten, behovet for å opparbeide oss denne kunnskapen.

4.1.3 Refleksjon etter første runde

Denne refleksjonsrunden viser prosessen jeg gikk gjennom mellom de to rundene jeg gjennomførte undervisningsopplegget. Denne prosessen tok for seg for det meste praktiske endringer som syntes hensiktsmessige

å gjøre, og i en noe mindre grad didaktiske justeringer. Fra undervisningstimen i klasserommet med den første klassen var ferdig til jeg skulle gjennomføre undervisningsopplegget i den andre klassen, var det kun tre dager. Dermed ble det mest naturlig å heller tydeliggjøre det eksisterende designet enn å gjøre de største endringene.

Intervjuet jeg hadde med Marianne gjorde vi etter begge undervisningsoppleggene ble gjennomført, så vi fikk ikke snakket i dybden om hva som kunne blitt forbedret. Likevel var vi nok begge enig i at det ble litt mye på slutten. Helt opp til da elevene jobbet med eksempler fra det de hadde gjort i ishallen, syntes jeg elevene hang med og klarte å gjøre beregninger matematisk av det som de selv hadde erfart. Det var særlig ved dette eksperimentet med basketballen og tennisballen at det ble for komplisert. Likevel er jeg fornøyd med at jeg gjennomførte eksperimentet, for å forsøke og dra elevenes forståelse så langt som jeg hadde et håp om at de kunne henge med på.

I tillegg var det nok noe i meg som mente eksperimentet var **fascinerende** i seg selv, som jeg ønsket å dele med elevene. Likevel var det klart at til neste undervisningstime, ville jeg sløyfe eksperimentet med basketballen og tennisballen, og sette søkelys på det de hadde opplevd i ishallen og bygge på det. Som Marianne sa i intervjuet etter jeg hadde gjennomført begge undervisningsoppleggene: «Du burde egentlig hatt tre undervisningstimer i klasserommet for å komme gjennom alt det du ønsket å komme gjennom».

Til den påfølgende runden i Per sin klasse var jeg fast bestemt på at jeg skulle ha tid til å gjennomføre det jeg hadde planlagt. Da kan det hende at jeg kastet litt for mye ut, fordi jeg sløyfet i tillegg til eksperimentet undringsspørsmålet også. I ettertid mener jeg det var en dårlig ide, fordi jeg mener det er en stor verdi i å gå tilbake til og reflektere over hvorfor vi lærte det vi gjorde, og jeg mener at undringsspørsmålet jeg hadde forberedt kunne bidra til dette. Likevel valgte jeg å ikke ta det med, og heller kun fokusere på det elevene selv opplevde i ishallen.

I tillegg valgte jeg å ikke bruke issteinene i det hele tatt til neste gjennomgang i ishallen. For det første var de enklere å knuse enn jeg så for meg, i tillegg gled de ikke like godt som jeg så for meg på isen. Her tar jeg selvkritikk på at jeg ikke hadde testet ut hvor godt is glir på is i forkant, jeg antok at det ville være lite friksjon. I tillegg så jeg det at hockeypuckene gjorde jobben på en tilfredsstillende måte for å illustrere elastiske støt.

Den siste større endringen jeg gjorde var å gjøre curlingaktiviteten simplere. I stedet for at elevene skulle ta tiden på hvor lang tid curlingssteinene brukte på å stoppe i sirkelen, ønsket jeg heller å legge opp til at elevene skulle fokusere på aktiviteten, altså det å spille curling.

4.2 Gjennomføring i den andre klassen

4.2.1 I ishallen

Den andre gjennomgangen i ishallen startet tilnærmet likt som den første gjennomgangen. Elevene fikk på seg skøytene, og vi samlet oss i en halvsirkel ute på isen. Jeg fortalte at vi nå skulle fortsette på det de hadde lært i mekanikken tidligere i skoleåret, og at her ute på isen var et ypperlig sted å begynne. Jeg ba elevene gå sammen to og to, der de skulle forsøke å dytte den andre så langt som mulig. Jeg var også tydelig på at de skulle ha skøytene pekende rett framover, slik at det var mulig å gli så langt som mulig. Etter at alle elevene hadde prøvd å dytte partneren sin, ba jeg elevene om at begge partnerne skulle dytte mot hverandre samtidig. Vi tok en oppsummering i en halvsirkel etter dette, der vi kom fram til at dette var Newtons tredje lov i aksjon.

På samme måte som i den forrige klassen gikk vi over til å lage tog, der den ene partneren sto i ro mens den andre kom i fart og plukket med seg den andre. Denne gangen var jeg tydelig på at de ikke måtte slippe hverandre etter at de hadde kollidert. Det virket som at elevene fikk en rask forståelse for hva som skjedde, der den ene eleven svarte

da jeg spurte hva de opplevde: «Jeg bremsa opp da jeg traff den andre», og en annen elev sa: «Da vi ble én fikk vi samme fart».

Etter at elevene hadde prøvd to og to, satt jeg elevene sammen i fire og fire grupper og ba dem om å gjøre det samme, men her ba jeg dem om å prøve forskjellige kombinasjoner. Til slutt delte jeg klassen i to, der den ene halvdel sto i ro mens den andre kom i fart. Så tok vi en oppsummering der jeg spurte elevene om hva de hadde opplevd på isen, der ett av svarene en elev kom med var: «Jo flere som sto i ro så var det nesten som å treffe en vegg!» Etter det tok elevene av seg skøytene, og vi tok en pause. I denne pausen skulle elevene svare på to refleksjonsspørsmål som omhandlet de to aktivitetene de hadde gjort. Disse spørsmålene var de samme som i den første klassen.

Etter elevene hadde svart på refleksjonsspørsmålene, så fortalte jeg hva vi skulle gjøre videre. Jeg fortalte at vi skulle spille curling, og jeg forklarte reglene vi skulle spille med. Jeg delte klassen inn i grupper på fire, der elevene skulle spille mot hverandre to og to. Hver gruppe fikk med seg fire hockeypucker, slik at hver elev hadde en hockeypuck. Jeg fortalte at målet for spillet var at hvert lag skulle ha flest hockeypucker i en sirkel som var et par meter unna, etter at begge lag hadde kastet sine hockeypucker. Jeg fortalte også at det var mulig å treffe motstanderens hockeypuck med sin egen, for å slå motstanderen ut av sirkelen. Elevene satt i gang, og det virket som at de trivdes.

Etter hvert ga jeg hvert lag et ekstra dekk, som hadde langt høyere masse enn hockeypuckene. Dette dekket kunne lagene bruke på lik linje som hockeypuckene. Elevene skjønnte raskt at dekket var mer verdifullt enn hockeypuckene. En elev utbrøt etter å ha forsøkt å fjerne et dekk fra sirkelen med en hockeypuck: «Å, jeg må skyte mye hardere hvis den [dekket] skal fjerne seg!»

Til slutt hadde vi en oppsummering om hva de hadde opplevd. En elev fortalte: «Det var digg å få en ekstra gymtime». En annen elev sa: «Hvis du traff en puck med dekket så gikk

både dekket og pucken videre». Til slutt ba jeg elevene svare på de to siste refleksjonsspørsmålene. Så avsluttet jeg timen i ishallen, og sa at vi skulle fortsette i klasserommet.

4.2.2 I klasserommet

Siden Per hadde brukt tidligere av dagen til å friske opp i det de tidligere hadde lært i mekanikken, hadde elevene et bedre utgangspunkt til å koble på tidligere nødvendig kunnskap til å få en matematisk forståelse av bevegelsesmengde. Jeg spurte først elevene om de husket Newtons lover, og vi fikk opp på tavla de tre lovene. Deretter begynte jeg å utlede loven om at bevegelsesmengde er bevart i et isolert system, fra Newtons tredje lov. Dette gjorde jeg på tilnærmet lik måte som i den første klassen. Hvis det var en forskjell, så mener jeg at jeg var tydeligere i hvilke grep jeg gjorde i utledningen.

Videre delte jeg klassen inn i grupper på fire og fire, og ba dem finne seg hver sin tavle. Deretter tok jeg utgangspunkt i da de lagde tog ute på isen, der jeg på samme måte som i den første klassen la fram en oppgave som var så lik som mulig det de selv gjorde. Her også var det liten forskjell på klassene. De fant raskt ut av hvordan de kunne anvende likning (1) til å beskrive matematisk det de selv hadde gjort. En forskjell mellom de to gjennomgangene var at jeg brukte lenger tid og flere oppgaver med økende kompleksitet. Jeg hadde på forhånd valgt å ikke ta med eksperimentet med tennisballen og basketballen, slik at det var mer tid til å drøfte det som hadde skjedd på isen.

Etter en kjapp pause, gikk jeg over til å ta tak i da elevene spilte curling. Elevene jobbet fortsatt fire og fire, slik at de kunne diskutere sammen og finne en kongruens i det de alle hadde opplevd på isen. Jeg ga elevene oppgaven: «Si at da dere spilte curling lå motstanderens hockeypuck i sirkelen, og dere hadde lyst til å slå den vekk med deres egen hockeypuck. Dere kaster deres egen hockeypuck, og treffer motstanderen sin. Hva skjer med begge hockeypuckene?» I tillegg forsøkte jeg å

illustrere på tavla situasjonen.

Elevene satt i gang med å diskutere, og det virket som en del av gruppene raskt fikk en intuitiv forståelse av hva som ville skje. To av gruppene hoppet over den matematiske forklaringen, og skrev kun at den andre hockey-pucken ville få den samme farten som den første hockey-pucken, og at den første hockey-pucken ville stå i ro. Da jeg gikk rundt og hørte på de forskjellige gruppene fikk jeg inntrykk av at de i mindre grad brukte opplevelsen de hadde hatt ute på isen i dette tilfellet, i forhold til da de skulle beskrive da de gikk i tog. En av elevene jeg overhørte sa: «Ja, men se for deg to klinkekuler, den ene kommer jo til å stoppe mens den andre flyr av gårde». De fleste kom fram til svaret, men det var færre enn i de forrige oppgavene som brukte det at bevegelsesmengde er bevart som utgangspunkt.

Etter dette ønsket jeg at elevene skulle reflektere over det som skjedde da de sendte en hockey-puck mot et dekk, slik at de kunne sette ord på hva som ville skje når de to objektene hadde forskjellig masse. Jeg stilte spørsmålet: «I ishallen brukte vi også dekk da vi spilte curling. Hva var det som skjedde da dere sendte en hockey-puck mot et dekk og forsøkte å slå dekket vekk?» Elevene summet seg, men det virket som at de her også hadde en forståelse av hva som ville skje, men visste ikke hvordan de skulle forklare det matematisk. Da jeg gikk rundt til gruppene virket det som de fleste var enig i at hockey-pucken måtte kastes med en vanvittig kraft for at dekket skulle bevege seg, og at hockey-pucken uansett kom til å sprette tilbake. Jeg forstod at dette ville bli problematisk å forklare matematisk, og så meg nødt til å komme med litt tilleggsinformasjon. Jeg fortalte at i dette eksempelet vil **all bevegelsesmengden bli overført fra hockey-pucken til dekket**. Dette brøt med mitt mål om at de skulle kunne ta i bruk det de hadde sett og opplevd i ishallen, men for at det skulle være mulig å gjøre en beregning av oppgaven valgte jeg å ta det med. I tillegg ga jeg et hint om å ta utgangspunkt i at bevegelsesmengden er bevart.

Etter dette kom gruppene i mål der de forstod at hvis hockey-pucken overførte all bevegelsesmengde, så måtte slutfarten til hockey-pucken være null. De kom også fram til at dekkets slutfart måtte være langt mindre enn det startfarten til hockey-pucken var.

Til slutt hadde jeg ti til femten minutter igjen av timen, men var egentlig ferdig med det jeg ønsket å gå gjennom. Da valgte jeg å innlede undringsspørsmålet som jeg hadde gitt den første klassen: «Hva beveger seg mest av en isbre og en kule skutt ut fra en pistol?» Jeg hadde forberedt alt på datamaskinen til den forrige klassen, slik at det gikk fort å vise videoene som illustrerte en isbre som bevegde seg, og en kule som ble skutt. På grunn av tidsmangel ble det liten tid til at elevene kunne diskutere sammen, slik at det ble med at jeg viste dem på tavla ved å regne ut kjapt gjennom likningen

$$p = mv \quad (1)$$

der jeg hadde søkt på nettet etter massen til en isbre og en kule, den gjennomsnittlige farten til en isbre og en kule. Deretter satt jeg det inn i formelen ovenfor, og vi så at bevegelsesmengden til en isbre var langt større enn bevegelsesmengden til en kule. Da kunne elevene i det minste få et innblikk i forholdet mellom masse og fart, i et ekstremt tilfelle. Etter det var timen over.

5 Diskusjon

I denne delen av oppgaven forsøker jeg først å diskutere og gjøre rede for undervisningsopplegget jeg gjennomførte, og hvilke didaktiske utfordringer og muligheter som ligger i det. Etter det forsøker jeg å trekke det generelle ut fra mitt spesifikke undervisningsopplegg, for å se om det er noe å ta med seg for fysikklærere andre steder, og i andre temaer i fysikk.

5.1 Om undervisningsopplegget

I resultatdelen av oppgaven beskrev jeg de to «reisene» (i ishallen og i klasserommet) i kronologisk rekkefølge. Her i diskusjonsdelen av undervisningsopplegget har jeg sett på de to reisene på tvers, for å se om koblingen mellom det som skjedde i ishallen og det som skjedde i klasserommet var klar nok. Videre diskuterer jeg aspekter som rammer hele undervisningsopplegget.

5.1.1 Newtons tredje lov

Den første aktiviteten som ble gjort var den som demonstrerte Newtons tredje lov. Her skulle elevene dytte mot hverandre mens de hadde på seg skøyter, der denne aktiviteten skulle demonstrere at enhver kraft har en motkraft. Denne aktiviteten mener jeg var en god øvelse for å la elevene repetere det de tidligere hadde lært om Newtons lover. Det støttes også av Wagenscheins genetiske aspekt, som forteller at det må i tillegg til broen som bygges isolert i det enkelte undervisningsopplegget, også bygges en bro til det elevene har erfart og lært tidligere (Wagenschein, 1968).

Refleksjonsspørsmålet som elevene skulle svare på om denne aktiviteten var «Kan du beskrive hva som skjedde da du og partneren din dyttet mot hverandre? Hvordan kjentes det ut?». Et av svarene var «Når vi dyttet hender mot hender ble begge skjøvet bakover, og vi kom like langt bakover fra startpunktet. Vi tror vi kom likt fordi vi dyttet med like mye kraft hver». Dette mener jeg er en god forklaring for Newtons tredje lov, og som er rotfestet i elevenes egne erfaringer (Roth, 2015). Dog var det en del av elevene som hadde skrevet ganske knapt, og gjerne kun «Newtons tredje lov». I etterkant har jeg innsett at det kan ha vært uheldig å oppsummere aktiviteten før elevene fikk anledning til å skrive sine egne refleksjoner. Jeg viser til Arons (1982) som argumenterer for at disse pausene med refleksjon er viktige bidragsyttere for at elevene selv får en forståelse for lærestoffet. Hadde vi heller hatt oppsum-

meringen etter elevene hadde svart på refleksjonsspørsmålene, kunne også oppsummeringen blitt mer nyttig ved at elevene fikk tid til å ordlegge det de hadde opplevd.

Når det kommer til Newtons tredje lov i klasserommet, vil jeg si på en side at gjennomgangen min på tavla var tilstrekkelig for å vise relasjonen mellom Newtons tredje lov og bevegelsesmengde. Jeg tok utgangspunkt i det elevene selv hadde gjort (se figur), og brukte matematikk for å vise at hvis vi antar at Newtons tredje lov er sann, så må vi anta at også bevegelsesmengden er bevart i et isolert system. Elevene fikk også se at det finnes også en matematisk kobling mellom det de tidligere hadde lært om Newtons tredje lov, og dette nye begrepet bevegelsesmengde. Dette går igjen tilbake til Wagenscheins genetiske aspekt (1968), ved å bygge lag på lag på hva elevene kan fra før av.

På en annen side mener jeg at jeg kunne truffet bedre på denne koblingen fra elevenes opplevelser fram til begrepsforståelsen for Newtons tredje lov. Det stemmer at jeg viste elevene en vei fra deres egne opplevelser til begrepet bevegelsesmengde, men jeg la ikke opp til at de kunne prøve å gå veien selv. Dette er helt sentralt i teorien jeg har vist til i denne oppgaven (Wagenschein, 1968; Faraday, 2004; Dahlin et al., 2009), men ved denne aktiviteten fikk jeg det ikke til. Dog gjorde det at elevene kunne regne på de resterende aktivitetene ved å se at bevegelsesmengde kan overføres, og at summen av bevegelsesmengde er bevart i en matematisk representasjon.

5.1.2 Fullstendig uelastisk støt

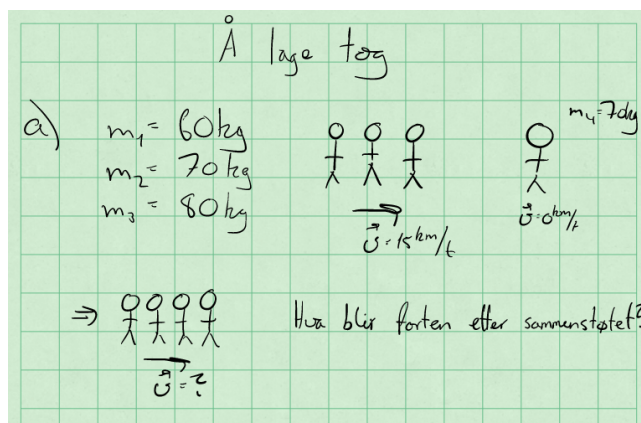
Introduksjonen til dette begrepet startet i ishallen ved at elevene skulle gå i tog, altså at en person sto i ro mens en annen kom i fart og tok med seg den andre. Denne aktiviteten traff linja mellom «frilek og undervisning», slik Per omtalte det i intervjuet. Denne formen for undervisning demonstrerer hvordan aktiviteten kan stille spørsmålet som behøver et svar, og kan kobles til Hugo sin beskrivelse av hvordan vi tilegner oss kunnskap

(Hugo, 1995). Dette kan også kobles til det sokratiske aspektet til Wagenschein (1968), som går ut på å tilrettelegge for en samtale mellom «fenomenet» og eleven. Denne aktiviteten beskriver et fullstendig uelastisk støt uten verken tilnærming eller antakelser, som gjør aktiviteten glimrende å bruke som utgangspunkt.

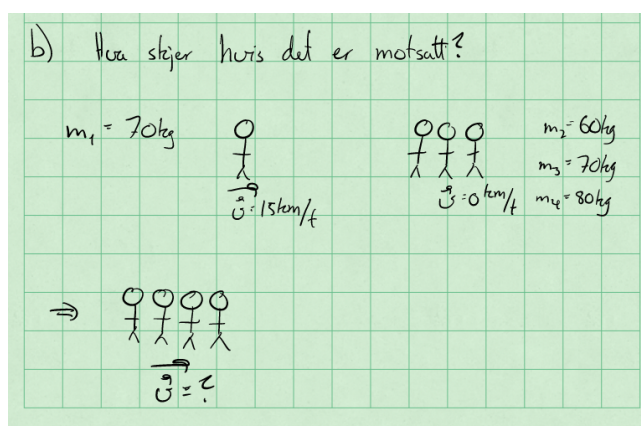
Når det kommer til refleksjonsspørsmålet elevene skulle svare på til denne aktiviteten var det i dette tilfellet også slik at vi hadde en oppsummering i plenum først, før de satt seg ned på egenhånd og reflekterte over det de hadde opplevd. Forskjellen fra den forrige aktiviteten som omhandlet Newtons tredje lov, derimot, var at verken jeg eller elevene hadde nevnt begrepet «fullstendig uelastisk støt» eller «bevegelsesmengde». Dette gjorde det vanskeligere for elevene å kun skrive det «riktige» begrepet som svar, og måtte da heller faktisk ta utgangspunkt i det de hadde opplevd. Her er et par av svarene til elevene på refleksjonsspørsmålet «Kan du beskrive hva som skjedde da du og partneren din plukket opp hverandre? Hvordan kjentes det ut?»:

- «Når den ene stod stille og den andre var i fart og dyttet mistet den som dyttet mye fart, men den som stod i ro begynte å bevege seg litt fremover. Tror den bakerste overførte sin kraft/fart til den andre.»
- «Da jeg dyttet partneren min mistet jeg ganske mye av farten min og overførte dette til partneren min. Jeg følte også at armene mine fungerte som en demper da jeg kom og dyttet partneren. Da partneren min dyttet meg fikk jeg farten hennes og la merke til at hun stoppet ut.»
- «Vi mistet mye fart, fordi nå veide systemet mer, dermed ble kraften fordelt på begge to.»

Ved å sammenlikne svarene på spørsmålene til de to første aktivitetene er det tydelig at de fleste skrev mer utfyllende på den andre aktiviteten. Jeg mener at dette kommer fra at elevene ikke hadde noen begreper **ennå**



Figur 4: Den første oppgaven angående fullstendig uelastisk støt.



Figur 5: Den andre oppgaven angående fullstendig uelastisk støt.

som forklarte det de hadde opplevd, slik at de var nødt til å bruke det de selv hadde opplevd for å forklare hva som hadde skjedd. Dermed kan den ontologiske re-reverseringen (Dahlin et al., 2009) komme til større uttrykk, ved at elevene selv tar del i abstraksjonsprosessen som Wagenschein var bekymret for i det innledende sitatet i oppgaven.

I klasserommet hadde jeg forberedt to oppgaver elevene skulle diskutere og løse. Disse oppgavene forsøkte jeg å gjøre så likt som mulig det de selv hadde opplevd i ishallen. Dermed ville abstraksjonsprosessen være rotfestet i elevenes egne erfaringer (Roth, 1995; Østergaard, 2017). Til min overraskelse kom alle gruppene, i begge klassene, fram til et matematisk uttrykk som antok at bevegelsesmengde var bevart og at det måtte være en invers relasjon mellom masse og fart i systemet. Det kan argumenteres for at oppga-

vene jeg gav klassene var for enkle. Likevel mener jeg det ligger en verdi i at elevene har selv kommet fram til en likning som beskriver et fullstendig uelastisk støt. Elevene er ikke passive mottakere av informasjon, de er aktivt med og undersøker hvor vitenskapen kommer fra.

5.1.3 Elastisk støt

I ishallen gjorde jeg en endring fra den første til den andre gjennomgangen i at jeg gjorde aktiviteten enklere. Ved å sammenlikne svarene elevene gav på refleksjonsspørsmålene, og forståelsen de viste i klasserommet, var det ingen nevneverdig forskjell mellom de to klassene. Ved å sammenlikne fire av svarene som elevene gav, der de to første er fra den første klassen og de to siste er fra den andre klassen:

- «~~Farten~~ Kraften ble overført fra den ene til den andre.»
- «Energien ble overført og den som først bevegde seg stoppet opp, mens den som sto stille fortsatte med noe som så ut som samme fart.»
- «Når de traff hverandre fikk den som ble truffet mye av farten til den andre.»
- «De flyttet på seg. Den som var i ro fikk kreftene overført fra den som beveget seg, den stoppet altså.»

I den første gjennomgangen ba jeg elevene om å først måle tida det tok å sende en curlingstein som skulle stoppe innenfor et gitt mål. Etter å ha gjort dette skulle de ta tida på hvor lang tid det tok å sende en curlingstein som traff en annen curlingstein, der den andre curlingsteinen skulle stoppe innenfor det gitte målet. Til slutt skulle de sammenlikne tidene til de to situasjonene. I den andre gjennomgangen sa til elevene «spill curling», og forklarte noen enkle regler. Selv om jeg i den første gjennomgangen hadde en langt mer detaljert plan med det jeg ønsket elevene skulle oppdage, viser svarene på refleksjonsspørsmålene at de kom til de tilnærmet samme innsiktene.

Hensikten med undervisningsopplegget var å skape en overgang mellom det elevene selv hadde opplevd og erfart, til å kunne beskrive det matematisk. Her var det større vanskeligheter. Da jeg presenterte oppgaven som gruppene skulle løse, var det flere grupper som ikke så koblingen mellom oppgaven og det de hadde erfart. Flere av gruppene så heller for seg aktiviteten som representerte det fullstendig uelastiske støtet, og forsøkte å sette opp en likning som representerte at massene hang sammen etter sammenstøtet. For å pensle elevene inn på det vesentlige med aktiviteten som omhandlet det elastiske støtet, la jeg til antakelsen om at etter sammenstøtet ville all bevegelsesmengde bli overført. Dette gikk imot selve grunnen til at jeg ønsket å ha et undervisningsopplegg ute på isen. Aktiviteten kunne snakke for seg selv, slik Wagenschein forklarer i sitt eksemplariske aspekt (1968), og det ville ikke være nødvendig å legge til antakelser.

I ettertid har jeg vurdert om det hadde vært mer aktuelt å beskrive et uelastisk støt, istedenfor et elastisk støt. Dette ville gjort det vanskeligere å beskrive matematisk, men det ville vært nærmere realiteten. I tillegg kunne vi fortsatt spilt curling, der elevene selv var «curlingsteinene». Dette kunne vært med på å skape en mer helhetlig opplevelse av hva de hadde erfart, fordi elevene da kunne bruke andre sanser enn det å observere. På samme måte som med aktiviteten da de gikk i tog, kunne de kjent med hele kroppen hvordan bevegelsesmengde blir overført.

Jeg hadde vurdert å ta utgangspunkt i et uelastisk støt da jeg designet undervisningsopplegget, men jeg endte opp med at det ville bli mer komplisert å beskrive matematisk. Ved et elastisk støt kunne jeg designe en situasjon der et objekt står i ro mens et annet kommer i fart, og etter støtet ville det første objektet stå i ro mens det andre ble sendt av gårde. I designet mener jeg at jeg la for stor vekt på at de kunne beskrive situasjonen matematisk, slik at overgangen mellom virkeligheten og beskrivelsen ble uklar. Dette går mot den ontologiske re-reverseringen (Dahlin et al., 2009) som står sentralt i fe-

nomenbasert undervisning, og er ikke det jeg ønsket.

5.1.4 Behovet

Da jeg designet undervisningsopplegget jeg skulle gjennomføre i to klasser, var jeg bevisst på at jeg ønsket å være i ishallen først, og så gå inn i klasserommet. Dette bunner ut i et fenomenologisk perspektiv som fordrer for at faget vokser ut av fenomenet, og ikke motsatt. Hugo (2006) belyser viktigheten av å ta på alvor selve starten av læringsprosessen, og at en mulig inngang er å studere et fenomen som det generelle kan trekkes ut fra.

Til både Marianne og Per stilte jeg dem innledningsvis i intervjuene om hvorvidt det var mulig å reversere rekkefølgen på å ha det i ishallen først, og så i klasserommet. Et utdrag fra det Per sa kommer inn på det Hugo (2006) sier i sin artikkel:

P: Det som er fordelen da, med å gjøre motsatt... Det er at de har på en måte et sånt tydelig fokus på hva det er vi skal se etter, ikke sant. Men ulempen er at det blir egentlig, de blir opptatt av å bare reprodusere akkurat det de så. Og hvis de ikke klarer å reprodusere akkurat det de lærte om, så føler de på en måte at det er litt mislykka. Mens så, for det første er jo det en veldig vanlig feilslutning i fysikken at det er snakk om å reprodusere fasit, mens det vi egentlig ønsker å få til hos elevene er at de forstår hvordan naturvitenskap skapes. Altså vitenskap. Og at det skjer gjennom observasjon og erfaring. Og at de erfaringene du gjør deg, de er aldri feil. Det er egentlig det mest autentiske og riktige.

Marianne forteller også:

M: Det er jo litt sånn evig spørsmål. For det hadde kanskje gjort at, når vi var i ishallen, så var de mer på hva vi skulle teste, ikke sant. De øvelsene vi gjorde ga kanskje mer mening,

for de [elevene]. Men samtidig, da, så måtte du da hatt en økt hvor det ble mer formell triksing. Men så er det sånn at i bevegelsesmengde, så kan du bygge på veldig mye du har gjort tidligere i mekanikken, for det går jo an å hente opp erfaringer og ting de har jobbet med, ting de har fått mer eierskap til. For så å gå logisk til verks, og si at her trenger vi denne størrelsen [bevegelsesmengde], for å finne ut at dette trengs. Skape et behov sånn da.

Dette behovet for at denne kunnskapen som de skal lære er nødvendig, står sterkt i fenomenbasert undervisning og er noe jeg ønsket å fremme i undervisningen.

Dette behovet som jeg ønsket å fremme i elevene mente jeg kunne støttes opp av et innledende undringsspørsmål. Dermed mener jeg det var synd at jeg ikke klarte å gjennomføre undringsspørsmålet på en god måte i verken den første eller den andre klassen. I den første klassen introduserte jeg undringsspørsmålet, men kom aldri tilbake til det. I den andre klassen ga jeg svaret til undringsspørsmålet, men ga ikke elevene tid til å reflektere over det. For at elevene skal se verdien av det de har lært, er det hensiktsmessig å lage en bro tilbake til start (Wagenschein, 1968). Det er dette undringsspørsmålet kan være med på å styrke.

5.1.5 utfordringer i undervisningsopplegget

Da jeg valgte hvilke aspekter av bevegelsesmengde jeg ønsket å fokusere på, valgte jeg å se på fullstendig uelastisk støt og elastisk støt. Et fullstendig uelastisk støt mener jeg var et godt valg som hadde en klar overgang fra det elevene opplevde på isen, og da de skulle beskrive det de gjorde matematisk i klasserommet. Dette bygger på at elevene klarte å sette opp et matematisk uttrykk som beskrev da de gikk i tog. For det elastiske støtet, derimot, var det en mindre klar overgang. Et helt elastisk støt, der all kinetisk blir overført, skjer egentlig aldri i virkeligheten.

Dermed kunne en mulig endring vært å ta tak i det uelastiske støtet istedenfor det elastiske støtet. Det uelastiske støtet er faktisk noe som kan observeres i virkeligheten, mens det elastiske støtet er en teoretisk tilnærming til et uelastisk støt. Ved å ta utgangspunkt i det elastiske støtet kunne det lagt opp til en diskusjon blant elevene om hvorfor vi gjør denne antakelsen i fysikk, som er nemlig at det gjør det enklere å regne ut matematisk.

5.1.6 Refleksjonsspørsmålene

Jeg kunne også brukt refleksjonsspørsmålene elevene hadde svart på i ishallen på en bedre måte. For å skape en klarere kobling mellom det de gjorde i ishallen og det de skulle beregne på i klasserommet, kunne jeg bedt elevene ta **utgangspunkt** i det de hadde svart på refleksjonsspørsmålene, i tillegg til å ta utgangspunkt i at bevegelsesmengde er bevart, som jeg utledet på tavla fra Newtons tredje lov. Dette kunne bidratt til at elevene kunne anvende beskrivelsen av det de hadde gjort der og da, istedenfor kun det de husket fra den forrige timen.

5.1.7 Refleksjonsspørsmålene innad

Et annet forbedringspotensiale i undervisningsopplegget mener jeg var overgangen mellom de forskjellige aktivitetene i ishallen. For å ta et eksempel kan jeg her ta for meg aktiviteten da elevene gikk i tog, men poenget er like relevant for de andre aktivitetene. Istedenfor å gå rett på sak og sette i gang med aktiviteten, kunne jeg innledet aktiviteten med å stille spørsmålet: «Hva tror dere kommer til å skje hvis en person som står i ro blir plukket opp i fart? Snakk sammen to og to, så deler vi i plenum etterpå». Ved å kontinuerlig legge opp til at elevene må **undre** på hva som kommer til å skje, kan det være med på å bygge opp behovet for å lære mer om bevegelsesmengde.

Imsen påpeker at «kognitive teorier har en underforstått antagelse om at mennesket er nysgjerrig og undersøkende» (Imsen, 2014, s. 329). Fenomenologiske undervisningsteorier har også dette som en antakelse, der de og

forsøker å finne ut av **hvordan** man som lærer kan legge opp til denne nysgjerrigheten og undersøkelsen. Arons (1982) viser at pauser med refleksjon, som han kaller det, «are far more conducive to student learning and intellectual growth than are rapid 'coverage' of more advanced, more topical, or more mathematical material» (s.19). Disse pausene med refleksjon avhenger av at læreren må stille spørsmål som gir anledning for elevene til å tenke **vitenskapelig**, eller som Arons kaller det, «the real nature of physical thought».

Per kommenterer hvordan jeg kunne introdusert dekket som hadde større masse enn hockey pucken:

P: Du kunne tatt opp dette dekket og spurt dem, hva tror dere vil skje når vi legger til dette dekket? Hva blir forskjellen nå? Få de til å snakke om det først. At det blir på en måte en utforskning som er styrt, ikke sant, hvis du stiller noen sånne spørsmål, får de til å snakke om det på forhånd, forsøke å sette ord på tanker og forventninger og sånn, så det er en justering man kan gjøre.

Angell et al. (2019) trekker fram John Hatties bok «Visible Learning», som tok for seg over 800 studier og forsøkte å finne ut av hvilke hovedelementer lærere må ta høyde for i sin undervisning. Et av disse hovedelementene er: «Lærere må i sin undervisning gå fra enkeltstående ideer eller kunnskapselementer til mer komplekse kunnskapselementer. Videre må læreren hjelpe elevene med å trekke forbindelser mellom disse ideene og kunnskapselementene slik at elevene kan utvide sin egen forståelse. Det er ikke kunnskapen eller ideene, men elevenes konstruksjon av denne kunnskapen og disse ideene gjennom tolkning, tilbakemeldinger og videreutvikling som er vesentlig» (Hattie, 2009, s. 238-239, sitert i Angell et al., 2019, s. 154).

Østergaard (2011) forteller at lærere må ha et «dobbelt blikk» i undervisningen sin. Et på faget og den kunnskapen som elevene skal sitte igjen med, og et på elevene og hvor de kom-

mer fra med sitt perspektiv. Hvis det er mulig å se for seg en sti som skal frakte elevene til et mål, er læreren nødt til å **trække opp** denne stien, men elevene er nødt til å gå den selv. Da må man som lærer være **proaktiv** istedenfor **reaktiv** når man stiller spørsmål. La spørsmålene være analogt med å la elevene stoppe opp på stien, ta opp kompasset, og styre inn på rett kurs.

Hvis jeg hadde klart å legge opp til disse pausene med refleksjon, både før og etter aktivitetene som elevene gjorde, mener jeg at undervisningsopplegget mitt kunne hevet seg enda et hakk. Likevel tror jeg det er her den største utfordringen som lærer ligger. Det å få elevene til å reflektere over det som har skjedd er én sak, men det å få elevene til å reflektere, men også **undre** over det som kan skje, er en evne som krever tid for å opparbeides. Det å kjenne elevene, vite hvor de kommer fra og hva tidligere elever har kommet med, krever erfaring. Faraday brukte over tretti år på å perfektionere undervisningsopplegget sitt (Faraday, 2004). Jeg håper for min egen del, og for andre lærere, at det ikke tar så lang tid. Dog tror jeg det er et viktig perspektiv å ha med seg når man skal designe et undervisningsopplegg, som kan bidra til å bygge broen fra erfaring til matematisk forståelse for elevene.

5.1.8 En helhetlig undervisning

At elevene selv kan være delaktig på denne byggeprosessen av broen mellom erfaring og matematisk forståelse, mener jeg er det viktigste undervisningsopplegget mitt belyser. Den matematiske forståelsen er da med på å gi elevene kunnskapen som kreves for å oppnå kompetansemålene som er satt i bevegelsesmengde. Elevene får en **kontekst** som tydeliggjør hva de faktisk regner på.

Per setter ord på det jeg har forsøkt å få til i begge klassene:

P: [...] Det ideelle tenker jeg er at man først har en leketyperetting, der elevene kan erfare og leke ganske fritt, men med et fokus på at nå skal vi hol-

de på med dette her. Ja, så at man stiller noen spørsmål som gjør at de får på en måte repetert noen ting mer, jobbe, leke mer i den retningen, eller den retningen. Og så stille noen refleksjonsspørsmål, kanskje, som de snakker sammen om først, og så etterpå får delt med hverandre. Og så til slutt kan bruke dette her til å trekke ut ting, i en klasseromsgjennomgang, og få ideelt sett utlagt all teorien som det var meningen at man skulle gjennomgått. Belyst av de erfaringene man har gjort seg i denne leken. Hvis man har klart å gå den veien, fra frilek, og så ha styrt elevene i den retningen og den retningen, og så har du fått dem til å stille spørsmål og dele svar, og så tar du og trekker dette inn i en sånn fortelling til slutt. Da har du vært veldig flink, synes jeg, til å legge opp et sånt fenomenologisk, didaktisk læringsløp.

Utdanningsdirektoratet (2020) forteller at «fysikk handler om å forstå den fysiske verden, fra de minste partiklene til hele universet. Faget gir elevene innsikt i hvordan verden er bygget opp, muligheter til å se sammenhenger i naturlige fenomener og verktøy til å forutsi utfall av fysiske prosesser».

Videre skriver de at «Alle fag skal bidra til å realisere verdigrunnlaget for opplæringen. Fysikk skal bidra til at elevene utvikler en vitenskapelig og kritisk tenkemåte, og til at de får mulighet til å reflektere over hvordan naturvitenskapelig kunnskap utvikles. I fysikk skal vitenskapelige påstander kunne utfordres både teoretisk og eksperimentelt, og nye innsikter og metoder skal bidra til at vitenskapen utvikler seg. Faget skal gi elevene rom til undring, og fagets utforskende og eksperimentelle natur skal legge til rette for at elevene får utfolde nysgjerrighet, skaperglede og engasjement. Fysikkfaget skal bidra til at elevene anerkjenner verdien av samarbeid og idéutveksling for å utvikle kunnskap og forståelse».

Jeg mener at undervisningsopplegget jeg har

laget og det Per fortalte fra intervjuet ovenfor, er i tråd med det Utdanningsdirektoratet ønsker å legge opp til i fysikkundervisningen. En fenomenologisk tilnærming til undervisningen gir elevene et innblikk i prosessene som er nødvendig for å få en helhetlig forståelse av hvordan «verden er bygget opp», fordi de **har vært med på prosessene selv**. Det er mulig det ikke er eneste veien å gå som lærer, men i lys av de didaktiske valgene jeg tok, og hvordan elevene responderte med å faktisk få en matematisk forståelse fra sine egne erfaringer, mener jeg det er grunnlag for å påstå at å la elevene selv oversette sine erfaringer til en matematisk begrepsforståelse er en viktig innsikt.

5.2 Å bygge en bro

I lys av innsikten om den helhetlige undervisningen ønsker jeg å bygge en bro mot den mer generelle undervisningsdidaktikken ved å argumentere for at denne veien fra erfaring til begrepsforståelse ikke var et engangstilfelle, men at det er mulig i andre emner i fysikk, og også for andre lærere. Wagenschein (2012) beskriver at man må finne en innfallsvinkel til et begrep som må ses gjennom elevenes øyne. Elevene har ingen kjennskap til begrepet fra før av, så de har ingen antakelser om hva begrepet innebærer. Dette understøttes av mitt eget undervisningsopplegg som viste at i den aktiviteten der det ikke trengtes noen antakelser for å løse oppgaven, så hadde elevene ingen problem med å oversette fra erfaring til begrep. Man er nødt til å finne den begrepsmessige tråden som ligger i et kapittel. Begrepene bygger gjerne på hverandre, så ved å finne det begrepet som krever minst antakelser fra et elevperspektiv kan det best mulig gjøre sannsynligheten for å finne en kobling mellom elevenes egne erfaring og begrepet.

5.3 Det større bildet

I mitt masterarbeid var jeg så heldig å ha muligheten til å bruke en ishall til å gjennomføre undervisningen min i. Jeg har full forståelse for at det ikke er gjeldende for alle

fysikklærere i vårt vide og langstrakte land. Likevel mener jeg mitt undervisningsopplegg kan være med på å belyse noen grep man kan gjøre når man som fysikklærer skal undervise i bevegelsesmengde, men også fysikk generelt. Dette kommer tilbake til mitt opprinnelige behov for å skrive denne oppgaven. Jeg skriver denne oppgaven for meg selv, så klart, fordi jeg ønsker å bli en bedre lærer. Jeg skriver denne oppgaven også i et håp om at oppgaven kan bidra til å sette søkelys på en undervisningsform som på mange måter er eldgammel, helt tilbake til Sokrates og den sokratiske metode, men også på mange måter føles nyskapende på lærebokfronten.

5.3.1 Rommet for å ha det gøy

Det første, og kanskje det viktigste, var at det virket som at elevene hadde det gøy under undervisningsopplegget. Både Marianne og Per tar også dette opp i intervjuene. Per sier dette etter at jeg har spurt ham om hvilke fordeler og ulemper det kan være med å være i ishallen først, istedenfor å være i klasserommet først:

P: En veldig vanlig feilslutning i fysikken er at det mer snakk om å produsere fasit, mens det vi egentlig ønsker å få til hos elevene er at de forstår hvordan naturvitenskap skapes. Altså vitenskaping. Og at det skjer gjennom observasjon og erfaring. Og at de erfaringene du gjør deg, de er aldri feil. Det er egentlig det mest autentiske og riktige. Og så må man på en måte forstå at når vitenskap skapes, så er det gjennom en sånn systematisk... Prøve mange ganger og mange forskjellige måter og sånn... Men, det er viktig at man ikke devaluerer den erfaringa sin verdi. Og når det gjelder dette her handler det også om aktivitetene vi hadde på isen på fredag, var jo også veldig knytta til å ha det **gøy**, det å gjøre noe sammen, fellesskap og sånn, og at det er å få, litt å få noen fysiske erfaringer som sitter i magen omkring

det med støt og kollisjoner. Så jeg vil si at det å ta det motsatt vei [klasserommet først] vil gjøre at du tapte mye.

Marianne snakker også om verdien av å ha det gøy og gjøre noe felles:

M: Jeg er jo veldig tilhenger av sånn som vi gjorde det nå, jeg syntes det var kjempegøy, og jeg tror elevene... Det er noe med å liksom skape motivasjon, og da, som kanskje ikke alltid... Jeg sier at man kan få inn den læringa på andre måter også, men motivasjonen for å begynne med dette tror jeg du skapte tror jeg du skapte godt i klassen. **Jeg har lyst til å gjøre det neste år også.** (E: Ja, men så bra) Jeg tenkte bare det her er jo kjempegøy. Ikke sant, og det å liksom bare bruke en økt på å bare... Og alle var med, og liksom gikk på skøyter, og du skaper det samholdet, og du har noe felles, bygge felles erfaringer som du kan bygge på i etterkant, det tror jeg er verdt veldig mye, da. Man får nok økter andre veien, så det å liksom ta noen økter som går den veien tenker jeg at... Vi jobber jo med mer enn bevegelsesmengde i løpet av et skoleår, sånn at det å gjøre begge deler, gå litt begge veier, det tror jeg kan være fint.

For det første; det å høre en fysikklærer med så mye kunnskap innen fysikkundervisning generelt men og innen fenomenbasert undervisning, si at hun ønsker å bruke dette neste år også, bare det sier jeg meg fornøyd med. Videre står det Marianne og Per beskriver i samsvar med fenomenologisk tangegang. Imsen (2014, s. 34) forteller om at innen fenomenologi kan virkeligheten framstå forskjellig for ulike personer, slik at «det blir vanskelig å snakke om noe objekt 'gitt' som er uavhengig av tid og sted». Ved å skape en felles erfaring for elevene, kan det bidra til at elevene forhåpentligvis kan bruke opplevelsen til et felles springbrett for diskusjon og innhenting av kunnskap.

5.3.2 Fysikkfagets plass i skolen

Fysikkfaget i den norske skolen har gått gjennom en rekke forandringer gjennom 140 år. Den eldste læreplanen vi kjenner til, er «Undervisningsplan for Middelskolerne og Gymnasierne vedtaget den 1ste Marts 1885» (Angell et al., 2019). Denne læreplanen tok for seg fysikkfaget gjennom faget de kalte Naturvidenskaber, og ble undervist på realgymnaset. På den tiden var det kun fåtallet av unge mennesker som tok utdanning tilsvarende videregående utdanning som vi har den dag i dag, slik at denne undervisningen var ment for de fremadstormende personene som skulle bli noe stort. Likevel kan det tyde på at fysikkfaget fikk et tydelig praktisk preg i starten. For eksempel ble det tydeliggjort viktigheten av å få kjennskap til blant annet et kompresjonsapparat, og en gassbrenner.

Litt senere, i 1899, blir fysikkfaget for første gang et eget fag i Norge. Her står det noe interessant: «De i form af matematiske formler udtrykte love maa anskues fra de forskjellige sider, idet deres grundigere forstaaelse og tilegnelse sikres ved gjennomgaaelse af alle den slags regneeksempler, hvortil de naturligen giver anledning. Under dette arbejde maa man imidlertid vel vogte sig for at gjøre fysiken til et underbrug av matematikken; man bør undgaa enhver kunstlet anvendelse av formlerne og bør ikke inklade sig paa løsningen af mer indviklede opgaver, hvor hovedsagen snarere bliver færdighed i den matematiske behandling af de givne ligninger end en grundig indsigt i formlernes betydning og anvendelse» (Hentet fra læreplanen 1899, sitert i Angell et al., 2019, s. 92). Disse ordene kunne like godt stått i læreplanen fra 2006 som omhandlet Forskerspiren.

Den neste læreplanen kom ikke før i 1935, der det i enda større grad ble vektlagt at fysikk skulle være et praktisk fag. Her ble det særlig lagt vekt på at elevene selv skulle gjøre forsøkene, istedenfor at lærerne hadde demonstrasjonsforsøk. Dette viser en tydelig videreføring fra det som ble vist til ovenfor; elevene skulle erfare selv, og bygge fysikkforståelsen på sine egne opplevelser og sin interaksjon med verden.

Angell et al. (2019) viser til at det skjedde en endring etter Sputnik 1 sin oppskyting i 1957. Dette var i en turbulent periode mellom USA og Sovjetunionen. Romfartkappløpet ble arenaen som tok over for krigføringen mellom østen og vesten (Tantillo, 2023). Da Sovjetunionen ble landet som var først til å få en person i verdensrommet, sendte det et grøss gjennom de vestlige landene. Hadde østen et teknologisk fremskritt? Bungum (2008) viser til at illustrasjonene i fysikklærebøkene gikk mot å bli mer abstrakte og skjematisk, istedenfor konkrete illustrasjoner av et eksperiment. Bungum viser videre til at dette har medført til at leseren blir i en større grad en observatør av forskning, istedenfor at bildene stimulerer til innlevelse av det gitte konseptet. For å si det enklere: Illustrasjonene i tidligere lærebøker la opp til at leseren kunne se for seg at han/hun gjorde forsøket. Dette ser man ved at perspektivet i illustrasjonen er alltid i leserens perspektiv. I nyere lærebøker er det oftere illustrasjoner av forskere som gjør forskning. Dette kan være med å skape en fremmedgjøring av forskning og fysikk, der fysikk ikke er noe som kan studeres selv.

Denne fremmedgjøringen av fysikkfaget har jeg ønsket å gjøre noe med, og går tilbake til sitatet av Wagenschein jeg hadde med i innledningen. Østergaard fortalte i en forelesning en gang om at fysikk ble i flere sammenhenger kalt «læren om den døde natur». Ikke rart at det kan oppstå et skille mellom elevenes opplevelse av virkeligheten og det de lærer i klasserommet! Vår verdensoppfatning er av en levende natur, ikke en død natur. Hvis man ser på tallene over hvor mange elever som velger fysikk på videregående, så er tallene nedslående. Av 65088 avgangselever fra skoleåret 2020-2021, var det kun 4870 som fullførte fysikk 1 (Utdanningsdirektoratet, 2023b; Utdanningsdirektoratet, 2023a). Dette utgjør en andel på sju prosent. Går du tilbake til 80-tallet var andelen på 20 prosent (Sjøberg & Schreiner, 2005). Hvilke grunner ligger bak denne nedadgående interessen for fysikk, og hvilke konsekvenser vil det ha på sikt når behovet for teknologisk rettede personer bare øker og øker?

Det har kommet flere valgfag i den videregående skolen, som har gjort at elever kan i større grad velge sin studieretning etter sine interesser. Dette er jeg ikke imot, jeg mener at elevene bør velge fag etter interesse, i og med at uten indre motivasjon er det liten hjelp med ytre motivasjon. Dog, som en spirende fysikklærer er det nettopp fysikkfaget jeg kan gjøre noe med, og derfor har jeg sett på hvilke grep en lærer kan gjøre for å tilrettelegge for at elevenes indre motivasjon kan slippe til. I naturfag, og da fysikk, er den vitenskapelige metode sentral, og det er nettopp dette fenomenologi ønsker å tilrettelegge for. Det at elevene får se hvordan vitenskap, **skapes**, og at elevene får et innblikk i at disse prosessene kan elevene selv være delaktige i, er selve essensen i det Wagenschein (1975) og resten av fenomenologene fremmer. Dette søkelyset på den vitenskapelige metode er det flere retninger innen didaktikken som har tatt for seg, blant annet John Deweys undervisningsfilosofi. Kontrasten til fenomenologien er det at fenomenologene har et eksplisitt søkelys på å bygge en **bro** fra elevenes tidligere erfaringer og det de har lært, til den nye kunnskapen som skal opparbeides.

5.3.3 Historien som sti

For å gå tilbake til punktet der Per beskrev hvordan man kan legge opp til et fenomenologisk, didaktisk læringsløp, nevnte han hvordan man kan begynne med at elevene starter med frilek, for så å styre elevene litt i en retning, for så å styre elevene i en annen retning. Dette er med på å skape en fortelling, eller opplevelsen av at elevene går en sti som fører et sted. Marianne forteller også om hvordan da de lagde læreboka Kraft (2021) var de opptatt av å skape en **historie**. Nedenfor vises det et utdrag fra da jeg spurte om forskjellene mellom Kraft-boka og de andre fysikkbøkene:

M: Det som vi har gjort [i Kraft] men de [Rom Stoff Tid] ikke gjorde, det er at de hadde masse småaktiviteter, men de hadde det som en egen greie, en egen side, på slutten av kapitler-

ne. Egentlig mer tips til undervisning, menn vi har på en måte bakt det inn i boka, inn i liksom læringa. Fordi det jeg tror, jeg tror de levde med en... Tradisjonelt en oppfattelse om hva en lærebok var. Som var at her har du faget, og så har du gjøringene, de delte dem opp. Mens vi har kanskje vært mer opptatt av å bake dette inn i selve... Bygge det opp nesten som en **historie**, da, du er med på en eller annen reise underveid, et resonnement...

Dette søkelyset på historien har jeg bitt meg merke i. Hugo (2006) viser også til dette, der han beskriver det at «greier du å hente ut alle de ulike fag og prosesser fra ett og samme fenomen, så har du samtidig - uten å omtale sammenhenger - vist hvordan disse fag og prosesser som et hele henger sammen» (s. 4). Som jeg beskrev i teoridelen, har Michael Faraday sitt undervisningsopplegg i senere tid blitt sett på som et av de fremste eksemplene på å skape en historie ut av fenomenet (Faraday, 2004). Det geniale var at Faraday alltid gikk tilbake til det samme fenomenet, slik at det var noe felles å ta tak i. I tillegg startet han med et spørsmål som fikk elevene til å **undre**. Dermed hadde han løst det evige spørsmålet en lærer uunngåelig vil møte på fra elevene: «Hvorfor skal vi lære dette her?». Ved å skape et behov for denne kunnskapen, ved å legge til rette for den, da må man ha gjort noe riktig. Som Marianne beskriver:

M: Jeg er tilhenger av at de [elevene] skal føle et behov for å lære dette her, altså de skal føle at det har en nytteverdi, da. Jeg liker å få de til å tenke at «Hei! Hvordan skal vi finne ut av dette?». Så kommer jeg med noen tips og ting, måter de kan tenke på og så har de litt en nytteverdi av det som kommer, at det ikke bare blir servert, da. At de lurte på hvordan ting henger sammen, at du setter dem i et eller annet, gir dem noe

å tenke på sånn at det gjør at de har behov for denne kunnskapen.

Ut fra mitt undervisningsopplegg, i lys av konstruktivistiske og fenomenologiske teorier, kan elevene selv komme fram til en matematisk forståelse som har et rotfeste i elevenes egne erfaringer. Læreboka Kraft (2021) demonstrerer hvordan dette kan gjøres i bokform, og hvordan læreboka kan være et viktig verktøy som læreren kan ta utgangspunkt i. Nordal (2006) viser hvordan man kan utnytte en spesifikk kontekst til videre å gjøre prosessen mer relevant for elevene. Ved å kombinere disse tre innsiktene er det mulig å gå et steg videre til å «møte elevene der de er» (Østergaard, 2011; Freudenthal, 1993). Det vil aldri være mulig å kopiere et undervisningsopplegg. Alle klasser er forskjellige, og alle elevene er unike. Dermed ligger utfordringen i å treffe elevenes unike behov for å lære. Likevel mener jeg det er her gleden for å undervise ligger, i hvert fall for min egen del. Å trække opp stien og se hvordan elevene finner fram til målet, er det som trekker meg til læreryrket.

5.3.4 Sammenlikning av lærebøkene

En av fysikklærebøkene i den norske som forsøker å legge opp til denne brobyggingen for elevene er læreboka Kraft (Fossum et al., 2021). Et eksempel som demonstrerer dette er på side 65 i læreboka, der Newtons tredje lov blir introdusert:

Ta en bok, en stein, mobilen din eller et annet passende legeme, løft det opp og la det ligge i ro i håndflaten din. Kjenner du kraften fra legemet på hånda? Virker hånda på legemet med en kraft?

Særlig legger jeg merke til at boka legger opp til en **egenrefleksjon**, spørsmålet omhandler elevens egen opplevelse. Dermed er det ingen feil svar, i og med at elevene kun beskriver det de selv kjenner. Slik som Per beskrev i starten ovenfor: «... vi ønsker egentlig å få til hos elevene at de forstår hvordan naturvitenskap skapes. Altså vitenskap. Og at det skjer gjennom observasjon og erfaring.

Og at de erfaringene du gjør deg, de er aldri feil. Det er egentlig det mest autentiske og riktige.»

La oss nå sammenlikne hvordan Ergo (2021, s. 101) introduserer Newtons tredje lov. Ergo starter delkapittelet med et utdrag de kaller for «Utforsk!». I denne delen står det:

To lag deltar i tautrekking. Hva kan årsaken være til at ett lag vinner, når begge lagene opplever en like stor kraft fra tauet?

Her setter Ergo elevene inn i en situasjon som de ikke nødvendigvis har et forhold til fra før. Det er ikke gitt at elevene har vært med på tautrekking. I tillegg ligger det en antakelse i spørsmålet som sier «når begge lagene opplever en like stor kraft fra tauet». Som det står i avsnittet under «Utforsk!»-delen har de tidligere i kapittelet definert en kraft som noe som virker mellom to gjenstander, fra den ene gjenstanden til den andre. Virker ikke da spørsmålet Ergo stiller motsigende, ved at tauet virker på begge lagene? Jeg mener at det tankeeksperimentet Ergo stiller som introduksjon til Newtons tredje lov er med på å skape en løsrivelse fra elevenes tidligere erfaringer og den nye kunnskapen. Ved å sammenlikne med Kraft sitt introduksjons-spørsmål rettes søkelyset mot elevenes egen kunnskapingsprosess, der de selv er delaktige i å komme fram til en forståelse av det som undersøkes.

Videre kan vi se på introduksjonen både Ergo og Kraft har til begrepet bevegelsesmengde. I Ergo (s. 192) starter de igjen med en «Utforsk!»-del, der de presenterer et tankeeksperiment med en medfølgende illustrasjon:

I sangen «Fløy en liten blåfugl» synges det om en fugl som flyr gjennom et vindu. La vinduet være lukket, slik at fuglen dunker i vindusruta med farten 0,5 m/s (uten å skade seg). Hvordan ville situasjonen vært dersom farten var den samme, men sangen het «Fløy en liten blåhval»?

I dette tankeeksperimentet er det flere abstraksjoner som må på plass. Først nevnes det



Figur 6: Fra Ergos «Utforsk!»-del som introduserer bevegelsesmengde (Callin et al., 2021, s. 192).

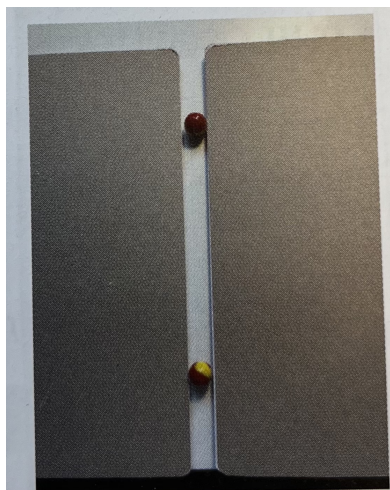
en sang om en fugl, som ikke nødvendigvis alle elevene har hørt. Dermed må det videre forklares hva som skjer i denne sangen med å beskrive at fuglen flyr gjennom et vindu. Så skjer det tydeligvis en endring fra sangen, ved at i dette tilfellet er vinduet lukket slik at fuglen treffer vinduet, der de attpåtil gjør det klart at fuglen kommer med en spesifikk fart (0,5 m/s) og at fuglen ikke skader seg. Så kommer det enda en abstraksjon, der fuglen byttes ut, slik at det nå er en blåhval som flyr gjennom vinduet. Tillat meg å utlede dette tankeeksperimentet så rigorøst som jeg gjorde, hovedtanken er at her skjer det flere abstraksjoner som elevene må sette seg inn i.

I Kraft har forfatterne forsøkt å starte hvert kapittel med en aktivitet. I startaktiviteten til kapittelet bevegelsesmengde legger Kraft opp til denne aktiviteten med en tilhørende illustrasjon (2021, s. 131):

I denne aktiviteten trenger du to klinkekuler med like stor masse og en bane som gir kulene en rettlinjet bevegelse. Banen kan du lage ved å legge to bøker ved siden av hverandre med litt avstand.

- Plasser de to klinkekulene omtrent 20 cm fra hverandre i banen.

- Sørg for at den ene kula ligger i ro, og send den andre kula rett mot denne, slik at de to kulene kolliderer.
- Gjenta og varier startfarten til kula. Observer hva som skjer, og beskriv bevegelsen til kulene før, under og etter kollisjonen med begreper fra fysikken.



Figur 7: Fra Krafts startaktivitet som introduserer bevegelsesmengde (Fossum et al., 2021, s. 131).

Denne introduksjonen til bevegelsesmengde tilrettelegger for elevenes egne vitenskapingsprosess. Det er en tanke både på hvor elevene skal og det de skal lære, men også der de kommer fra. Ved å da i tillegg ta utgangspunkt i å starte introduksjonen av et begrep i den virkelige verden, der elevene selv befinner seg, kan man som lærer forsikre seg om at det skapes et felles referansepunkt og en felles inngang inn i lærestoffet. Dette er selve essensen i fenomenbasert undervisning, der det ideelt sett ikke er noen abstrakte konsepter som blir introdusert uten at det «rotfestes» i elevenes egne erfaringer (Dahlin, 2003; Østergaard, 2017).

Jeg ønsker å ta et siste eksempel av hvordan de forskjellige lærebøkene legger opp undervisningen. Per fortalte at kapittel 2 som omhandler bevegelseslikningene i Kraft-boka illustrerte hvordan elevene fikk innsikt i hvor kunnskapen i fysikk kommer fra. Per forteller:

P: Det som er generelt som vi har prøvd å gjøre med Kraft er at vi har prøvd å vektlegge erfaringer mer enn det som har vært vanlig i tradisjonelle læreverk. Så for eksempel i starten på mekanikkapittelet, med bevegelseslikningene er at elevene gjennomfører et forsøk der de sender en vogn opp på et skråplan også filmer de det og tracker også ser de hvordan vogna beveger seg også ser de punkter på en graf, kjører regresjon på det og får et matematisk uttrykk for bevegelsesfunksjonen. Og da blir jo det en annengradslikning som de da kan bruke som bevegelseslikning 1; $s(t)$. Og så bruker de derivasjonsmatematikken de har lært i 1T, for å finne farten. Da får de bevegelseslikning 2. Også bruker de bevegelseslikning 1 og 2, da, for å utvikle bevegelseslikning 3 og 4. Og dette her er da til forskjell fra den tradisjonelle framgangsmåten som Ergo har, der de på en måte bare presenterer disse her likningene som på en måte, på samme måte som vi i og for seg gjør med Newtons lover og sånn. Så på en måte gitte funksjoner og uttrykk som de bare må lære seg å bruke, så det er et søkelys på å gjøre forsøk innledningsvis til hvert emne og tema, som gjør at de kan få de erfaringene som de trenger for å forstå fysikken.

På side 32 i Kraft (2021) introduserer de en situasjon der elevene skal sende en lekebil opp et skråplan. Bilen vil så klart bevege seg oppover planet, før den stopper opp og vil trille ned igjen. Videre legger boka opp til at elevene gjør datamålinger av bevegelsen til leke bilen, slik at elevene får ut et datasett med posisjons- og tidsverdier. Fra disse verdiene kan elevene få ut en posisjonsgraf og en fartsgraf. Videre kan elevene gjøre en regresjon av posisjonsgrafen for å finne et funksjonsuttrykk som beskriver bevegelsen til lekebilen. På denne måten har elevene vært med på vitenskapingsprosessen og har fått sett hvordan en matematisk beskrivelse kommer ut fra

det som de selv har sett.

Etter å ha kommet fram til et funksjonsuttrykk som beskriver posisjonen over tid til lekebilens kan dette uttrykket deriveres for å finne lekebilens fart over tid. Til slutt kan fartsuttrykket deriveres for å finne akselerasjonen over tid. Ved å bruke uttrykkene boka bruker som eksempel (Fossum et al., 2021, s. 38):

$$\begin{aligned} s(t) &= (-1.8t^2 + 2.5t + 0) \text{ m} \\ v(t) &= (-3.6t + 2.5) \text{ m/s} \\ a(t) &= -3.6 \text{ m/s}^2 \end{aligned} \quad (2)$$

Fra disse funksjonsuttrykkene er det mulig å generalisere uttrykkene slik at de kan anvendes i liknende situasjoner. Boka oppfordrer til å se hva som skjer med uttrykkene hvis man setter inn starttiden, altså $t=0$. Uttrykksleddene som inneholder t faller bort, og vi ser at startposisjonen er lik 0 meter og startfarten er lik 2.5 m/s. Kanskje mest interessant kan elevene se at det ikke er noen ledd i akselerasjonsuttrykket som inneholder t , slik at akselerasjonen er konstant. Dette er en viktig innsikt når elevene jobber med bevegelseslikningene, og de har nå sett gjennom sine egne data at akselerasjonen er nødt til å være konstant i sin egen situasjon, men også liknende situasjoner.

Så vi har sett at elevene kan veiledes gjennom en prosess der de selv finner et funksjonsuttrykk som beskriver det de har erfart. Videre oppfordrer boka til å generalisere uttrykket slik at likningene kan brukes i andre situasjoner der akselerasjonen er konstant. Vi ser at det første leddet i posisjonsuttrykket så er koeffisienten halvparten av akselerasjonen, slik at uttrykket kan generaliseres til $\frac{1}{2}at^2$. Videre ser vi at leddene for fart og posisjon i posisjonsuttrykket er lik startfarten og startposisjonen. Ved å gjøre tilsvarende observasjoner for fartsuttrykket får vi bevegelseslikningene 1 og 2:

$$\begin{aligned} s &= \frac{1}{2}at^2 + v_0t + s_0 \\ v &= at + v_0 \end{aligned} \quad (3)$$

Dermed har elevene fått innblikk i en innfallsvinkel som tar utgangspunkt i det de selv har gjort. Til slutt viser boka hvordan man kan komme fram til to bevegelseslikninger til som ikke tar hensyn til tid i den ene bevegelseslikningen, og akselerasjon i den andre. Dette gjøres ved å sette bevegelseslikning 1 inn i bevegelseslikning 2, og vice versa. Bevegelseslikning 3 og 4 blir da følgende:

$$\begin{aligned} s &= \frac{1}{2}(v - v_0)t \\ 2as &= v^2 - v_0^2 \end{aligned} \quad (4)$$

Elevene har med dette vært med på reisen fra sine egne erfaringer til en matematisk og generell forståelse av hvordan objekter med konstant akselerasjon kan beskrives. Ved å sammenlikne med Ergos (2021) introduksjon til bevegelseslikningene kan det betraktes noen forskjeller.

På side 37 i Ergo (2021) blir det vist tilbake til et tidligere eksempel der farten økte like mye hvert sekund, slik at det var konstant akselerasjon. Deretter introduserer boka de fire bevegelseslikningene med en boks de kaller for «VIKTIG!»:

Bevegelseslikningene for konstant akselerasjon

For rettlinjet bevegelse med konstant akselerasjon a er

$$\begin{aligned} v &= at + v_0 && (\text{fartslikningen}) \\ s &= \frac{v + v_0}{2}t && (\text{posisjonslikning 1}) \\ s &= \frac{1}{2}at^2 + v_0t && (\text{posisjonslikning 2}) \\ v^2 - v_0^2 &= 2as && (\text{tidløslikning}) \end{aligned}$$

Her er s og v posisjonen og farten ved

tiden t og v_0 er farten når $t=0$. v_0 kaller vi gjerne startfarten.

Videre tar boka for seg eksempler der de bruker bevegelseslikningene til å løse et gitt problem. Fremgangsmåten boka legger fram for å løse disse oppgavene beskriver de på side 38. I starten av denne beskrivelsen oppfordrer boka til å lage en skisse av situasjonen, og skrive opp alle opplysningene som har blitt gitt. Videre blir prosessen av oppgaveløsningen beskrevet slik:

Når du har fått en oversikt over hvilke størrelser du kjenner, vil vanligvis en av bevegelseslikningene inneholde tre kjente og en ukjent størrelse. Ved å løse likningen med hensyn på den ukjente størrelsen og deretter sette inn de kjente verdiene, har du kommet steg videre i prosessen, kanskje til og med løst hele oppgaven.

Boka oppfordrer altså til å se på hvilke opplysninger som har blitt gitt, for så å se om en av de fire bevegelseslikningene kan gi elevene svaret som de er ute etter. Dog er det uten videre antatt at bevegelseslikningene **stemmer**. Hvor kommer denne innsikten fra? I lys av fenomenologisk teori mener jeg at dette kan skape en utfordring for elevene, der prosessen og arbeidsmåten som presenteres er løsrevet fra elevenes virkelighet.

På en side kan det argumenteres for at det er lærerens jobb å skape denne forbindelsen for elevene. For eksempel har Ergo (2021) på side 67 en rekke forslag til forsøk læreren kan tilrettelegge for elevene. Ett av disse forslagene kaller de for «Vogn på skråplan», og kunne vært en viktig introduksjon til bevegelseslikningene på samme linje som starteksempelet til Kraft (Fossum et al., 2021). På en annen side vil jeg argumentere for at Kraft sin fremgangsmåte er mer helhetlig og gir elevene et klarere innblikk i prosessen fra det konkrete til det abstrakte.

5.3.5 Løsningsforslagets utfordring

Nå er det ikke sann at en elev er ferdig utlært etter å ha gått gjennom en prosess fra

det konkrete de selv har opplevd til å kunne beskrive det matematisk. Fysikk er mer enn det. Et fremtredende trekk i fysikk er å løse oppgaver skriftlig. Det vises også ved en undersøkelse TIMSS gjennomførte i 2015, som så på hva som foregikk i fysikktimene. Blant lærerne som var med på undersøkelsen svarte nesten halvparten at elevene satt og jobbet med oppgaver «(nesten) hver time». Under mitt undervisningsopplegg hadde jeg et håp om at elevene kunne bygge videre på undervisningen jeg hadde gjennomført, til å løse tilsvarende oppgaver for eksempel fra læreboka. Dermed satt jeg og observerte undervisningstimen som kom etter mitt undervisningsopplegg, der både Marianne og Per hadde lagt opp til mye selvstendig oppgaveløsning for elevene. En interessant observasjon jeg la merke til i begge klassene var at elevene hadde utfordringer med å anvende forståelsen de hadde opparbeidet seg i undervisningstimene jeg hadde hatt, til å løse oppgavene i læreboka. Det virket som det var en «vegg av kompleksitet», som gjorde at elevene ikke så relevansen til det de hadde gjort tidligere. Jeg spurte både Marianne og Per i intervjuene om de hadde noen refleksjoner rundt dette. Per hadde noen bemerkninger:

P: Vi snakket faktisk senest på avdelingsmøte isted nå med dette om vi opplever litt at denne coronagenerasjonen er enda dårligere enn før, og de var ikke så gode på det før heller, på det å ha stamina og utholdenhet i møte med problemer de ikke ser løsningen på med en gang. Og år de kommer til nye temaer og nye problemstillinger så er de aller fleste, og dette er elever som har valgt fysikk, de er ganske hjelpeløse sånn med en gang. Så ser vi det at når vi har jobba oss ordentlig inn i et tema, og de har løst oppgaver rundt et tema mange ganger, så begynner de etter hvert å få litt større selvtillit og en utholdenhet i møte med nye problemstillinger. Men de har en melkesyreterskel på å slite som er veldig lav. Tidligere har det ikke vært sann at det har forelig-

get løsningsforslag til alle oppgavene i bøkene for elevene. Det har vi som lærere måttet lage, men nå har de jo tilgang på løsningsforslag på alle oppgavene med den nye læreboka. Og det er ikke en udelt positiv ting, og jeg oppfordrer dem til å ikke bruke det for mye, [...] sånn at de får et aktivt forhold til sin egen læringsprosess. Men det er alt for mange som alt for fort legger seg på ryggen og roper på mamma eller løsningsforslag, eller...

Løsningsforslaget er med på å skape en «riktig» måte å tenke og løse oppgavene på, som ikke nødvendigvis er et positivt aspekt i elevenes læringsprosess. I tillegg skaper det igjen en abstraksjon som ligger til hinder for elevenes mulighet til å trekke på tidligere erfaringer. Per er tydelig misfornøyd i at Løsningsforslaget er tilgjengelig for alle oppgavene, men han var medforfatter på den første Kraft-boka som kom i 2018. Hvorfor valgte de å ha med løsningsforslag? Marianne kan være med på å oppklare spørsmålet:

E: Jeg forstår at alle oppgavene i boka har løsningsforslag...

M: Det er den mest brukte nettsida på hele Cappelen Damm. Det er ikke... Det er noe som forlaget har bestemt at vi skal gjøre. Det er ikke noe jeg er tilhenger av. Jeg tror det selger bøker. Jeg tror det rett og slett er så enkelt. Så min motvekt til det er å få de opp på tavlene. Og gi de andre oppgaver, da, for så vidt. Også være streng på det. Så ser jeg jo at de er en nytteverdi i løsningsforslaget, når de sitter hjemme. Det er mye som skal på plass, så det er jo en hjelp for de, ikke sant. Met det er også litt sånn flask trygghet. Det er veldig fort gjort å ta snarveier hvis det er det eneste man gjør. Så det vi gjør da er å jobbe mye der de ikke har lov til å ha det oppe.

Marianne viser til at det er forlaget som har bestemt at det skal være løsningsforslag til

hver oppgave i boka. I lys av det jeg har observert i timene i Marianne og Per sin klasse, i tillegg til misnøyen begge viste til å ha løsningsforslag til alle oppgavene i boka, mener jeg at denne beslutningen fra forlaget går imot det læreboka ellers står for. Eller heller, **konsekvensen** av at løsningsforslaget er så lett tilgjengelig går imot det læreboka ellers legger opp til, som er nettopp denne prosessen fra erfaring til begrep. Her mener jeg forlaget bør se på muligheter for at lærerne kan ha større handlingsrom i når elevene kan titte på løsningsforslagene, og hvilke oppgaver de kan se på. For eksempel bør det være en enkel sak å låse tilgjengeligheten til løsningsforslagene i et gitt kapittel, fram til læreren mener det er hensiktsmessig at elevene tar i bruk dette hjelpemiddelet.

5.3.6 Fysikkboka som redskap

Hele argumentet mitt der jeg sammenlikner Ergo og Kraft bygger på antakelsen om at læreboka er et viktig redskap for læreren for å tilrettelegge for elevenes læring. Hodgson (2012) forteller at lærebøker har en sterk stilling innen norsk undervisning, og som også støttes opp av at de store forlagene som Cappelen Damm og Aschehoug er raskt ute med å oppdatere lærebøkene når det kommer nye læreplaner. Fra både min egen tid på skolebenken og som lærerstudent har jeg også en formening om at læreboka dikterer fysikkundervisningen i stor grad.

Imidlertid er det vektlagt fra Utdanningsdirektoratet at metodefriheten skal stå sterkt i undervisningen. Dette er jeg fullstendig enig i, og støtter opp under den fenomenologiske tanke om å gjøre fagstoffet relevant for elevene. Det ville vært umulig for alle fysikklærere å bruke mitt undervisningsopplegg som en mal på hvordan man kan introdusere bevegelsesmengde, i og med at ikke alle har en ishockeyhall tilgjengelig. Det er heller ikke min intensjon. Det er grunnprinsippet som jeg har hatt som utgangspunkt når jeg har designet undervisningsopplegget jeg ønsker å belyse. Det å skape en bro mellom elevenes erfaringsbaserte kunnskap fra det de opplever, og tilrettelegge for at elevene selv over-

setter denne kunnskapen til en matematisk forståelse.

Jeg mener at Kraft (2021) i stor grad har lagt opp til å skape denne broen mellom erfaringsbasert kunnskap og matematisk forståelse. Hvorfor setter jeg et så stort søkelys på læreboka? Fordi læreboka har en nasjonal rekkevidde og etter min mening er et betydelig virkemiddel for å styrke fysikkundervisning i Norge. På samme måte som at jeg ikke mener at man bør kopiere undervisningsopplegget jeg gjennomførte, mener jeg heller ikke at det er nødvendig å følge læreboka Kraft slavisk. Imidlertid mener jeg den kan inspirere lærere til å i en større grad ta på alvor denne brobyggingen for elevene. Klart det er mye bra i Ergo (2021). Likevel har jeg en formening om at Kraft gjør det enklere for læreren å tilrettelegge veien fra erfaring til begrep, noe som gagnar både læreren og eleven. Jobbes det med Ergo, står man mer på bar bakke hvis en ønsker å lage et fenomenbasert undervisningsopplegg.

5.3.7 Å skape en kontekst

Dette leder meg inn til Nordal (2006) sin masteroppgave, som jeg har forsøkt å bygge videre på i dette masterarbeidet. Nordal hadde en skogbrukerklasse i tre uker. I den første perioden var de ute og hogde trær på forskjellig vis. Dette ga en klar relevans til en klasse med skogbrukere, dette var noe de hadde et forhold til fra før av og var det de utdannet seg til å gjøre. Etter den første perioden gikk de inn i klasserommet og tok på seg «fysikerbrillene», der de fikk kjennskap til begrepene til bevegelsene og interaksjonene de hadde observert da de felte trærne. Begrep som moment, kraft, akselerasjon, begreper i fysikkfaget. Til slutt brukte de begrepene til å gjøre beregninger av hvor mye arbeid som krevdes for å felle trærne på forskjellig vis. Dermed hadde elevene fått en innsikt som gav dem dypere forståelse for hvilke metoder i skogbruket som er mest effektive.

I Nordal (2006) sin masteroppgave var det en tydelig relevans mellom det elevene skulle lære, og det elevene skulle utdanne seg

til. Dermed var behovet for å lære temmelig åpenbart, i hvert fall fra fysikklæreren sitt perspektiv. Imidlertid er det to studiespesialiserende klasser jeg har gjennomført mitt undervisningsopplegg i. De har enda ikke valgt en særskilt utdanning de skal ta for seg. En vei som står åpen for elevene er en ingeniørutdanning, som er den eneste utdanningen som krever en fysikkompetanse før man begynner. Likevel er det til og med innen ingeniørfag nærmest utallige veier å gå, alt fra elektronikk, bygg og anlegg, robotikk, geomatikk og datavitenskap. Hvordan kan du som lærer tilfredsstille alle de forskjellige behovene en elev sitter med for å engasjere seg? Alle elevene kan en ikke treffe hver gang.

Her mener jeg mitt undervisningsopplegg kan adressere denne utfordringen. Ved å skape en arena som engasjerer på et annet sett, som å gå på skøyter, kan et behov imøtekommes. Som Marianne beskrev i intervjuet: «Når elevene går på skøyter nå, så kommer de til å tenke på bevegelsesmengde». Fenomenet knyttes til noe eksternt, noe felles for elevene, som ikke nødvendigvis har en direkte kobling til begrepet som skal forstås. Likevel mener jeg at undervisningsopplegget mitt demonstrerer at konteksten til undervisningsopplegget kan være opplevelsen i seg selv.

5.4 Tilbake til start

I starten av oppgaven la jeg fram hvordan jeg ønsket å se på mulighetene til programmering som et verktøy for læring i undervisningen. Selv om det kan virke sånn, har jeg ikke konvertert over til positivistene. Jeg mener fortsatt det er en plass for programmering i skolen, og det er flere gode tiltak som er med på å få denne overgangen for lærerne til å gå så smertefritt som mulig. For eksempel har jeg vært med som hjelpelærer på et etterutdanningskurs for lærere i programmering. Responsen fra lærerne som har vært på kurset har vært overveldende positiv, og viser at behovet for gode undervisningsopplegg som omhandler programmering er der. I lys av denne erfaringen og samtalene jeg har hatt med lærere under praksisperioder og vikariat ville det vært både relevant og hensiktsmes-

sig å forfølge programmeringsspørsmålet.

Likevel er jeg utrolig glad for å ha løftet et blikk mot den fenomenologiske undervisningsteorien. Programmering kan helt sikkert være et nyttig verktøy i undervisningen, men for at programmeringen skal gi **mening** kreves det en abstraksjonsprosess i forkant. Hvis ikke så vender den ontologiske reverseeringen tilbake, der elevenes omgang med verden er løsrevet fra undervisningen (Dahlin et al., 2009). Wagenschein forklarte det som om undervisningen «startet i slutten» (Wagenschein, 1975), de matematiske likningene og modellene ble mer virkelig enn det de representerer. Ekstra oppløftende er det da å finne ut av at elevene selv kan være med på å oversette sine erfaringer til begrep. Når i tillegg læreboka Kraft (Fossum et al., 2021) viser at det er mulig å legge opp et undervisningsdesign som tar den fenomenologiske vinklingen på alvor, gir det meg et håp om at vår generasjon av fysikklærere kan videreføre den typen undervisning som min egen lærer på videregående hadde.

6 Konklusjon

I denne oppgaven har jeg sett på hvordan man som lærer kan tilrettelegge for elevenes læringsprosess som går fra erfaring til begrepsforståelse i fysikkundervisning. For å finne ut av dette designet jeg et undervisningsopplegg sammen med samarbeidslærene som la til rette for denne prosessen i et bestemt kapittel: «Bevegelsesmengde». Prosessen av å designe og forbedre undervisningsopplegget ble beskrevet, og viste at i dette bestemte kapitlet, og på denne bestemte skolen, klarte elevene å se sammenhengen mellom ulike representasjoner av bevegelsesmengde.

6.1 Erfaringer fra utprøvingen

Ved å legge opp til et erfaringsbasert undervisningsopplegg der elevene gikk på skøyter og spilte curling, kunne elevene kjenne selv på kroppen hva bevegelsesmengde innebærer. Som et mellomledd mellom erfaringene

de selv hadde opplevd og den matematiske begrepsforståelsen, la jeg opp til at elevene skulle beskrive med egne ord det de hadde opplevd, og om de hadde merket noen likheter mellom de forskjellige aktivitetene på isen. Da vi kom inn i klasserommet la jeg opp til at elevene skulle matematisk løse oppgaver som liknet mest mulig på det de selv hadde erfart på isen. Elevene viste at særlig ved oppgavene som liknet mest på det de selv hadde opplevd så klarte de å matematisk beskrive og løse oppgavene.

Noen didaktiske utfordringer oppsto under gjennomføringen av undervisningsopplegget. Den mest iøynefallende utfordringen var da jeg la opp til et eksperiment der elevene måtte kombinere de forskjellige innsiktene de hadde erfart og omformet til en matematisk forståelse. Dog kan det betraktes som et verdifullt poeng at man kan ikke forvente at elevene kan abstrahere i det uendelige på så kort tid som undervisningsopplegget mitt varte. En annen utfordring var å skape aktivitetene elevene skulle erfare gjennom slik at de kunne beskrives matematisk uten antakelser. Det fullstendig uelastiske støtet var en aktivitet som svarte godt på denne utfordringen, ved at elevene kunne beskrive direkte fra det de hadde opplevd til det matematiske. Det elastiske støtet fungerte på en mindre hensiktsmessig måte, ved at det måtte legges til en antakelse. Et helt elastisk støt finnes ikke i virkeligheten, det er en tilnærming fra et uelastisk støt for å gjøre det enklere å beregne matematisk. Derfor kunne det vært mer hensiktsmessig å ta for seg et uelastisk støt, som nærmere beskriver det de opplevde på isen. Dette kunne også åpnet for at elevene kunne diskutere hvorfor de ikke kunne regne på oppgaven som tok for seg det de hadde opplevd, og gitt dem innsikt i grunnen for at vi benytter oss av begrepet elastisk støt.

6.2 Å forstå og arbeide med oversettingen

Det designbaserte undervisningsopplegget har gitt meg innsikt i hvordan man kan tilrettelegge for elevenes læringsprosess fra er-

faring til begrepsforståelse. I kombinasjon med intervjuene med samarbeidslærerne og et nytt blikk på litteraturen har denne innsikten gjort meg i stand til å gi en pekepinn på hvordan dette kan gjennomføres i andre fysikktemaer. Jeg argumenterer for at lærere må finne den begrepsmessige tråden i det de underviser.

Videre må begrepene ses gjennom elevenes øyne, og hvordan sammenhengene mellom begrepene kan være forståelig for elevene. En positiv innsikt fra mitt eget undervisningsopplegg er at elevene ikke nødvendigvis trenger å ha en direkte kontekst til det som blir undervist for å få til prosessen fra erfaring til begrepsforståelse. Nordal (2006) hadde en skogbrukerklasse, og lærte om fysikk ved å felle trær. Mitt argument bygger på at selve læringsarenaen og at elevene som får lov til å utfolde seg med hele kroppen kan være konteksten i seg selv.

I denne delen av oppgaven sammenliknet jeg fysikkbøkene Kraft (Fossum et al., 2021) og Ergo (Callin et al., 2021) for å undersøke om de la opp til læringsprosessen fra erfaring til begrepsforståelse. Jeg fant at Kraft hadde et større søkelys på å ha en erfaringsbasert inngang til et nytt begrep enn det Ergo hadde. Dette kan være med på å støtte lærere i å finne innfallsvinkler som rotfestes i elevenes egne erfaringer. De forskjellige forslagene i boka treffer nødvendigvis ikke alle klasser, men de kan være gode utgangspunkt som kan vise én mulig vei å gå. Et skjær i sjøen ved lærebøkene er tilgjengeligheten av løsningsforslag til alle oppgavene i boka. Denne tilgjengeligheten gjør det vanskeligere for elevene å finne sin vei til forståelse, når det alltid finnes en «rett» måte å gjøre det på.

6.3 En fysikkfaglig forståelse

Fra jeg startet dette masteropplegget har jeg forsøkt å sette ord på hva som gjorde at jeg ble fascinert av den fenomenologiske undervisningsdidaktikken. Jeg mener å ha kommet frem til et ord som beskriver det ganske treffende: det skaper en **helhet** i undervisningen. Fenomenbasert un-

dervisning tar utgangspunkt i hvilke prosesser som ligger bak hvordan vi mennesker naturlig lærer, illustrert i denne oppgaven gjennom Deweys undersøkelsesprosess (Säljö, 2016) og Hugos oppmerksomhetsbevegelse (Hugo, 1995). Wagenschein beskriver hvordan man kan legge opp et didaktisk undervisningsopplegg som tilrettelegger for denne naturlige læringsprosessen ved å legge opp til gradvis økende abstraksjoner fra erfaring til begrepsforståelse (Wagenschein, 1968). Faraday (2004) viser hvordan et fenomenbasert undervisningsopplegg kan gjennomføres i praksis gjennom kun et eneste fenomen: stearinlyset, en gjenstand folk på midten av 1800-tallet hadde et sterkt forhold til (Faraday, 2004). Jeg mener at Nordal (2006) tar dette videre ved å bruke en kontekst som elevene er kjent med som en læringsarena, der elevene kan bruke hele kroppen til å lære om fysikk.

Mitt lille bidrag inn i denne undervisningsteorien er å ha vist at det er mulig å skape en kontekst som elevene ikke nødvendigvis har et tidligere forhold til. Ved at elevene kan bruke alle sansene sine, hele kroppen, kan de utforske konsepter i fysikk på samme måte som de interagerer med verden på.

Referanser

- Angell, C., Bungum, B., Henriksen, E. K., Kolstø, S. D., Persson, J. & Renstrøm, R. (2019). *Fysikkdidaktikk* (2. utgave.). Cappelen Damm akademisk.
- Anker, T. (2020). *Analyse i praksis : en håndbok for masterstudenter* (1. utgave, 1. opplag.). Cappelen Damm akademisk.
- Arons, A. B. (1982). Phenomenology and Logical Reasoning in Introductory Physics Courses. *American Journal of Physics*, 50(1), 13–20. <https://doi.org/10.1119/1.13012>
- Brown, A. L. (1992). Design Experiments: Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141–178. <http://www.jstor.org/stable/1466837>
- Bungum, B. (2008). Images of Physics: An Explorative Study of the Changing Character of Visual Images in Norwegian Physics Textbooks. *NorDiNa*, 4. <https://doi.org/10.5617/nordina.285>
- Bøhn, E. D. (2023, 24. januar). Ontologi. I *Store norske leksikon*. <https://snl.no/.versionview/1781095>
- Callin, N. P., Callin, N. P., Bjørneng, B., Dokka, I. H., Hellesøy, A., Seland, A. & Skåland, E. K. (2021). *Ergo: fysikk 1* (3. utgave). Aschehoug undervisning.
- Dahlin, B. (2002). Den tunga vetenskapen: Aspekter av blivande NA-lärares föreställningar om naturvetenskap. *Pedagogisk Forskning i Sverige*. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kau:diva-18173>
- Dahlin, B. (2003). The Ontological Reversal: A Figure of Thought of Importance for Science Education. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 47(1), 77–88. <https://doi.org/10.1080/00313830308606>
- Dahlin, B., Østergaard, E. & Hugo, A. (2009). An Argument for Reversing the Bases of Science Education - A Phenomenological Alternative to Cognitionism. *Nordina : Nordic studies in science education*, 5(2). <https://doi.org/10.5617/nordina.350>
- Dibley, L., Dickerson, S., Duffy, M. & Vandermause, R. (2020). *Doing hermeneutic phenomenology research: A practical guide*. SAGE Publications.
- Faraday, M. (2004). *The Chemical History of a Candle* (W. Crookes, Red.). Project Gutenberg. <https://www.gutenberg.org/ebooks/14474>
- Fossum, J.-C., Bergli, E., Dellnes, H. R., Myhrehagen, H. V. & Sandstad, M. (2021). *Kraft 1: lærebok i fysikk 1: studiespesialiserende utdanningsprogram* (2. utgave). Cappelen Damm.
- Freudenthal, H. (1993). Thoughts on Teaching Mechanics Didactical Phenomenology of the Concept of Force. I L. Streefland (Red.), *The Legacy of Hans Freudenthal* (s. 71–87). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-017-3377-9_5
- Gjølterud, S. M. & Strangstadstuen, S. (2004). PPU-student og skoleutvikler: pedagogisk utviklingsprosjekt - hva er det? *Chiron (Ås : trykt utg.)*, 2, 2–25.
- Grennes, T. (1997). *Innføring i Vitenskapsteori Og Metode*. Tano Aschehoug.
- Hlinak, M. (2014). The Socratic Method 2.0. *The Journal of legal studies education*, 31(1), 1–20. <https://doi.org/10.1111/jlse.12007>
- Hodgson, J. (2012). Sammenhengen mellom undervisning og læring: en studie av læreres praksis og deres tenkning under Kunnskapsløftet : sluttrapport. *NF-rapport (Nordlandsforskning : trykt utg.)*, nr. 4/2012. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2019102877020
- Holmen, H. A. (2023, 28. mars). epistemologi. I *Store norske leksikon*. <https://snl.no/.versionview/1880240>
- Hugo, A. (1995). *Erkjennelsens berøring med livet: grunntrekk av en organisk epistemologi med særlig henblikk på vitenskaperens rolle i forskning og undervisning* [Doktoravhandling]. Institutt for økonomi og samfunnsfag, Norges landbrukshøgskole. Ås.

- Hugo, A. (2006). Når faget vokser ut av fenomenene: naturen som historieforteller. *IMT-rapport (Universitetet for miljø- og biovitenskap. Institutt for matematiske realfag og teknologi : trykt utg.) Nr 12/2006*. https://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2021090809517
- Imsen, G. (2014). *Elevenes verden: innføring i pedagogisk psykologi* (5. utg.). Universitetsforlaget.
- Knain, E., Fredlund, T., Furberg, A., Mathiassen, K., Remmen, K. B. & Ødegaard, M. (2017). Representing to learn in science education: Theoretical framework and analytical approaches. *Acta Didactica Norge*, 11(3), 11. <https://doi.org/10.5617/adno.4722>
- Knain, E. & Hugo, A. (2007). Pendelen Mellom Erfaring Og Representasjon - En Fagdidaktisk Modell for 'Science Literacy'. I S. Matre & T. L. Hoel (Red.), *Skrive for Nåtid Og Framtid 1* (s. 333–347). Tapir akademisk.
- Nordal, S. (2006). *Fysikkens Levende Sammenhenger. Praksisteorier i Kontekstualisert Fysikkundervisning* [Masteroppgave]. Universitetet for miljø- og biovitenskap.
- Postholm, M. B. & Jacobsen, D. I. (2018). *Forskningsmetode for masterstudenter i lærerutdanningen*. Cappelen Damm akademisk.
- Roth, W.-M. (1995). *Authentic School Science: Knowing and Learning in Open-Inquiry Science Laboratories* (Softcover reprint of the original 1st ed. 1995 edition). Springer.
- Roth, W.-M. (2015). Enracinement or the earth, the originary ark, does not move: On the phenomenological (historical and ontogenetic) origin of common and scientific sense and the genetic method of teaching (for) understanding. *Cultural Studies of Science Education*, 10(2), 469–494. <https://doi.org/10.1007/s11422-014-9606-z>
- Scott, E. E., Wenderoth, M. P. & Doherty, J. H. (2020). Design-Based Research: A Methodology to Extend and Enrich Biology Education Research. *CBE—Life Sciences Education*, 19(3), es11. <https://doi.org/10.1187/cbe.19-11-0245>
- Sjøberg, S. (2004). *Naturfag Som Almenndannelse, En Kritisk Fagdidaktikk*. Gyldendal Norsk Forlag.
- Säljö, R. (2016). Pragmatismen, John Dewey og læring. I *Læring: en introduksjon til perspektiver og metaforer* (s. 82–104). Cappelen Damm Akademisk.
- Tantillo, M. V. (2023, 26. januar). Romkappløpet. I *Store norske leksikon*. Hentet 14. mars 2023, fra <https://snl.no/.versionview/1832913>
- Utdanningsdirektoratet. (2020). Læreplan i fysikk (FYS01-02). Fastsett som forskrift. Læreplanverket for Kunnskapsløftet 2020. <https://www.udir.no/lk20/fys01-02/om-faget/fagets-relevans-og-verdier>
- Utdanningsdirektoratet. (2023a). *Elevtall i videregående skole – fylker og skoler*. <https://www.udir.no/tall-og-forskning/statistikk/statistikk-videregaende-skole/elevtall-i-videregaende-skole/elevtall-fylker-og-skoler/>
- Utdanningsdirektoratet. (2023b). *Karakterstatistikk for videregående skole*. <https://www.udir.no/tall-og-forskning/statistikk/statistikk-videregaende-skole/karakterer-vgs/>
- Wagenschein, M. (1968). *Verstehen lernen [Learning understanding]*. Beltz.
- Wagenschein, M. (1975). *Save the Phenomena: The Primacy of Unmediated Experience*. <https://www.natureinstitute.org/article/martin-wagenschein/save-the-phenomena-the-primacy-of-unmediated-experience>
- Wagenschein, M. (2012). Teaching to Understand: On the Concept of the Exemplary in Teaching. I I. Westbury, S. Hopmann & K. Riquarts (Red.), *Teaching As A Reflective Practice: The German Didaktik Tradition* (s. 187–204). Routledge.
- Østergaard, E. (2011). Naturfaglærerens doble blikk – Fenomenologiske perspektiver på elevers naturkunnskap. *Norsk pedagogisk tidsskrift*, 95(4), 314–326. <https://doi.org/10.18261/ISSN1504-2987-2011-04-07>
- Østergaard, E. (2017). Earth at Rest. *Science & Education*, 26(5), 557–582. <https://doi.org/10.1007/s11191-017-9906-2>

Østergaard, E., Dahlin, B. & Hugo, A. (2008). Doing phenomenology in science education: A research review. *Studies in science education*, 44(2), 93–121.

Tillegg A NSD-skjema for elevene

Vil du delta i forskningsprosjektet

«Fenomenbasert fysikkundervisning»?

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å utvikle et fenomenbasert undervisningsopplegg. I dette skrivet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

Formål

Formålet med dette masterprosjektet er å utvikle et undervisningsopplegg som er fenomenbasert. Et fenomenbasert undervisningsopplegg går ut på å ta utgangspunkt i et fenomen, eller et eksempel, før man går videre til det abstrakte. Hensikten er å planlegge og gjennomføre et undervisningsopplegg i den første klassen, for så å diskutere og utbedre undervisningsopplegget fram til gjennomføringen i den andre klassen. Begge disse gjennomføringene vil forhåpentligvis bidra til å skape et undervisningsopplegg som andre lærere kan dra nytte av, og dra inspirasjon fra.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

NMBU er ansvarlig for prosjektet.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

NMBU har en avtale med forskjellige skoler i nærområdet. Jeg kom i kontakt med fysikklæreren deres gjennom min veileder, og de har sagt seg villig til å teste ut et undervisningsopplegg som jeg lager i sine klasser.

Hva innebærer det for deg å delta?

For deg som deltaker innebærer det å delta i undervisningsopplegget som gjennomføres. Jeg og klasselærer vil kun ta notater under og etter gjennomføringen, og vil ikke bruke lyd- eller filmopptak.

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykket tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle dine personopplysninger vil da bli slettet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. Det er kun masterstudent, veileder og samarbeidslærere som vil ha tilgang til dataene. Hvis det er aktuelt å nevne elevens navn for å beskrive en undervisningssituasjon, vil det brukes anonymiserte navn.

Hva skjer med personopplysningene dine når forskningsprosjektet avsluttes?

Prosjektet vil etter planen avsluttes juni 2023. Dine personopplysninger vil bli fortløpende anonymisert, ved å bruke et annet navn enn ditt virkelige når situasjoner som du har vært med i blir diskutert. Denne koblingen mellom ditt virkelige navn og det navnet vil bli destruert ved prosjektslutt.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra NMBU har Personverntjenester 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:

- innsyn i hvilke opplysninger vi behandler om deg, og å 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

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å vite mer om eller benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- NMBU ved Aksel Hugo, prosjektansvarlig. Telefon: 479 70 862.
- NMBU ved Eivind Leinebø Seljås, masterstudent. Telefon: 474 51 366.
- NMBU ved Hanne Pernille Gulbrandsen, personvernombud. Telefon: 402 81 558.

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

- Personverntjenester på epost (personverntjenester@sikt.no) eller på telefon: 532 11 500.

Med vennlig hilsen

Aksel Hugo
(Forsker/veileder)

Eivind Leinebø Seljås
(Masterstudent)

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet [*Fenomenbasert fysikkundervisning*], og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å delta i en gjennomføring av et fenomenbasert undervisningsopplegg.

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

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Vil du delta i forskningsprosjektet

«Fenomenbasert fysikkundervisning»?

Dette er et spørsmål til deg om å delta i et forskningsprosjekt hvor formålet er å utvikle et fenomenbasert undervisningsopplegg. I dette skrivet gir vi deg informasjon om målene for prosjektet og hva deltakelse vil innebære for deg.

Formål

Formålet med dette masterprosjektet er å utvikle et undervisningsopplegg som er fenomenbasert. Hensikten er å planlegge og gjennomføre et undervisningsopplegg i den første klassen, for så å diskutere og utbedre undervisningsopplegget fram til gjennomføringen i den andre klassen. Begge disse gjennomføringene vil forhåpentligvis bidra til å skape et undervisningsopplegg som andre lærere kan dra nytte av. Etter disse ønsker jeg å gjennomføre et intervju med samarbeidslærerne for å høre deres innspill og diskutere hva som kan forbedres.

Hvem er ansvarlig for forskningsprosjektet?

NMBU er ansvarlig for prosjektet.

Hvorfor får du spørsmål om å delta?

NMBU har en avtale med forskjellige skoler i nærområdet. Veilederen min tok kontakt med skolen deres og fikk høre at dere var villig til å være med på et masterprosjekt.

Hva innebærer det for deg å delta?

Hvis du velger å delta i prosjektet, innebærer det at du gjennomfører et intervju. Tidsomfanget av intervjuet kan være opp mot 45 minutter, og vil gå ut på å diskutere sammen om hvordan undervisningsopplegget kan forbedres. Jeg vil ta lydopptak og notater fra intervjuet.

Det er frivillig å delta

Det er frivillig å delta i prosjektet. Hvis du velger å delta, kan du når som helst trekke samtykket tilbake uten å oppgi noen grunn. Alle dine personopplysninger vil da bli slettet. Det vil ikke ha noen negative konsekvenser for deg hvis du ikke vil delta eller senere velger å trekke deg.

Ditt personvern – hvordan vi oppbevarer og bruker dine opplysninger

Vi vil bare bruke opplysningene om deg til formålene vi har fortalt om i dette skrivet. Vi behandler opplysningene konfidensielt og i samsvar med personvernregelverket. Intervjuet vil bli transkribert, og brukt i videre diskusjon i masteropplegget. Det er kun masterstudent, veileder og samarbeidslærere som vil ha tilgang til dataene.

Hva skjer med personopplysningene dine når forskningsprosjektet avsluttes?

Prosjektet vil etter planen avsluttes juni 2023. Etter prosjektslutt vil lydfilen som inneholder intervjuet bli slettet, i tillegg vil tekstfilen som inneholder transkripsjonen av intervjuet bli destruert. Da er det eventuelt kun utdrag fra intervjuene som blir med i masteroppgaven, der navn vil være anonymisert.

Hva gir oss rett til å behandle personopplysninger om deg?

Vi behandler opplysninger om deg basert på ditt samtykke.

På oppdrag fra NMBU har Personverntjenester 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:

- innsyn i hvilke opplysninger vi behandler om deg, og å 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

Hvis du har spørsmål til studien, eller ønsker å vite mer om eller benytte deg av dine rettigheter, ta kontakt med:

- NMBU ved Aksel Hugo, prosjektansvarlig. Telefon: 479 70 862.
- NMBU ved Eivind Leinebø Seljås, masterstudent. Telefon: 474 51 366.
- NMBU ved Hanne Pernille Gulbrandsen, personvernombud. Telefon: 402 81 558.

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

- Personverntjenester på epost (personverntjenester@sikt.no) eller på telefon: 532 11 500.

Med vennlig hilsen

Aksel Hugo
(Forsker/veileder)

Eivind Leinebø Seljås
(Masterstudent)

Samtykkeerklæring

Jeg har mottatt og forstått informasjon om prosjektet [*Fenomenbasert fysikkundervisning*], og har fått anledning til å stille spørsmål. Jeg samtykker til:

- å delta i et intervju for å diskutere undervisningsopplegget som skal gjennomføres under masteropplegget.

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

(Signert av prosjektdeltaker, dato)

Tillegg C Intervjuguide under lærerintervjuene

INTERVJUGUIDE

- *Hva er det viktigste, og hva er det som er det vanskeligste, med å forstå og undervise bevegelsesmengde?*
 - Underspørsmål - *kontekstuell forståelse*: Er det viktigste for eleven å forstå også det vanskeligste? Er det viktigste med å undervise bevegelsesmengde også det vanskeligste?
 - Underspørsmål - *overførbarhet*: Er det viktigste/vanskeligste noe særegent for bevegelsesmengde-kapittelet, eller er det generelt for hele fysikkfaget?
- I forhold til undervisningsopplegget jeg gjennomførte: *hva vant jeg på erfaringene i ishallen – og å på ha dem først - i forhold til hele læreprosessen? Hadde det vært en fordel å noe i klasserommet før undervisningen i ishallen? Hvilke fordeler/ulempes kan det være med å endre rekkefølgen på undervisningen – deduktivt vs. induktivt?*
 - Underspørsmål *vs. vurdering*: Det er én ting å kunne bruke formlene i fysikken til å komme fram til et svar. Er det en verdi i å kunne bruke egne ord og erfaringer for å beskrive fysikk? Er dette målbart i samme grad som en vanlig prøve?
 - Muligens bonusspørsmål *vs. tidsbruk*: En av de viktigste rammefaktorene jeg opplevde særlig i første gjennomgang av undervisningsopplegget var tidsbruk. Hvordan veier man opp hvor mye tid man setter av til studering av fenomener, når det er en hel haug med kompetansemål man skal gjennom?
- Læreboka har blitt utformet *etter en viss ide som kommer til uttrykk* i et visst design. Hva tenker du generelt om hvordan læreboka har blitt lagt opp?
 - Underspørsmål - *lærebok*: Hentet fra forordet til læreboka: "For å lære fysikk må du observere naturen, og du må systematisere og se sammenhenger mellom fenomenene du observerer. Fysikk er noe du tenker og gjør, ikke noe du passivt leser deg til. All kunnskap vi har i fysikk kommer til syvende og sist fra eksperimenter. Ingen teoretisk modell er verdt mye om den ikke har støtte i eksperimenter.". For det første, er du enig i dette? For det andre, legger læreboka opp til dette?
 - Underspørsmål – *samspill lærebok og fenomenbasert undervisning*. Hva skal til i design av lærebok for et godt samspill mellom lærebok og fenomenbasert fysikk-didaktikk.



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway