

UNDERSØGELSE BASERET NATURFAGSUNDERVISNING

& SCIENCE WRITING HEURISTIC

OM FYSIKFAGLIG MOTIVATION OG SKRIFTLIGE
KOMPETENCER I DET ALMENE GYMNASIUM



MASTER PROJEKT TIL TITLEN:
MASTER I SCIENCE UNDERVISNING

THOMAS MELLERGAARD AMBY — 20051837

VEJLEDER: JESPER BRUUN

6. MAJ 2019

INSTITUT FOR NATURFAGENES DIDAKTIK
KØBENHAVNS UNIVERSITET & ÅRHUS UNIVERSITET

Abstract

In this document, we will address a preliminary inquiry regarding the usage of inquiry-based science education, IBSE, and science writing heuristic, SWH, to enhance the competencies of students in the Danish upper secondary education. In this inquiry, one science class at Viborg Katedralskole, hence 1.y, has been used as a test population. In 1.y the teaching has been conducted according to the scheme of IBSE as described by [Dolin, Nielsen, Jacobsen, and Bruun \(2014\)](#). Combined with the SWH scheme of work for writing assignments as described by [Hand, Wallace, and Yang \(2004\)](#); [Keys, Hand, Prain, and Collins \(1999\)](#); [Krogh and Andersen \(2016\)](#). The empirical data for this investigation has been collected through a questionnaire, as well as through a detailed study of students work from two groups in 1.y as well as 2 student works from another class which has been taught through the ordinary scheme of work. Finally a group discussion with the students of 1.y on the topic of motivation for writing assignments.

Based on the empirical data. There seems to be indications that working with practical investigations through IBSE combined with the SWH scheme of work, could improve the students set of skills regarding analytical as well as reflectiveness and ability of deduction. However, it has not been possible to clearly verify an increase or a decrease in the motivation for writing assignments among the students in 1.y.

When asked about their motivation students, respond that they prefer oral feedback. Because students feel they are more capable of interpreting the feedback given. The conclusion of this pilot project is that through the means of IBSE combined with SWH it is powerful in improving their skills when it comes to writing assignments. Based on the experiments that they develop. However, it is not possible to resolve anything regarding the students' motivation. Finally, there are indicators that doing practical work does, in fact, improve the students understanding of topics in physic, which contradicts statements given by [Hodson \(2008\)](#), stating that practical work is most likely a waste of time.

Forord

Projektet herunder er kulminationen på tre års arbejde. Arbejde handler om motivation og skriftlige kompetencer i fysikfaget i det almene gymnasium. Idéen til arbejdet er blevet fostret gennem studietiden i forbindelse med studiet til master i science undervisning. I løbet af de tre år studiet har hjulpet til at fokusere idéen til nærværende projekt. Før du begynder at læse projektet er der nogle mennesker som jeg ønsker at sige tak til.

I master projektet herunder vil jeg gerne udtrykke min dybeste tak til elever og fysik undervisere ved Viborg Katedralskole, for jeres lyst til at bidrage til dette projekt og for jeres nysgerrighed, angående projektet. Særligt skal der lyde en tak til mine *prøvekaniner* 1.y - uden jer havde intet af dette overhovedet været muligt. Ligeledes skal der lyde en tak til Bjarke Møller Pedersen samt hans elever såvel som Jes Lydholm Thomsen og 1.e for deres uvurderlige bidrag til denne opgave.

En særlig tak skal også lyde til adjunkt Jesper Bruun fra institut for naturfagets didaktik ved Københavns Universitet, for god og kyndig vejledning. Uden Jespers vejledning ville det ikke have været muligt at nå i mål med denne opgave.

Sluttelig skal jeg rettet en særlig tak til Lise, Christian og Sofie som har været meget forstående gennem de sidste tre år med dette projekt Master i Science Undervisning. Det har været en periode med mange op- og nedture. I har altid vist forståelse for dette, og det er jeg evig taknemmelig for. Uden jeres støtte havde intet af dette været mulig.

Tak for jeres hjælp og støtte

Thomas M. Amby

Indhold

Indhold	iii
Figurer	vi
Tabeller	vii
1 Introduktion	1
1.1 Motivation	1
1.2 Problemformulering	2
1.3 Projektets struktur	3
2 Baggrund	5
2.1 Læringsteoretisk udgangspunkt	5
2.2 Teori	8
2.3 Litteratursøgning	14
2.4 Temaer i litteraturen	15
2.5 Litteraturreview	17
3 Empiri	21
3.1 Undersøgelsesdesign	21
3.2 Indsamlingsmetoder	22
3.3 Diskussion af undersøgelsesdesignet	23

4	Analyse, fortolkning og resultater	25
4.1	Spørgeskemaet	25
4.2	Samtale om motivation for skriftlighed	28
4.3	Afleveringer	30
4.4	Opsummering	38
5	Diskussion og opsummering	39
5.1	Hvordan påvirkes 1.g elever af IBSE og SWH?	39
5.2	Faglig motivation	41
5.3	Skriftlige kompetencer	42
6	Konklusion	43
6.1	Perspektivering	44
	Litteratur	47
Bilag A	Science Writing Heuristic eller at skrive for at lære	51
A.1	Stil spørgsmål	52
A.2	Forberedelse af undersøgelse	52
A.3	Lav forudsigelser	52
A.4	Indsamling af empiri	53
A.5	Analyse af empiri	53
A.6	Fortolkning af evidens	53
A.7	Fremstilling af påstande	54
A.8	Refleksion over undersøgelsen	54
A.9	Noter	54
Bilag B	Nyttevirkning af elkedel og kaffemaskine	55
B.1	Formål	55
B.2	Teori	55
B.3	Apparatur	56
B.4	Opstilling	56
B.5	Udførelse	56

B.6	Måleresultater	57
B.7	Databehandling	57
B.8	Diskussion	57
B.9	konklusion	58
Bilag C	Undersøgelse af diffraktion	59

Figurer

2.1	Kolbs læringscirkel	6
2.2	6F modellen	7
2.3	Toulmin's Argumentations Princip	13
2.4	Litteratursøgningsprocessen	14
4.1	Spørgeskema resultater	26
4.2	Elev produktion 1	33
4.3	Elev produktion 2	34
4.4	Elev produktion 3	36
5.1	Vygotskys udviklingszoner	40
C.1	Eksperimentel opstilling	59
C.2	Eksempel på teoretisk modellering	60

Tabeller

2.1	Faser i SWH	11
2.2	Rapport skabeloner	16
4.1	Chronbach's α værdier	26
B.1	Data registreringsskema	57

Introduktion

Denne opgave beskæftiger sig med elevernes skriftlige arbejde i fysik faget, herunder undersøges elevernes motivation i forhold til både det praktiske arbejde og til det skriftlige arbejde med faget. Den praktiske dimension af de naturvidenskabelige fag har tidligere været et adelsmærke for hvordan fagene tænkes at kunne motivere eleverne. Studier som fx ([Hodson, 2008](#)) peger på at man måske overfortolker betydningen af det praktiske arbejde som motivation for eleverne. Det er interessant at undersøge sammenhængen mellem det praktiske arbejde og elevernes motivation for faget og for skriftligheden, i en dansk kontekst, da ([Hodson, 2008](#)) ikke inddrager danske data. Alle de studier som forelægger på nuværende tidspunkt omhandler enten elever i grundskolen eller studerende på universitet. Der foreligger ingen studier som er udført i en dansk undervisnings kontekst. Derfor er det interessant at undersøge hvorledes man kan påvirke elevernes læring ved, at ændre på den måde hvorpå der undervises i fysikfaget og den tilgang der anvendes til det skriftlige arbejde i faget.

1.1 Motivation

Når man som underviser planlægger sin undervisning inden for naturfagene sørger man i stort omfang for at indlægge eksperimentelle undersøgelser for at skabe adspredelse og motivation for faget blandt eleverne. Grunden til at mange undervisere tænker at det praktiske arbejde kan have motiverende effekt på eleverne, er

sandsyrlingvis at underviserne selv oplevede det praktiske arbejde i fagene som motiverende. Desværre er der noget som tyder på at eleverne ikke nødvendigvis deler undervisernes opfattelse af den motiverende effekt ved praktisk arbejde i fagene jf. (Krogh & Andersen, 2016, s. 65 - 69). Dette underbygges bl.a. af Hodson (2008) som beskriver hvorledes eleverne faktisk udelukkende finder ekspeimenterne som en adspredelse fra den ellers kedelige teoriundervisning, men de bidrager ikke i positiv forstand til elevernes motivation for faget. Hodson (2008) går så langt som til at antyde at det kan være direkte kontra produktivt at gennemfører øvelser med eleverne. Undersøgelsen som er udført af Hodson (2008) er ikke foretaget i en dansk kontekst. Derfor kunne det være interessant at undersøge om det er muligt at øge elevernes motivation gennem et øget fokus på undersøgelser og skriftlighed i fysik faget. Spørgsmålet er derfor om Hodsons slutninger holder i en dansk undervisnings kontekst. For at øge elevernes motivation arbejdes der udfra principperne i undersøgelses baseret naturfagsundervisning, herefter blot IBSE efter den engelske term Inquiry Based Science Education, som beskrevet af (Dolin et al., 2014). IBSE tilskrives en motiverende effekt for eleverne af (Dolin et al., 2014; Krogh & Andersen, 2016). Da fokus er på at øge motivationen gennem et fokus på skriftlighed, anvendes den skriftlige metode kaldet Science Writing Heuristic, herefter SWH, som første gang beskrives af (Keys et al., 1999). Baseret på undren over slutningerne i (Hodson, 2008) om at det læringsmæssigt kontraproduktivt at lave praktisk arbejde er valget af problemformulering faldet på nedenstående undersøgelsesspørgsmål.

1.2 Problemformulering

Projektets problemformulering lyder som følger.

Hvordan påvirkes 1.g elever af IBSE og SWH med særligt fokus på deres faglige motivation samt deres skriftlige kompetence?

1.3 Projektets struktur

Dette projekt har karakter af et pilotprojekt med et beskedent test ensemble. Derfor vil de slutninger som drages af nærværende undersøgelse blot have karakter af mulige indikationer på sammenhænge som efterfølgende kan studeres i større detalje. Projektet er opbygget således at kapitel 2 på side 5 omhandler baggrunden for undersøgelsen herunder projektets læringsteoretiske udgangspunkt og den bagvedliggende teori, samt en litteratur syntese og review af væsentlige dele af den, i projektet, anvendte litteratur. I kapitel 3 på side 21 beskrives det anvendte undersøgelsesdesign samt de metoder der har været anvendt ved indsamlingen af projektets empiriske grundlag. Kapitlet sluttet med en diskussion af muligheder og udfordringer ved dette undersøgelsesdesign. I kapitel 4 på side 25 analyseres og fortolkes den indsamlede empiri og der uddrages sammenhænge til analysen af empirien, i kapitlets slutning. Kapitel 5 på side 39 samler op på den analyse og de resultater der er uddraget i kapitel 4 og diskuterer mulige forklaringer med afsæt i det læringsteoretiske udgangspunkt som opgaven udspringer af, som beskrevet i kapiten 2. Sluttelig drages der en samlet konklusion, i kapitel 6 på side 43, hvor der også findes en perspektivering til den daglige undervisning i fysikfaget.

Baggrund

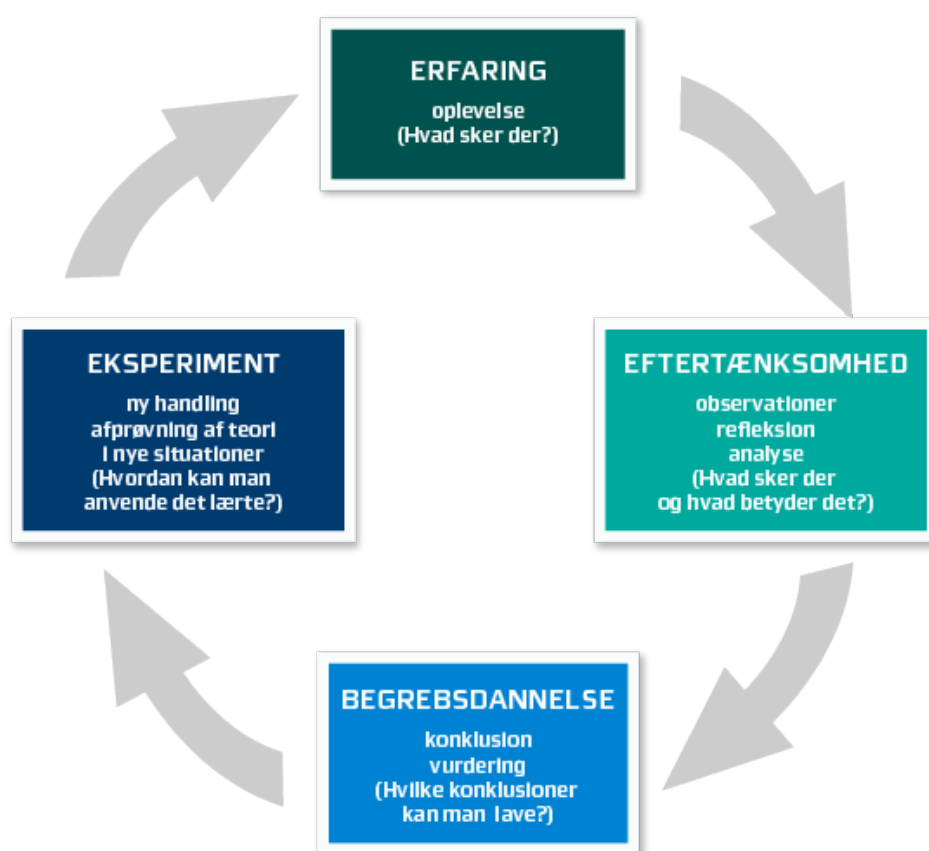
I dette kapitel gennemgås den teori som ligger til grund for projektet. Ligeledes indeholder afsnittet en gennemgang af projektets læringsteoretiske udgangspunkt, afsnit 2.1, efterfulgt af en beskrivelse af udvælgelsen af kerne litteratur til projektet, i afsnitt 2.3 på side 14. I afsnit 2.4 på side 15 uddrages temaer fra den litteratur som bev udvalgt i forbindelse med litteratursøgningen. Sluttelig beskrives litteraturens temaer i et review som kan læses i afsnit 2.5 på side 17.

2.1 Læringsteoretisk udgangspunkt

Da der i dette projekt arbejdes med IBSE vil det være naturligt at anlægge tage læringsteoretisk udgangspunkt et lærings system kaldet erfaringsbaseret læring udviklet af den amerikanske læringsteoretikker David Kolb. Kolbs teorier er funderet i teorier inden for mental konstruktivismen grundlagt af Jean Piaget, men Kolb trækker også tråde ud til både Kurt Lewin og John Dewey. Da dette master projekt arbejder med den måde eleverne skal konstruere deres viden baseret på det praktiske arbejde der er blevet udført ved hjælp af IBSE-tanken som beskrevet hos [Dolin et al. \(2014\)](#). I forbindelse med projektet gennemføres den skriftlige del af arbejdet efter en model som minder om SWH som beskrevet hos [Keys et al. \(1999\)](#). Begge disse to tilgange til læring trækker tråde tilbage til mental konstruktivismen, og til den erfaringsbaserede læring som blev udviklet af ([Kolb, 1984](#)). Den erfaringsbaserede læring består af fire faser:

- Fase 1 - Erfaring, Oplevelse
- Fase 2 - Eftertæksomhed, Observationer, Refleksion, Analyse
- Fase 3 - Begrebsdannelse, Konklusion, vurdering
- Fase 4 - Eksperiment, Ny handling, Afprøvning af teori i nye situationer.

Opstilles disse fire faser i en cyklisk model kunne man opnå noget som den model vist på figur 2.1.



Figur 2.1: Herover ses en illustration af de fire faser som anvendes i forbindelse med Kolbs læringscirkel.

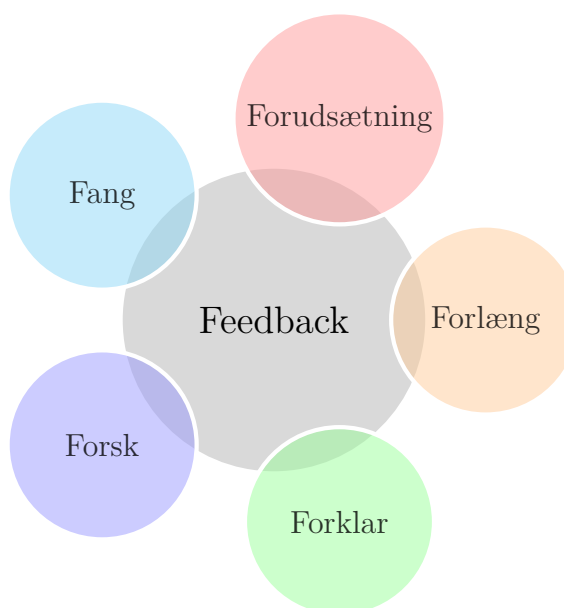
Teorien er en cyklisk teori, som det fremgår af figur 2.1, hvilket betyder at man som lærende skal flere gange rundt i modellen, og betegnes ofte Kolbs læringscirkel. Udgangspunktet er klart konstruktivistisk da det er den lærende som gennem handlinger og refleksioner selv konstruere ny viden og derigennem læring, for at dette

virker efter hensigten skal eleven have en vis grad af kritisk sans, ellers risikeres det at den lærende konsolidere forkert ny viden.

I Kolbs model beskrives det at man aktivt skal eksperimentere. For gennem eksperimenterne gør man sig en række erfaringer man som lærende efterfølgende skal reflektere over. Disse refleksioner danner herefter grundlaget for en abstrakt konceptualisering, som danner grundlaget for den nye forståelse. Dermed er man klar til at tage endnu en runde i den samme læringsteoretiske model, men med et nyt udgangspunkt, grundet den ny tilegnede viden.

Kolbs model kan også genkendes i den måde begrebet IBSE behandles jf. (Dolin et al., 2014), her arbejdes der ud fra 6F modellen som igen er en cirku-

lær model hvor eleverne konstruerer deres egen viden baseret på konkrete erfaringer som tilbliver gennem praktiske undersøgelser. Hos Dolin et al. (2014) præsenteres de seks F'er som værende; Forudsætninger, Fang, Forsk, Forklar, Forlæng samt Feedback, se figur 2.2. Dette er i god tråd med andre kilder som beskriver IBSE her kunne eksempelvis henvises til (Krogh & Andersen, 2016). Koblingen mellem 6F-modellen af (Dolin et al., 2014) og Erfaringsbaseret læring af (Kolb, 1984) er følgende. Forud for et hvert eksperiment går en afdækning af forudsætningerne for eleven, herefter kommer fang fasen hos Dolin et al. som delvist er dækket af fase 1 hos Kolb, hvor man finder aktiv eksperimenteren. Efter at have fanget eleverne med anslaget vil man hos Dolin et al. overgå til en forsk fase som dækker dele af den aktive eksperimenteren, fase 2 eftertænksomhed samt dele af fase 1 hos Kolb. Kolbs tredje fase begrebsdannelsen modsvarer forklar fasen hos Dolin et al. Sluttelig skal den lærende hos Dolin et al forlænge sin erfaring, hvilket forudsætter at man kan



Figur 2.2: 6F modellen som den præsenteres af (Dolin et al., 2014) her har feedback en nøgle funktion.

bringe den konkrete viden i spil hvilket modsvarer Kolbs abstrakte konceptualisering som lapper over fase 3 og fase 4 i Kolbs læringscirkel. I begge modeller danner den nyerhvervede viden grundlaget for endnu en tur rundt i modellen.

Der hvor [Dolin et al. \(2014\)](#) adskilder sig væsentligt fra [Kolb \(1984\)](#) er i forbindelse med begrebet feedback som hos Dolin ligger som et element i alle dele af modellen, illustreret på figur 2.2 på forrige side. Her fremgår det tydeligt at feedbacken overlapper med alle de andre bobler som eleverne skal igennem i forbindelse med det praktiske arbejde i IBSE tanken. Kolbs model har ikke samme fokus på feedbacken væsentlige og nødvendige forudsætning for den lærendes udvikling, hvilket blev påvist af et metastudie udført af ([Hattie & Timperley, 2015](#)). Denne fokus på feedback er blevet implementeret i 6F modellen som den præsenteres af ([Dolin et al., 2014](#)).

2.2 Teori

Science Writing Heuristic

Gennemfører man naturfagsundervisningen i gymnasiet på en mere induktiv/ undersøgelsesbaseret, vil der være en mulig diskrepans mellem det praktiske arbejde som eleverne udfører og den måde hvorpå de afrapportere dette arbejde. Mere om det om et øjeblik. Den almindelige praksis i gymnasiet har i mange år været, at noget teori er blevet gennemgået på tavlen, hvorefter eleverne gennemfører en undersøgelse med formålet at reproducere allerede kendt viden. Sluttelig afrapporteres dette skriftligt til underviseren som efterfølgende retter arbejdet. Eleverne har udfærdiget en rapport som typisk vil indeholde følgende overskrifter;

- Titel
- Introduktion
- Formål
- Teori & Fremgangsmåde
- Data & Observationer
- Databehandling
- Diskussion og Fejlkilder
- Konklusion

Denne opbygning passer rigtig godt med den måde hvorpå man arbejder med det praktiske arbejde. Denne skabelon vil fremover blive omtalt som “Klassisk skabelon”. Her er teorien samt evnen til at eftervise en allerede kendt teori i centrum. Eleverne udstyrres i denne tilgang med en “køgebogsvejledning” som meget udførligt beskriver hvordan eleverne skal nå frem til resultaterne og dermed et “succesfuld forsøg”. Her kan det dog anfægtes om eleverne faktisk bliver motiverede af denne arbejdsmetode. Eksempelvis peger ([Dolin et al., 2014](#)) på at denne metode ikke giver den faglige motivation som man kunne ønske hos eleverne. Tager man IBSE-tankens for pålydende og efterlever den ved at give eleverne mere åbne problemstillinger hvor de selv skal udvikle deres eksperimenter under vejledning af underviseren, så vil det være nødvendigt at ændre på det format som eleverne skal bruge til afrapporteringen af det praktiske arbejde, da den mere induktive tilgang til det praktiske arbejde i IBSE ikke passer ind i de faste rammer med fx formål - da eleverne ikke længere efterviser en kendt teori. Med IBSE-tankens følger også en restrukturering af undervisningen. Nu skal eleverne fanges af fænomenet gennem brug af hverdags eksempler som eleverne kan relatere til. Herefter skal eleverne ud og undersøge fænomener som er i spil gennem praktisk arbejde. Dette praktiske arbejde styrres i høj grad af elevernes nysgerrighed, jf. 6F-modellen som beskrevet hos [Dolin et al. \(2014\)](#). De sidste elementer af 6F-modellen skal eleverne forklarer fænomenet, hvilket betyder at eleverne lægger deres undersøgelsesresultater og konklusioner på bordet, her skal man som underviser være mådeholdende og sørge for ikke at give eleverne en officiel forklaring på fænomenet. De sidste to faser dækker over en fase kaldet forlæng hvor man arbejder med at have fokus på at forstå og besvare den oprindelige problemstilling som man begyndte med ligeledes kan man også her perspektivere undersøgelserne og konklusionerne ud til andre dogmæner. Den afsluttende fase er feedback som er en hjørnesten i den moderne undervisning. Da man her ikke længere arbejder med decideret reproduktion af viden men en mere hypotesedrevet konstruktion af viden som for eleven er ny viden. Dette underbygges endvidere af at eleverne ikke præsenteres for den reelle forklaring på problemstillingen af underviseren, forud for deres undersøgelser og bearbejdelserne af denne. Man kunne derfor forestille sig en rapport skabelon som indeholder

følgende overskrifter;

- Titel
- Undersøgelsesspørgsmål
- Test og/eller eksperimenter
- Observationer
- Påstande på basis af data
- Evidens for påstande
- Reflektioner over eksperimentet
- Refleksion over egen læring

Denne skabelon kaldes herefter for SWH. Med disse overskrifter spiller man mere naturligt ind i den form som 6F-modelle ligger op til i det praktiske arbejde. Her skal eleverne formulere et undersøgelsesspørgsmål, planlægge og strukturere eksperimenter som kan teste undersøgelsesspørgsmålet. I forhold til 6F-modellen er dette jo netop forsk fasen hvor eleverne arbejder med at indsamle data om et fænomen, ud fra egne problemstillinger. Når eleverne har en klar plan for eksperimentet med et defineret parameterrum gennemfører de eksperimentet og fokuserer på at nedskrive alle observationer både måle data men også visuelle observationer af eksperimentet. På baggrund af de indsamlede data og observationer beskriver eleverne generelle sammenhænge som de søger at underbygge med evidens, baseret på det indsamlede data materiale og selvfølgelig søger at konkludere på dette. Her arbejdes inden for forklar fasen i 6F-modellen. Sluttelig reflekterer eleverne over eksperimentet og søger her viden i litteraturen, og hos underviseren, samt perspektivere undersøgelsen til andre dele af elevernes curriculum. Dermed rammer man den næst sidste del af 6F-modellen nemlig forlæng fasen. Sluttelig vil refleksionen over egen læring i samspil med lærers kommentare danne rammen om feedbacken. Der er nogle praktiske udfordringer forbundet med at undervise elever efter IBSE-modellen, dels det faktum at ikke nødvendigvis alle elever opnår samme indsigt, og dels det at denne metode tager længere tid, hvis eleverne skal have tid til at komme flere gange rundt i den læringscyklus, der beskrives som 6F-modellen. Studier peger på at det er muligt at øge elevernes udbytte ved at anvende teknikken science writing heuristic. I litteraturen præsenteres SWH første gang af ([Keys et al., 1999](#)), betragter man senere

Tabel 2.1: I følgende tabel præsenteres de skridt som man skal gennemløbe i forbindelse med det praktiske arbejde for at implementere SWH fuldbgyrdigt. [Hand et al. \(2004\)](#); [Keys et al. \(1999\)](#).

Implementerings skabelon til SWH	
Underviser	Elev
Udforskning af forforståelse	Første umiddelbare spørgsmål
Pre-laboratorie aktiviteter	Test/eksperimenter
Deltagelse i laboratorie arbejde	Observationer
Forhandling - Fase I	Påstande
Forhandling - Fase II	Evidens
Forhandling - Fase III	Littratur læsning
Forhandling - Fase IV	Reflektion
Udforskning af efterforståelse	

studier har ([Hand et al., 2004](#)) præsenteret en model til implementeringen af SWH i undervisningen, se tabel 2.1.

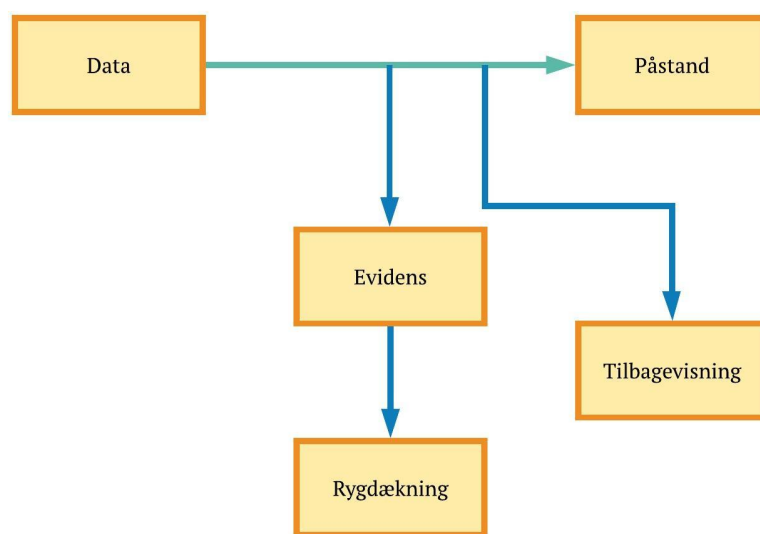
Heraf er det tydeligt at de dele som eleverne skal igennem stemmer overens med de overskrifter der er valgt i forbindelse med omstruktureringen af det skriftlige produkt. Som det fremgår af tabel 2.1 ligger der flere dele på underviseren, i forhold til udforskningen af elevernes forforståelse kan dette i følge [Hand et al. \(2004\)](#) foregå enten individuelt eller i grupper fx gennem begrebs kort. Dette punkt svarer også til afdækningen af elevernes forforståelse i 6F-modellen, hvorfor disse to metoder arbejder hensigtsmæssigt sammen. Den næste del af forberedelserne er for underviseren er facilitere pre-laboratorie aktiviteter, så som uformelle skrive processer fx vha. nonstopskrivning¹ hvor igennem man får struktureret sine tanker og viden således at den kan kondenceres til de første spørgsmål der peger frem mod en undersøgelse. I denne fase er der forskellige syn på om det er en god ide at lade eleverne nedfælde deres forventninger til forsøget udfald. Her mener ([Burke, Hand, Pooch, & Greenbowe, 2005](#); [Greenbowe & Hand, 2005](#); [Hand et al., 2004](#)) at det giver mening, fordi eleven her vil kunne reflekterer over egen forudsigelse. Over for dette står [Etkina and Van Heuvelen \(2007\)](#) som hævder at eleverne vil konsolidere forkert viden i denne process. I projektet vælges det at lade eleverne komme med forudsigelser af mulige udfald af undersøgelser, i tråd med hvad der

¹hentet fra [AU's studiemetro](#)

beskrives hos (Burke et al., 2005; Greenbowe & Hand, 2005; Hand et al., 2004). Efterfølgende gennemføres selve laboratorie øvelsen med eleverne med udgangspunkt i elevernes undersøgelsesspørgsmål. Efterfølgende bevæger vi os ind i det der beskrives af Hand et al. (2004); Keys et al. (1999) som forhandlingsfaserne hvilket svarer til både forklar og forlæng faserne fra 6F-modellen hos (Dolin et al., 2014). I den første forhandlingsfase skal eleverne nedskrive deres individuelle meningskonstruktion med udgangspunkt i det netop gennemførte praktiske arbejde. Hand et al. (2004) skriver at dette fx. kan gøres gennem journal skrivning. Den anden forhandlingsfase beskrives som fasen hvor eleverne i mindre grupper deler og sammenligner data og fortolkninger af denne empiri, dette kan de for eksempel gøre gennem fremstilling af grafer og andre illustrationer med udgangspunkt i datamaterialet. Som den tredje forhandlingsfase skriver Hand et al. (2004) at eleverne nu skal sammenligne deres videnskabelige idéer med eksisterende litteratur herunder lærebøger og anden litteratur i printet format. For den moderne studerende kunne også elektroniske kilder være væsentlige at sammenligne med. Her bør eleverne i grupper skrive en række noter som forholder sig som svar på undersøgelsesspørgsmålet. Den afsluttende forhandlingsfase går ud på at eleverne individuelt skriver en reflekterende rapport eller forklaring i lærebogsformat. Nu kan man som underviser slutte af med at gentage processen med begrebskortet så det bliver tydeligt for eleverne at de har rykket sig og på hvilke fronter de har rykket sig. Dette falder under det sidste punkt hvor kaldet udforskning af efterforståelse, og beskrives hos Dolin et al. (2014) som forlæng og delvis feedback fasen.

Opsamling på science writing heuristic

SWH er valgt til dette projekt da det spiller rigtig godt sammen med den type undervisningen der ønskes testet for at se om det er muligt at hæve eleverens skriftlige kompetence og i særdeleshed deres motivation for det skriftlige arbejde. Der er mange andre “writing-to-learn” systemer som kan give lignende faglige løft som man tilsyneladende ville kunne opnå med SWH. SWH er valgt fordi det ønskes at teste samspillet mellem IBSE og SWH.



Figur 2.3: Skematisk tegning af Toulmins model for argumentation efter [Toulmin \(1958\)](#).

Toulmin's argumentations pattern

Når eleverne har afleveret et skriftligt produkt skal dette evalueres på en måde så der kan uddrages noget om hvorvidt elevernes skriftlige kompetence øges som følge af interventionen. Til at undersøge om eleverne faktisk udvikler sig gennem projekt perioden anvendes en model kaldet Toulmin's Argument Pattern (TAP). Denne model er beskrevet i stor detalje af ([Erduran, Simon, & Osborne, 2004](#)). Udgangspunktet er Toulmins model for argumentation som første gang beskrives af ([Toulmin, 1958](#)). Toulmins model for argumentation kan beskrives med figur 2.3. Her skal man forestille sig at data og påstand som de to skåle på en vægt og at hele vægtstangen hviler på et fundament af evidens og rygdækning i form af andre kilder som peger i samme retning som den evidens man er kommet frem til. Dette efterlader tilbagevisningen af påstanden hvis vægten ikke er i balance og så må man tilbage til tegnebrættet, for at udvikle en ny test.

I analysen af elevernes skriftlige arbejde undersøges det altså hvorvidt eleverne laver påstande på baggrund af deres data samt hvorvidt de har evidens og rygdækning for deres påstande. Hvis ikke og modellen tipper mod en tilbagevisning så betragtes det hvorledes eleverne kommer om ved at reflektere over hvad der så kan gøres for

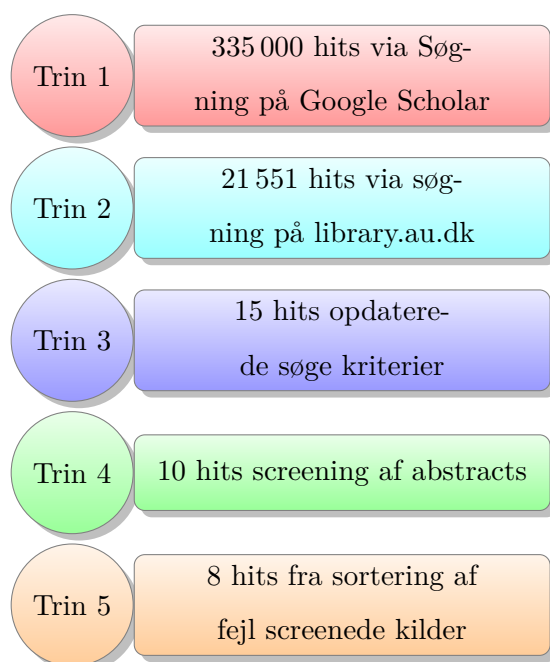
at forbedre udfaldet.

Opsamling på Toulmin's argument pattern

I forbindelse med dette projekt er TAP valgt for at sikre en ensartet måde at vurdere eleverens skriftlige arbejde efter et sæt af standard kriterier således at vi får et mål for om elevernes skriftlige kompetencer udvikler sig gennem et undervisnings forløb med høj grad af IBSE.

2.3 Litteratursøgning

Processen med at udvælge primær litteratur til dette speciale er forløbet i henhold til følgende principper, som ligeledes er illustreret på figur 2.4. Jeg har valgt at dele denne process ind i 5 trin som er gennemløbet på følgende vis og gennem følgende kriterier. Først gennemførtes en søgning på Google scholar med følgende udsagn "practical work AND science writing heuristic". Det er klart at der er behov for en grovere sortering med et udgangspunkt på 335 000 hits.



Figur 2.4: Grafisk fremstilling af litteratursøgningsprocessen

I trin to lavede jeg en søgning på <http://library.au.dk> med den samme søge tekst og med et ekstra kriterium nemlig at kilderne skulle være skrevet fra og med 1999. For at få nyere forskning tilgængelig dette reducerede antallet af hits til 21 551.

Det næste skridt var blev at opdatere tidskriteriet til at være artikler som er skrevet efter 2005. Dette snævrede feltet betydeligt ind og ved at kræve at litteraturen skulle handle om skriftlighed og praktisk arbejde i fagene fysik og kemi blev feltet reduceret betydeligt til blot 15 hits i skridt tre.

Herefter blev alle 15 abstracts screenet med henblik på at afdække om der var eventuelt dobbeltgængere i mellem dem, samt abstracts som ikke var hjemmehørende i dette projekt. Her blev også skeelet til hvilken skoleform der var tale om. Er det gymnasialt niveau eller er der tale om undervisning på universitets niveau. Dette reducerede yderligere omfanget af kilder til 10.

Efter gennemlæsning af litteraturen stod det klart at der var dele af litteraturen som ikke var anvendelig i forbindelse med denne opgave dette viste sig at gælde for to af de tilbageværende artikler de blev derfor kasseret. Dermed baseres nedenstående litteratur review sig på 8 artikler som er fundet på baggrund af den ovenfor beskrevne litteratursøgningsprocess. I det følgende afsnit 2.4 ser vi på hvilke temaer der kan uddrages af artiklerne, forud for det egentlige review af artiklerne i afsnit 2.5 på side 17.

2.4 Temaer i litteraturen

Betrægtes de artikler som blev fundet på basis af litteratursøgningsprocessen ovenfor så er der en tydelig række af fællesnævnerne som går igen uafhængigt af om artiklen handler om begrebet “Writing to Learn” hvor man arbejder med at øge eleverne faglige udbytte gennem det skriftlige arbejde. eller der er tale om artikler med særligt fokus på “science writing heuristic” som fokus, så er der i litteraturen konsensus om at man ikke bør sætte eleverne til at skrive rapport i en mere klassisk forstand, se evt. tabel 2.2 på næste side, da dette på ingen måde fremme elevernes læring. (Akkus, Gunel, & Hand, 2007; Atasoy, 2013; Burke et al., 2005; Keys et al., 1999). Det er også i denne kontekst at Hodson (2008) kommer til udtryk med sin tese om “[...]at det kan være direkte kontra produktivt at lave praktisk arbejde med eleverne[...].” Dolin et al. (2014); Krogh and Andersen (2016) peger på at en løsning på denne udfordring kunne være at lade eleverne arbejde mere undersøgelsesbaseret i naturfagene og ikke blot i fysik faget.

En del af løsningen på udfordringen præsenteres af (Burke et al., 2005; Keys et al., 1999) i form af en ny tilgang til skriftligheden i naturfagene. Her peges der i retning af en skriftlig struktur som er mere undersøgende i sin natur. Humlen i alt

Tabel 2.2: Her ses forskellen mellem strukturen i en klassisk fysik rapport og en mere undersøgelsesbaseret tilgang til rapporten jf. IBSE og SWH. Tabellen er hentet fra hhv. [Burke et al. \(2005\)](#); [Keys et al. \(1999\)](#).

Rapport skabelon	
Klassisk	IBSE/SWH
Titel	Titel
Introduktion	Undersøgelsesspørgsmål
Formål	Tests/Eksperimenter
Teori & fremgangsmåde	Observationer
Data & observationer	Påstande baseret på data
Databehandling	Evidens for påstande
Diskussion	Refleksioner
Konklusion	Refleksion over egen læring

dette er at vi skal gentænke den måde hvorpå vi strukturerer det skriftlige forløb for eleverne. [Burke et al. \(2005\)](#) foreslår en ny tilgang til den skriftlige skabelon som vi har anvendt i mange år i det danske gymnasium, denne nye skabelon er bygget på SWH som udarbejdet af ([Keys et al., 1999](#)), og forskellen mellem de to tilgange fremgår af tabel 2.2.

Største delen af de fundne artikler peger på en målbar effekt af indførelsen af SWH i undervisningen, givet at der arbejdes fokuseret med skriftlighed i den daglige undervisning i et forløb med en varighed på 8 - 12 uger. Der er med andre ord tale om en signifikat påvirkning af elevernes læring og udvikling af deres skriftlige kompetence gennem en kortere periode. Kun artiklen af ([Miller, Scott, & McTigue, 2018](#)) nævner ikke effekterne af SWH, hvilket skyldes at dette mere er et review af forskningsfeltet indenfor skriftlighed i den gymnasiale sektor. Hvis vi ser bort fra artiklen af ([Dolin et al., 2014](#); [Krogh & Andersen, 2016](#); [Miller et al., 2018](#)) arbejder forskerne bag undersøgelserne ud fra principperne i mixed-methods tilgangen til eksperimenterne. Desuden er størstedelen af artiklerne klart positivistiske i den forstand at der gennemføres en pre-test, efterfulgt af en intervention og hele forløbet afsluttes med en post-test. På denne måde får de en mere eller mindre validt mål for effekten af interventionen blandt eleverne. Samtidig forholder de sig også til de kulturelle effekter i undervisning som også kan påvirke deres resultater, hvilket nok trækker dem i retning af mere post-positivistiske end blot positivistiske.

2.5 Litteraturreview

På de danske ungdomsuddannelser arbejder eleverne i høj grad eksperimentelt i de naturvidenskabelige fag. Dette praktiske arbejde gennemføres i høj udstrækning efter vejledninger som kan karakteriseres som “køgebogsvejledninger”. Med køgebogsvejledninger menes øvelsesvejledninger hvor alle dele af det praktiske arbejde er udførligt beskrevet for eleven i stil med opskrifterne i en køgebog, således at eleverne er klar over hvad de skal gøre samt hvordan de skal gøre det igennem hele øvelsen. Dermed bliver øvelsens formål at få eleverne til at reproducere allerede kendte resultater for at “eftervise” allerede kendte sammenhænge fra teorien. Det store review af (Miller et al., 2018) peger sammen med (Hodson, 2008) på at udbyttet af denne mere traditionelle form for praktisk arbejde er relativt begrænset, eller i hvertfald begrænset til at indøve elementære laboratoriefærdigheder. (Hodson, 2008) går skridtet videre og antyder at det kan være direkte spild af tid og ressourcer at lade eleverne gennemfører denne type af øvelser i laboratoriet. I følge (Hodson, 2008) er der en forskel mellem hvad eleverne reelt får ud af øvelserne og det underviserne forventer at eleverne får ud af øvelserne. Dette baseres på at underviserne i studier giver udtryk for at de føler at eleverne motiveres ved at skulle foretage beregninger baseret på egne data. Denne påstand har man dog imidlertid ikke kunne påvise i undersøgelser, blandt eleverne. Krogh and Andersen (2016) skriver følgende opsummering,

“[...]studierne viser derimod at eleverne ikke opfatter øvelserne som voldsomt spændende - men de giver variation og opfattes som mindre kedelige end den daglige naturfagsundervisning[...].”

Ungdomsuddannelsernes fokus har derfor gennem de senere år flyttet sig i retning af IBSE undervisning som den beskrives i hhv. (Dolin et al., 2014; Krogh & Andersen, 2016). Med den stigende interesse for IBSE tilgangen til naturfagsundervisningen flyttes fokus fra reproduktions øvelser til øvelser hvor eleverne i højere grad skal drive øvelsen fremad med egen undren. Herved kommer eleven i centrum for øvelsen og det bliver elevens undren over fænomener som bliver bestemmende for hvad

eleverne undersøger i laboratoriet. Øvelsen flyttes altså fra ren “reproduktion” over mod “konstruktion” af viden som det også beskrives af (Krogh & Andersen, 2016). Når man fundamentalt ændre på den måde hvorpå man gennemfører øvelser får man brug for at kigge på den måde som eleverne afrapportere deres undersøgelser. Er den klassiske rapport, se tabel 2.2 på side 16 den bedste metode? Her peger flere kilder (Burke et al., 2005; Erkol, Kışoğlu, & Büyükkasap, 2010, m.fl.) på at eleverne skal anvende en ny type afrapportering nemlig SWH som blev introduceret af (Keys et al., 1999). Med SWH som tilgang til skriftligheden flyttes også rapportens fokus ligeledes fra reproduktion af viden, til konstruktion af viden hos eleverne. Keys et al. (1999) skriver selv om ændringen

“[...]Postmodernister peger på at elever skal lære måder at udtrykke sig på som tillader dem at kritisere den status quo som findes i det videnskabelige dogmæne, hvorimod konstruktivister er af den opfattelse at eleverne skal lære udtryksformer som repræsentere konstruktionen af personlig og social udviklende meninger ... SWH-formen tilbyder netop en ramme for den videnskabelige skrive proces som i et vist omfang understøtter begge sunspunkter[...]”

Sluttelig peger (Keys et al., 1999) på at SWH-formen gennem reflektiv kognition og i samspil med andre elever og underviseren vil skabe en mere rodfæstet erkendelse uden for det videnskabelige dogmæne. Flere studier (Akkus et al., 2007; Burke et al., 2005, m.fl.) har undersøgt hvordan det går med implementeringen af de nye tiltag med særligt fokus på IBSE. Studierne påviser at der en stor vilje til at ændre praksis blandt underviserne, men at de samme undervisere har svært ved at indfører disse nye undervisningsformer uden en grundig indføring og uden at have afprøvet formen på egen krop. Af (Erkol et al., 2010) fremgår det at man ønsker at teste implementeringen af SWH blandt en gruppe af første års fysik studerende på et universitet i det østlige Tyrkiet. Emnet hvori man introducerede de nye studerende for SWH var i fysik faget inden for mekanik, i artiklen finde de at der over en periode svarende til det første semester hvor hhv. test gruppen og kontrolgruppen kun introduceres til hvordan man implementerer laboratoriearbejde og

hvordan dette afrapporteres, herefter blev de to grupper undervist efter forskellige fremgangsmåder. Her viste før og efter tests at der var en signifikant forskel mellem de studerendes forståelse af emnet mekanik. Endvidere skriver [Erkol et al. \(2010\)](#) at i tillæg peger 71.6 % af de studerende på at udarbejdelsen af den traditionelle rapport var direkte kedelig (23.8 % nogenlunde enig, 19.4 % enig og 28.4 % helt enig). De studerende i testgruppen peger på at SWH strategien øger deres læring og de finder at laboratoriearbejdet mere meningsfuldt. Endvidere peger 87.6 % af testpersonerne på at SWH-rapport formatet er med til at udvikle deres problemløsevner. ([Erkol et al., 2010](#)) slutter af med at pege på at lingende studier i andre naturfag har afstedkommet lignende eller identiske udfald, hvilket indikerer stor validitet, når man kan opnå sammenlignlige resultater på tværs af fag og emner med den samme grundlæggende metode. ([Atasoy, 2013](#)) tager over hvor ([Erkol et al., 2010](#)) slutter, her gennemfører man et studium inden for det fysik faglige område, med særligt fokus på begrebet Writing-to-Learn (WtL) en metode som også favnes af SWH. Motivationen for at gå i gang med dette projekt for ([Atasoy, 2013](#)) er at der mangler studier på netop dette område. I modsætning til [Erkol et al. \(2010\)](#) som beskriver sine testpersoner som førstears studerende, beskriver [Atasoy \(2013\)](#) sine testpersoner som bachelorstuderende, og hun har valgt at anvende emnet elektrostatik til sin undersøgelse. Testpersonerne følges her gennem en otte ugers periode, og konklusionen er at de studerende som anvender en WtL strategi i deres daglige arbejde opnår en højere konceptuel forståelse end de elever som ikke anvender en WtL-tilgang til det praktiske arbejde i laboratoriet. For at vi kan sige at dette er rammende for eleverne på de danske ungdomsuddannelser herunder STX bør man også undersøge elever som er på stadiet lige inden de skal på ungdomsuddannelserne. Derfor rettes blikket nu mod ([Kingir, Geban, & Gunel, 2013](#)). Her undersøger man en række 9. klasses elevers udbytte af at anvende SWH som et middel til at øge forståelsen af fænomenter inden for kemiens emne område. [Kingir et al. \(2013\)](#) finder på samme vis som [Atasoy \(2013\)](#); [Erkol et al. \(2010\)](#) at elevernes konceptuelle forståelse af det faglige stof stiger over projekt perioden, samt at elevernes evne til at løse problemstillinger øges markant. Hvis SWH er sådan en god ide hvorfor er der så ikke flere som har valgt at skifte de traditionelle øvelser med dertilhørende

rapport ud, med undersøgelsesbaserede øvelser med dertilhørende skriftligt arbejdes udfærdiget efter SWH modellen? Forklaringen skal i følge [Burke et al. \(2005\)](#); [Keys et al. \(1999\)](#); [Krogh and Andersen \(2016\)](#) findes i det faktum at yngre undervisere faktisk gerne vil skifte men ikke nødvendigvis evner skiftet fra en undervisningsform til en anden på grund af en relativt begrænset værktøjskasse. I mens ældre undervisere i princippet har værktøjerne til at foretage skiftet men mangler lysten til at skifte til den nye form. Derfor forbliver det en kamp for de få at sikre en bedre eksperimentel undervisning i naturfagene herunder også fysik.

Empiri

3.1 Undersøgelsesdesign

Da dette projekt beskæftiger sig med motivation for faget fysik samt for det skriftlige arbejde og udviklingen af den skriftlige kompetence hos en gruppe af elever. Kommer projektet naturligt til at anvende aktionsforskning. Der bliver altså gennemført en række interventioner i forhold til praksis for undervisningen i en klasse. Samtidig holdes en anden klasse ude af eksperimentet med ændringen af praksis og kan derfor indgå som kontrol gruppe. Designet af undersøgelsen struktureret således at en klasse på en 1.g årgang er udvalgt som test klasse dette drejer sig om en klasse på Viborg Katedralskole med studieretningen matematik A og fysik A, herefter kaldet 1.y. Klassen 1.y blev undervist induktivt med stor grad af IB-SE, og med fokus på anvendelsen af 6F-modellen som vist på figur 2.2 på side 7, gennem hele 1.g fysik forløbet, og der blev i klassen anvendt SWH som en del af udviklingen af klassens skriftlige kompetencer. I forhold til anvendelsen af SWH i undervisningen blev der lavet en lokal tilpasning til den model for SWH er præsenteret i afsnit 2.2 på side 8. Denne lokale tilpasning har sigte på at give eleverne et dokument som de kan bruge som huskeliste i forbindelse med deres skriftlige arbejde. Her er faserne for forhandling som fremgår af 2.1 på side 11 ændret en smule for at tilpasse den til Viborg Katedralskole. Den største forskel er at flere af forhandlingsfaserne er lagt sammen så efterarbejdet reduceret en anelse, for en mere uddybende gennemgang af den lokale tilpasning, se appendix A på side 51 ud-

gangspunktet for denne tilpasning er ([Greenbowe & Hand, 2005](#); [Hand et al., 2004](#); [Krogh & Andersen, 2016](#)). For at undersøge elevernes motivation for det skriftlige arbejde blev eleverne bedt om at udfylde et spørgeskema lige efter de havde været i laboratoriet og forud for udførelsen af det skriftlige arbejde. På Viborg Katedralskole blev alle eleverne i 1.g udsat for dette spørgeskema efter et af de første moduler i laboratoriet, efter afslutningen på grundforløbet. For at kunne sammenligne udviklingen af den skriftlige kompetence for eleverne i 1.y, blev der tilfældigt udvalgt skriftligt arbejde for to grupper i 1.y samt for to grupper af elever i 1.e som ikke er en science studieretning. Det er klart at det mest optimale havde været at have en klasse som var sammenlignelig med 1.y, dette var dog ikke muligt på Viborg Katedralskoles årgang 2018/19. Det skal dog her bemærkes at sammenligningen mellem to forskellige studieretninger ikke nødvendigvis er valid og derfor kan give problemer i forhold til motivations undersøgelsen.

3.2 Indsamlingsmetoder

Til indsamling af den anvendte empiri er der anvendt hhv. spørgeskema og afleveringer fra eleverne. Herunder gennemgås præmisserne for indsamlingen af spørgeskemaerne.

Spørgeskemaet

Eleverens selvevaluering af deres eget motivations niveau, har mundet ud i en udformning af et spørgeskema med fem udsagn som eleverne skal vurdere på en syv trinsskala. Hvor syv er meget enig og et er meget uenig. De fem udsagn som eleverne skal vurdere er følgende:

1. Jeg har let ved at gennemskue hvad jeg skal i laboratoriet.
2. Jeg har et øget fagligt udbytte af de åbne problemstillinger.
3. Jeg har en bedre forståelse af den teori der arbejdes med som følge af laboratorie arbejdet.
4. Jeg føler at skriveprocessen er nemmere når jeg selv har designet forsøget.
5. Jeg føler at det praktiske arbejde i laboratoriet, øger min faglige motivation.

Spørgeskemaet gennemføres i en eksperimentel lektion umiddelbart efter det praktiske arbejde, kravet har været at der skulle vente eleverne noget skriftligt arbejde som følge af det praktiske arbejde de netop havde udført. Foruden de frem udsagn havde eleverne mulighed for at give kommentatere de måtte finde relevante. Undersøgelsen blev foretaget med SurveyXact softwaren i de respektive klasser på skolen.

Afleveringer

Den anden type af empiri der er anvendt til dette projekt er elev arbejde. Her har underviserne tilfældigt udvalgt to grupper pr klasse forud for første aflevering og disse gruppers afleveringer er således blevet gennemlæst for at finde tegn på udvikling af den skriftlige kompetence i både 1.e og 1.y. Den anden aflevering i dette datasæt er udvalgt således at det følger den person i gruppen som har afleveret den første opgave i Lectio studieadministrations systemet såfremt eleverne har skiftet gruppe undervejs i forløbet.

Samtalen

Som den sidste del af den foreliggende empiri er der gennemført en klassedialog med klassen 1.y om motivation og særligt fokus på motivation for skriftligt arbejde - endvidere har klassen i denne forbindelse givet deres bud på hvordan man ville kunne øge deres motivation for det skriftlige arbejde. Samtalen var i udgangspunktet styret af klassens undviser, som undervejs noterede de vigtigste pointer på tavlen således at de blev bevaret til opgaven.

3.3 Diskussion af undersøgelsesdesignet

I forbindelse med dette projekt har der været anvendt metoden aktionsforskning, hvor der er blevet ændret på ting i forhold til undervisningen for derefter at se hvilken effekt det har på eleverne. Grundlaget for dette valg har været af praktiske hensyn, på den måde er det muligt at afprøve forskellige tiltag på et mindre en-

semble for derefter at undersøge effekterne af de ændringer der er foretaget blandt målgruppen. Ved evalueringen af de forskellige tiltags effekter på eleverne ville det give mening at udføre pretests og posttests for derigennem at undersøge elevernes faglige udbytte. Dette er bevidst valgt fra da fokus her har været på at undersøge elevernes motivation for faget samt indflydelsen på den skriftlige kompetence. Her ville før og efter tests ikke nødvendigvis kunne give et retvisende billede. Hvorfor spørgeskemaet som en form for selvevaluering virker som en mere fornuftig vej at gå. En anden begrænsende faktor her har været tidsfaktoren. Skulle man have foretaget undersøgelserne på et større ensemble så ville det have krævet langt flere undervisere som var indvolveret i forskningen. Dette har ikke været muligt, hvorfor valget er faldet på at studerer effekterne i en enkelt klasse med 30 elever. Endvidere ville det også være sværere at sikre at alle underviserne så rent faktisk udførte undervisningen i henhold til den struktur som de havde fået udstukket.

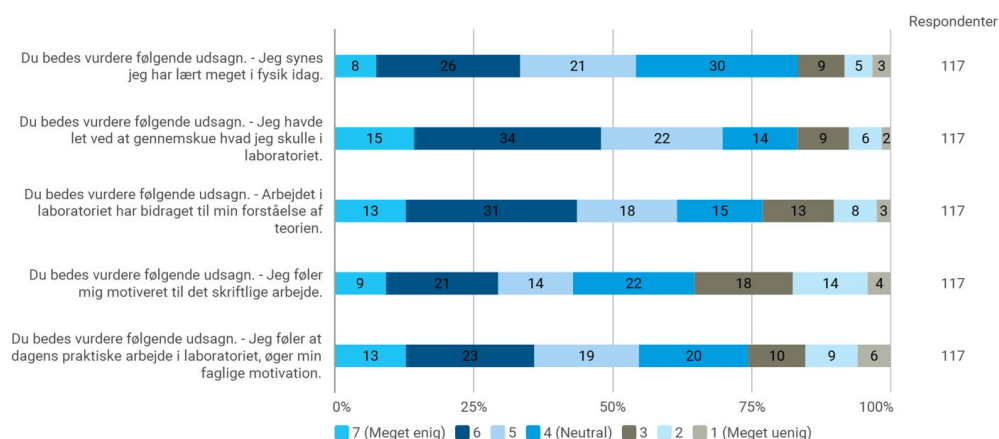
Analyse, fortolkning og resultater

I det følgende afsnit betragtes den empiri som er indsamlet i forbindelse med dette projekt. I afsnit 4.1 betragtes empirien som er indsamlet gennem spørgeskemaet, i afsnit 4.2 på side 28 gennemgås den indsamlede empiri fra klassesamtalen om motivation, og kapitlet afsluttes med et afsnit 4.3 på side 30 hvor forskellige elevers skriftlige arbejde analyseres vha. TAP modellen.

4.1 Spørgeskemaet

Som empirisk grundlag for dette projekt er der indsamlet data via et spørgeskemaer samt fra elev afleveringer i to forskellige klasser. Alle besvarelserne på spørgeskemaet er indsamlet med SurveyXact blandt 1.g eleverne på Viborg Katedralsekole, der har været 117 ud af 349 mulige besvarelser hvilket omregnet til svarprocent er ca. 33,5 %. Undersøgelsen er blevet gennemført i forbindelse med praktisk eksperimentelt arbejde, hvor eleverne har besvaret de fem spørgsmål umiddelbart efter det eksperimentelle arbejde og umiddelbart forud for det skriftlige arbejde. De 117 svar fordeler sig som vist på figur 4.1 på næste side.

Betrakter man antallet af positive svar på de fem udsagn, hvor et svar regnes som positivt hvis der er svaret højere end neutral (4). Så vil det gennemsnitligt udgøre mere end 57 % af de afgivne svar til alle fem spørgsmål (7 (meget enig) - 11,6%, 6 - 27 % og 5 - 18.8 %). Tager man elever som har en neutral holdning til de fem udsagn dækker man 77,6 % af de adspurgte elever. Hertil kunne det anfægtes om eleverne



Figur 4.1: Det samlede datasæt for de fem spørgsmål med hver 117 respondenter fra en 1.g årgang på Viborg Katedralskole. Svar procenten for undersøgelsen er på omkring 33 %.

faktisk har forstået hvad de har svaret på. Her ville man ved hjælp af Cronbach's α kunne afgøre om der er en intern konsistens i de afgivne svar.

Chronbach α

Tabel 4.1: Her ses værdier for Cronbach's α som mål for at teste den interne konsistens i undersøgelsen. Data som disse kan findes i en lang række artikler, men her følger vi udlægningen af (Peterson, 1994, Tabel 1, s. 382) hvor der er en række forskellige fortolkninger, den her anvendte tager sit udgangspunkt her og er så tilpasset.

Værdi af Cronbach's α	Intern konsistens
$0.9 \leq \alpha$	Fremragende
$0.8 \leq \alpha < 0.9$	God
$0.7 \leq \alpha < 0.8$	Acceptabel
$0.6 \leq \alpha < 0.5$	Tvivlsom
$0.5 \leq \alpha < 0.6$	Dårlig
$\alpha < 0.5$	Uacceptabel

Cronbach's α er beregnet på følgende vis:

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1} \right) \cdot \left(1 - \sum_{i=1}^k \frac{\sigma_i^2}{\sigma_s^2} \right) \quad (4.1)$$

hvor k er altallet af målinger i undersøgelsen, σ_i^2 er variansen af den i 'te måling, mens σ_s^2 er variansen for hele undersøgelsen, jf (Peterson, 1994, s.382). For de

indsamlede data i spørgeskemaet er Cronbach's α beregnet til 0.91, hvilket baseret på skalaen i tabel 4.1 på modstående side betyder at der er en fremragende intern konsistens i undersøgelsen. Hvilket igen betyder at elevernes svar er konsistente gennem alle spørgsmålene.

På baggrund af de 117 besvarelser af spørgeskemaet er det muligt at beregne en Chronbach α for datasættet. Her findes værdien for Chronbach α til 0,91 hvilket tyder på at der er en virkelig god intern konsistens i undersøgelsen jf. tabel 4.1 på forrige side. Det tyder også på at eleverne har forstået de fem spørgsmål som de er blevet bedt om at svarer på. Generelt ser det ud til at hvis en elev svarer lavt, kategori 1 og 2, på spørgsmål et så svarer den pågældende elev lavt på alle fem spørgsmål. Ligeledes hvis en elev svarer højt, kategori 6 og 7, så svarer de generelt over middel på alle spørgsmålene. Med andre ord er eleverne baseret på deres selvevaluering enten motiverede eller også mangler de motivation i det praktiske arbejde.

Opsamling på spørgeskemaet

Det er altså tydeligt med udgangspunkt i den empiri der er indsamlet i forbindelse med spørgeskema undersøgelsen at eleverne generelt føler at de lære noget af det praktiske arbejde, samt at de kan gennemskue hvad de skal i laboratoriet, men det halter stadig med at kunne motivere eleverne til det skriftlige arbejde, som det fremgår af figur 4.1 på modstående side. Kigger man på nogle af de kommentarer som eleverne har givet finder man udsage som:

“[...]Jeg har i dette forløb om ideal gasser, været lidt udfordret pga at vi ikke har fået noget teori forklaret på tavlen. Dette gjorde mig en del umotiveret.[...]”

Elevkommentar fra spørgeskemaet

Dette til trods for at den pågældende elev har vurderet alle fem spørgsmål højt eller meget højt. Så der er en klar udfordring i hvorledes resultaterne så skal fortolkes, når eleverne vurderer udsagnene på en måde og efterfølgende skriver noget anden end

det deres vurdering umiddelbart ser ud til. Det er dog tydeligt at denne pågældende elev er udfordret af IBSE-tilgangen til undervisningen. Baseret på kommentaren kan det tolkes at denne elev har været en del af test klassen. Om end en af de store udfordringer i forbindelse med denne undersøgelse er at det ikke er muligt at trække de elever ud som har været i test gruppen og se på deres resultater uafhængigt af de øvrige 1.g elever, da spørgeskemaet har været gennemført anonymt for at opnå så pålidelige og reelle svar fra eleverne. Det er dermed kun muligt at hente information om eleverne er en del af test gruppen såfremt de som i udsagnet ovenfor klart giver udtryk for at de tilhører testgruppen. den overordnede konklusion ser ud til at være at eleverne generelt motiveres ved at lave eksperimenter i fysikfaget men at det halter med at motivere eleverne til det skriftlige arbejde i fysikfaget.

4.2 Samtale om motivation for skriftlighed

I forbindelse med undervisningen i fysik faget i klassen 1.y på Viborg Katedralskole blev der gennemført et dialog med klassen med fokus på emnet motivation. Her definerede klassen begrebet motivation som “Lysten til at gøre noget”. På baggrund af denne definition af begrebet førte dialogen over til hhv. ydre og indre motivation og årsager til at man kan finde ydre motivation og hvordan man i undervisningsrummet kan nå den ydre motivation men kan have svært ved at påvirke elevernes indre motivation for faget, jf. (Buhl, 2010). I forbindelse med ydre og indre motivation sætter eleverne de samme benævnelser på de to motivations begreber som man kan finde i litteraturen. Efterfølgende snakkede klassen om hvad begrebet faglig motivation dækker over. Her kom en version af den oprindelige definition af begrebet som lød “Lysten til at lære noget”. Hertil spurgte undervisere hvad vil det sige at lære noget? Til dette kom der mange bud, blandt andet at man skulle kunne bruge sine tillærte kompetencer til noget. Eller at man kunne huske det man havde lært tidligere. Til spørgsmålet om hvorvidt eleverne blev motiveret mest af mundtligt eller skriftligt arbejde var det entydige svar, at eleverne blev klart mest motiveret af mundtligt arbejde. Der var i høj grad tale om en ydre motivation hvor eleverne fremhævede feedback og respons fra klassen og underviserne som det mest

motiverende. Eleverne mente ligeledes at de havde lettere ved at forholde sig til den feedback de fik mundtligt. Sluttelig drejede samtalen over på hvordan man ville kunne øge motivationen for det skriftlige arbejde. Her pegede eleverne på at de i højere grad ønskede mundtlig feedback med fokuspunkter end skriftlig feedback med fokuspunkter for det ville gøre at de kunne spørge ind til dele af den modtagne feedback. De pegede også på at de mente at opgaveskrivning i mindre skridt ville være mere optimalt, samt en klarer instrukser af hvad der skulle være en del af opgaven. Eleverne ønskede også et skrive modul i umiddelbar forlængelse af deres eksperimentelle moduler. Samt mere tid til den eksperimentelle del af undersøgelserne.

Opsamling på samtalen

Eleverne er i den beskrevne samtale inde at røre ved noget så fundamentalt som dannelse nemlig evnen til at kunne binge sin faglighed i spil uden for klasserummets vægge. I denne kontekst er det åbentlyst at eleverne udelukkende opfatter rapporter og journaler som skriftligt arbejde og altså ikke regneopgaver udført i timerne som en del af den daglige undervisning, hvor eleverne træner færdigheder og problemløsningskompetencer. Forholder man sig til de tiltag som eleverne stiller op som faktorer som kunne øge deres skriftlige motivation så er der flere af tingene som giver god mening, fx.

- Opgaveskrivning i mindre bidder
- Skrive moduler umiddelbart efter eksperimentet
- Mundtlig feedback

Opgaveskrivning i mindre bidder giver mening i forhold til at klæde eleverne på til bedst muligt at løse denne opgave. Dette kunne man også udnytte i forhold til at anvende et undervisningsmodul i forbindelse med enhver øvelse der laves således at det kan kvalificeres for eleverne hvordan man bygger de enkelte dele af en rapport/journal op. Pinden med mundtlig feedback giver mulighed for at eleverne kan stille spørgsmål til den feedback de får men det kan på samme tid problematiseres

at eleverne her vil få problemer med at fastholde deres fokuspunkt til næste aflevering, hvis dette udelukkende overdrages mundtligt. Man kunne derfor overveje om det ville give mening med at give eleverne mundtlig feedback via vodcasts fx med Screencast'O'Matic herved kan man også se hvor mange gange eleverne ser casten. Man kan undre sig over at eleverne ikke føler at de er klar over hvad der skal være med i rapporten/journalen når de har fået både mundtlig og skriftlig information herom samtidig med at de har haft tid i skolen til at arbejde med afleveringen. Dette kunne igen måske afhjælpes ved at opbygge skrivningen i mindre dele med særligt fokus på enkelt dele af skrive processen.

4.3 Afleveringer

Til at belyse den sidste del af denne undersøgelse nemlig spørgsmålet om hvorvidt den skriftlige kompetence udvikles gennem anvendelsen af IBSE og SWH i samspil. Anvendes elev afleveringer, som analyseres efter Toulmins Argumentations Princip (TAP). I denne del af empirien analyseres fire afleveringer fra klassen 1.y hvor der udtages to tilfældigt valgte afleveringer fra den første rapport som eleverne afleverede og to fra den aflevering eleverne afleverede lige inden påske. På samme vis er der udtaget to gange to afleveringer fra en anden 1.g klasse på Viborg Katedralskole. De otte afleveringer er fordelt på følgende måde hvor elev 1 og elev 2 er fra kontrolgruppen:

Elev 1 1.e - Nytttevirkning af elkedel og kaffemaskine samt Bestemmelse af bølglængde for laserlys

Elev 2 1.e - Nytttevirkning af elkedel og kaffemaskine samt Bestemmelse af bølglængde for laserlys

Elev 3 1.y - Undersøgelse af fænomenet gnidning og Undersøgelse fænomenet diffraktion

Elev 4 1.y - Undersøgelse af fænomenet gnidning og Undersøgelse fænomenet diffraktion

Nyttevirkning af elkedel og kaffemaskine

Når man ser på de første to rapporter fra hhv. elev 1 og elev 2 så er det svært at indetificere det skema som er beskrevet på figur 2.3 på side 13. Der er i høj grad tale om en rapport som er skrevet med ført hånd af den vejledning som eleverne har fået på forhånd. Det har været helt klart for eleverne hvilket resultat de forventedes at opnå med øvelsen. Det tætteste vi kommer på en egentlig påstand er følgende pasus

“[...] ΔE_{nytte} er den energi, som udnyttes til opvarmning af vandet.

Når vi har en mængde vand med massen m , kan denne energi beregnes ved hjælp af formlen;

$$\Delta E_{nytte} = m \cdot c \cdot \Delta T$$

hvor c er den specifikke varmekapacitet (varmefylde) for vandet[...]”

Problemet her er at denne påstand ikke er funderet i data så det er i virkeligheden det facit som eleven burde nå frem til men hvordan undersøges dette? Endvidere er dette uddraget fra den teoretiske del af vejledningen jf. appenix B på side 55. For både elev 1 og elev 2 er data her forstået som tal tastet ind i et skema som har været tegnet op på forhånd. Eleverne har dermed blot skulle taste tydeligt definerede værdier ind i skemaet, i passende allerede angivne enheder. Data er for de to grupper ikke overraskende meget lig hinanden. I forhold til at skabe evidens for den påstand som fremgår af tekstuddraget her over, så forbliver evidensen her blot udregninger med de allerede givne formler. Sluttelig er rygdækningen her den første del af rapporten hvori teorien gennemgås, dog med det lille twist at dette afsnit mere eller mindre kommer fra øvelsesvejledningen. Betragtes vejledningen til denne øvelse, se appendix B på side 55, er det tydeligt at denne ikke overlader meget til fantasien og til at eleverne frit kan eksperimentere i laboratoriet. Vejledningen strukturerer arbejdet såvel som databehandlingen for eleverne. Det er derfor meget svært at ende ud med forskellige slutprodukter samt at fordre forundring og kreativitet blandt eleverne dette ses også tydeligt på de to produkter som eleverne har afleveret. Anvendes TAP modellen finder man et fint skema med de opsamlede

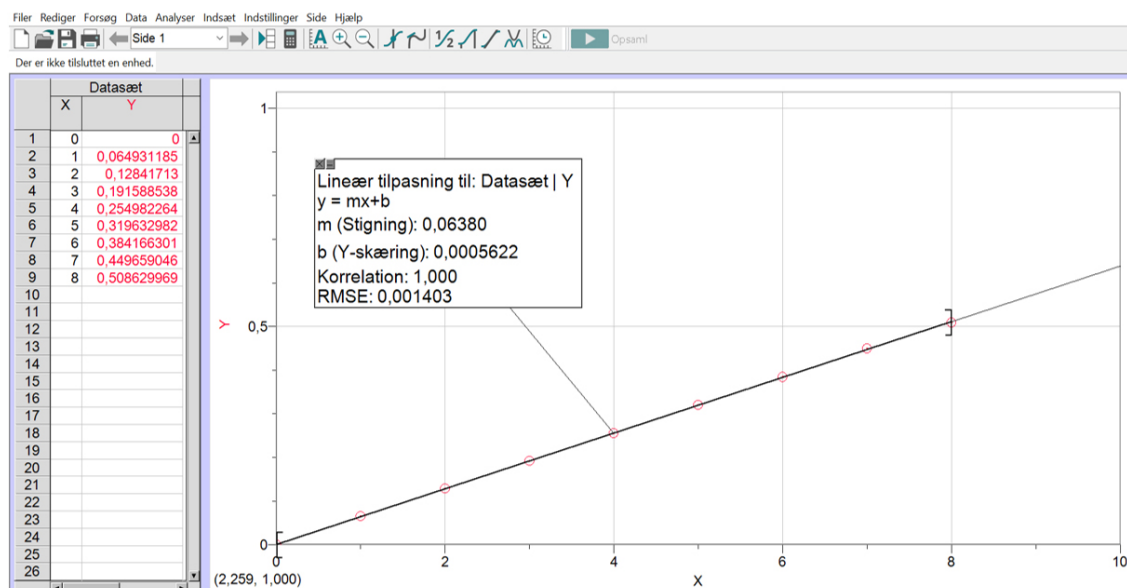
data jf. skemaet **B.1 på side 57**. Her er alt systematiseret og eleverne skal for at kunne fylde det hele ud foretage relevante beregninger. Men der udformes på intet tidspunkt en påstand på baggrund af de foreliggende data og der søges ej heller evidens, grundet den manglende påstand. Dermed forbliver arbejdet en anelse fremmet overfor den måde man argumentere videnskabeligt for de valg man foretager undervejs i det praktiske arbejde.

Bestemmelse af bølgelængden for laserlys

I denne øvelse skal eleverne undersøge fænomenet diffraktion af laserlys ved passage af et optisk gitter. I ligesom i vejledningen fra undersøgelsen beskrevet ovenfor så overlades ikke meget til eleverne her. Dog skal eleverne denne gang selv formulere formålet med øvelsen samt teoriafsnittet, som dog har nogle mindste krav til undersøgelsen. I denne vejledning er der som i den første vejledning et fint skema som eleverne kan bruge til at notere data i. og databehandlingen udføres igen med ført hånd således at eleverne udfører de væsentlige undersøgelser bl.a. skrives følgende i vejledningen:

“[...] Hvis n og λ er konstante (og det er de i vores forsøg), så er $\sin(\theta)$ en lineær funktion af n , med hældningskoefficienten λ/d og b -værdi på 0 (svarende til $y = a \cdot x + 0$).” [...]

Dette kunne have været baggrund for en rigtig god påstand for eleverne at komme med på baggrund af deres datasæt. Men igen anvendes data kun i ringe omfang til at sige noget om sammenhænge. Dog fremstilles evidensen for den påstand som er indlejret i ovenstående citat fra vejledningen. Denne graf, se figur **4.2 på næste side** er lavet af både elev 1 og elev 2 som det er beskrevet i vejledningen, og fælles for eleverne er at denne ikke anvendes yderligere i forhold til at be- eller afkræfte teorien, der er i spil. Dette kan skyldes at der ikke er tale om at validere en påstand. Eleverne kommer hermed ikke til at reflektere over det de har undersøgt - man kunne overveje at have omformuleret ovenstående citat således at det kom til at lyde noget i retning af



Figur 4.2: Eksempel på evidens hentet fra afleveringen om bestemmelse af bølgelængden for laserlys fra elev 1

“Undersøg sammenhængen mellem $\sin(\theta)$ og n .”

Det ville også give eleverne en bedre mulighed for at komme helt rundt i deres faglige argumentation, med et særligt fokus på TAP modellen da alle skolens klasser er blevet introduceret til Toulmins argumentations princip i forbindelse med et internt argumentationsprojekt på Viborg Katedralskole. Endvidere har man ikke givet eleverne facit, nemlig at sammenhængen er lineær og eleverne skal altså finde en måde at afgøre hvad der skal ske med data i forhold til at uddrage information fra dem, samtidig tvinges de tilbage i det teoretiske fundament for øvelsen for at søge rygdækning for den påstand de ville fremkomme med i forbindelse med denne undersøgelse.

Undersøgelse af fænomenet gnidning

Til dette eksperiment havde eleverne ingen vejledning, derimod blev der brugt et modul på at udforske for forståelsen af fænomenet gnidning, samt at finde ud af hvad man kunne undersøge i laboratoriet omkring fænomenet gnidning. Her udviklede eleverne i grupper deres egne undersøgelsesspørgsmål og definerede hvordan de havde tænkt sig at undersøge netop dette spørgsmål i laboratoriet. Herunder hvilket

laboratorie udstyr de havde brug for. Grupperne hvori elev 3 og elev 4 var kom frem til følgende undersøgelsesspørgsmål.

Elev 3 Er en overflades μ -indeks altid det samme uanset objektets masse?

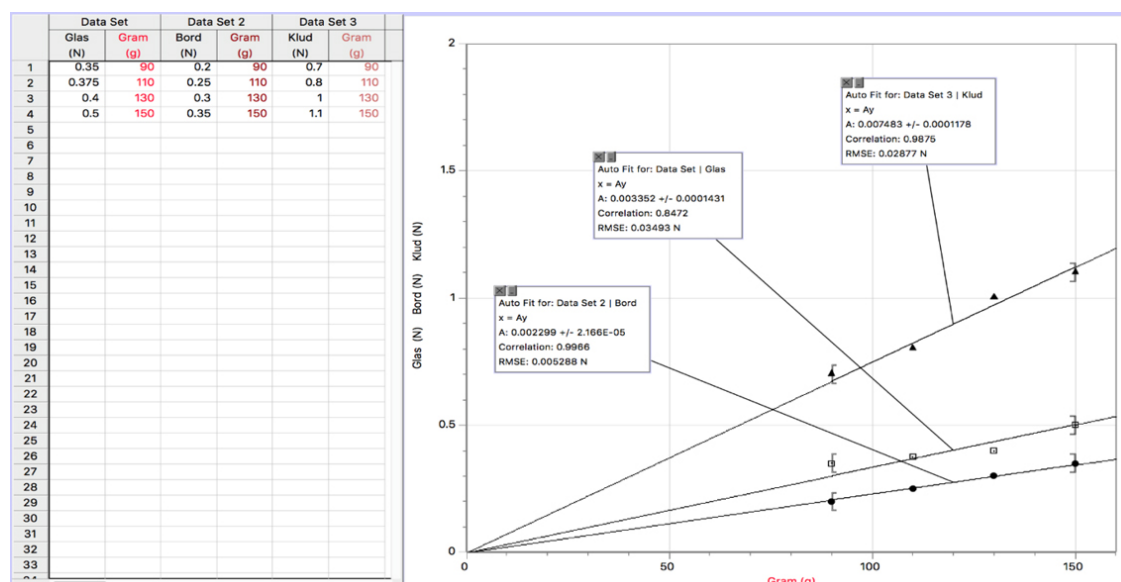
Elev 3 Er et objekts μ -indeks det samme på alle af de valgte overflader?

Elev 4 Er der en sammenhæng mellem massen af legemet og størrelsen af gnidningskræften?

Efter en samtale med gruppen hvori elev 3 befandt sig stod det klart at de med ordet μ -indeks mente gnidningskoefficient. Elevgruppen med elev 3 valgte altså to undersøgelsesspørgsmål hvor De i alt foretog 12 målinger med fire forskellige masser på tre forskellige underlag. Dette gav dem et fint datasæt. Med udgangspunkt i deres datasæt kunne de udlede følgende påstande.

1. Gnidningskoefficientet er tilnærmelsesvis uafhængig af objektets masse.
2. Gnidningskoefficientet er stærkt afhængig af underlaget.

Med udgangspunkt i deres data og deres påstand påbegynder gruppen efterfølgende at lave en graf som kan danne evidens for deres påstand. Som evidens for den for deres anden påstand har gruppen af elever frembragt følgende figur 4.3.



Figur 4.3: Evidens til at understøtte de påstande som er uddraget af data. Her er gnidning mod bord markeret med cirkler, mod glas med firkanter og mod en klud med trekanter

Fra tabellen i venstre side af figur 4.3 på forrige side fremgår det at variation af massen kun har en lille eller slet ingen betydning for gnidningskoefficienten mens variation af underlaget har en enorm betydning for gnidningskoefficienten som det klart fremgår af det grafiske evidens i figurens højre panel, som eleverne også fremhæver. Den sidste del af TAP-modellen som det bør tjekkes om denne aflevering lever op til er kravet om rygdækning, her skal rygdækningen søges i afleveringens teori afsnit hvor eleverne har hentet inspiration i deres fysik bog (Benoni & Elvekjær, 2010) hvori eleverne har fundet inspiration i kapitlet om kræfter til en beskrivelse af gnidningskræften.

Gruppen hvor elev 4 er medlem er kommet frem til en lignende konklusion og med evidens der minder om det som er beskrevet herover. Deres opbygning af undersøgelsen er også som herover. Hvorfor der ikke er nogen mening i at gennemgå det i stor detalje.

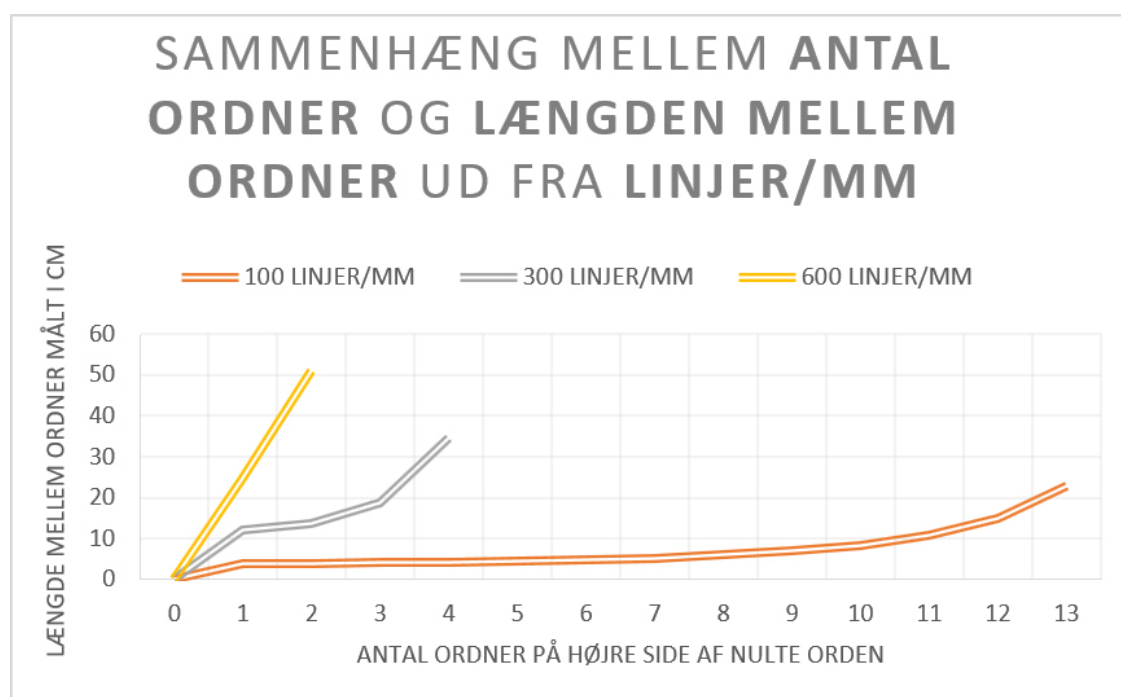
Undersøgelse af fænometet diffraktion

I denne undersøgelse er eleverne 3 og 4 kommet på forskellige undersøgelser. Når man betragter de afleveringer som eleverne har lavet i forbindelse med denne undersøgelse så er det tydeligt at de er faldet ned i et rapport design som minder mere om den klassiske rapport skabelon som vist i tabel 2.2 på side 16. Dette til trods for at underviseren havde gjort det klart for eleverne at de skulle huske på hvad de havde lært om skriftlighed. Deres klassiske afleveringer var dog ikke totalt identiske med den klassiske rapport skabelon fx havde ingen af rapporterne et afsnit om formålet med undersøgelsen i stedet havde de begge en hypotese hvori de beskrev de forventninger de havde til undersøgelsen. I forbindelse med hypotesen var der de undersøgelsesspørgsmål som eleverne havde udarbejdet i grupperne forud for eksperimentet. Herefter er det fælles for rapporterne at de efter at have beskrevet en fremgangsmåde og deres data og observationer glemmer at udfærdige påstande jf. Toulmins Argumentations Princip, som efterfølgende kan eftervises med den evidens der kan skabes ud fra den indsamlede empiri. Begge elevgrupper søger dog at skabe en form for evidens for deres undersøgelse, men den forbliver ufokuseret i

forhold til det de faktisk kan uddrage af den indsamlede empiri.

For begge grupper når de ikke helt i mål med det de har sat sig for at undersøge. Gruppen med elev 3 i havde sat sig for at undersøge om fabrikatens påtrykte gitterkonstant faktisk passede med hvad man kunne bestemme den til i laboratoriet. Hvorimod gruppen med elev 4 satte sig for at undersøge sammenhængen mellem antallet af ordner og interferenspletternes afstand fra den centrale orden.

Når man som underviser betragter gruppernes data er det helt tydeligt at der er gået noget helt galt. I tilfældet med gruppe tre er der blevet byttet om på nogle af de målte størrelser og dette kommenteres også i forbindelse med refleksionerne over eksperimentet. Dette betyder også at gruppen på igen måde ville kunne skabe evidens for noget, grundet enorme usikkerheder jf. de grove notations fejl. For gruppen med elev 4 blev det til følgende empiriske data, se figur 4.4.



Figur 4.4: Her ses den eviden som gruppen med elev nummer 4 frembragte i et forsøg på at understøtte deres hypotese om linearitet mellem

Her plotter eleverne antallet af interferenspletter langs førsteaksen mens de plotter afstanden mellem ordnerne på anden akse. Heraf fremgår det klart at der ikke er nogen form for linearitet mellem antallet af ordner og afstanden mellem ordnerne.

Overraskende nok passer den viste evidens med den sammenhæng som eleverne burde komme frem til. Gruppen opsummerer også på deres graf og påpeger at linjen på figur 4.4 på modstående side som svarer til 600 linjer pr mm, ser ud til at være proportional men at den er dannet ud fra to punkter og at man derfor ikke kan sige noget klart. Hvilket er en helt korrekt slutning. Udfordringen for eleverne her har været at de ikke nødvendigvis har de fornødne matematiske værktøjer til at analyserer denne situation og forstå data således at de kan se om det passer med teorien, da der her indgår flere trigonometriske funktioner, en lidt mere uddybende analyse af problemet vedrørende denne graf kan findes beskrevet i appendix C på side 59. Det er en klar udfordring som er forbundet med denne arbejdsform hvor eleverne jf IBSE-metoden selv i højere grad driver værket.

På det reflektive plan er både gruppen med elev 3 og elev 4 meget langt i deres læreproces fx skriver gruppen med elev 3 om resultaterne af deres eksperiment;

“[...] Vores forsøg understøtter teorien om det optiske gitter. Da vi sendte laserens stråle igennem et optisk gitter opstod der et interferensmønster, og det understøtter altså teorien om ringbølger, konstruktiv- og destruktivinterferens. I forhold til vores undersøgelsesspørgsmål virker det til, at gitterkonstantens afvigelse fra fabrikantens deklaration til vores egne beregninger er ude af proportion og uden sammenhæng mellem gitterne[...]”

Denne type af refleksioner over egne resultater finder man ikke i rapporterne hos de elever som blindt har fulgt en kagebogs vejledning. Eleverne i gruppen med elev 3 fortsætter deres refleksioner over hvad der kan være gået galt, med en perspektivering som peger i retning af hvordan man kunne forbedre eksperimentet. Herunder en undersøgelse af hvad det ville betyde for resultaterne hvis man måler 1 cm forkert med målebåndet, her er deres konklusion at det med deres data kan betyde afvigelser på op til 20 %. Det er meget atypisk for elever på dette niveau, at man reflektere over hvorfor man får resultater som afviger så meget fra hvad man havde forventet at få. Sammenligner man med den første rapport er det også tydeligt at eleverne har udviklet sig i form af deres måde at undre sig på og i deres måder at forholde

sig kritisk til de resultater de havde forventet at få. Det er altså klart at kombinationen af undervisning efter IBSE-tankens og skriftlighed efter SWH-metoden har givet eleverne et kritisk blik for hvad de får ud af eksperimenterne og med dette kritiske blik undersøger de mulige fejlkilder og deres indvirkning på resultaterne i undersøgelsen.

4.4 Opsummering

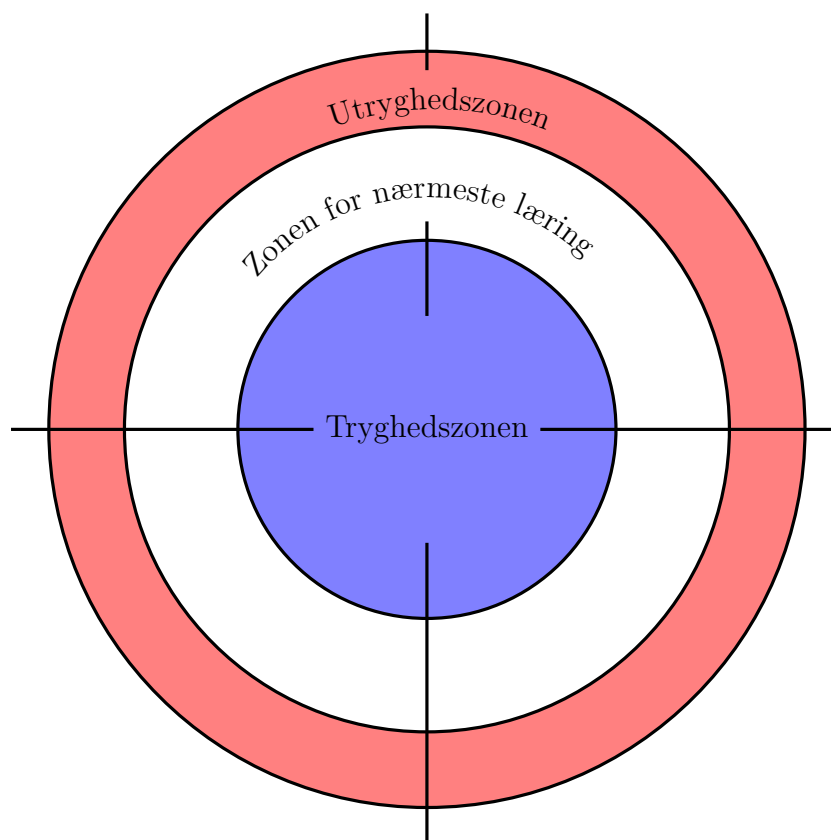
Når man betragter den klassiske rapport over for SWH rapporten, begge beskrevet i tabel 2.2 på side 16. Så er de afleveringer som indleveres af elever som er skrevet efter SWH metoden langt mere velreflekterede og der er meget bedre sammenhæng mellem det eleverne gør i laboratoriet og det udbytte de får af deres eksperimentelle arbejde. Endvidere lader det til at elevernes engagement stiger da de selv er med til at bestemme hvilken retning deres eksperiment skal bevæge sig i.

Diskussion og opsummering

5.1 Hvordan påvirkes 1.g elever af IBSE og SWH?

Hvad kan der så uddrages af denne undersøgelse af elevernes motivation for det skriftlige arbejde og udviklingen af deres skriftlige kompetencer ved brug af IBSE og SWH? Det bliver svært at uddrage noget generelt på baggrund af dette relativt lille pilotstudie på et relativt beskedent ensemble af elever. Dog kan det uddrages at eleverne ikke er helt trygge ved de frie rammer som kommer med IBSE-metoden, det kræver tilvending for eleverne før de er helt trykke ved arbejdsformerne i IBSE. De efterlyser mere styring, til trods herfor. Fremgår det med alt tydelighed af deres afleveringer at de har et højt udbytte af den mere frie tilgang som IBSE giver dem. Samspillet med SWH giver en rigtig velstruktureret argumentation som indikerer et højt læringsniveau for eleverne.

Eleverne oplever stor frustration over de mere frie opgaver som stilles, dette skyldes at eleverne mener at der er noget som er “de gode” eksperimenter og noget som er “de dårlige” eksperimenter. Eleverne er sikker på at der er et endeligt facit med opgaven, tanken om at der skal to streger under facit i naturfagene. Skal man være tro mod principperne i IBSE skal eleverne selv drive eksperimentet dermed vil der aldrig blive noget egentligt facit på eksperimenterne. Omend nogle eksperimenter er mere meningsfyldte at udføre end andre. Eleverne frustreres ligeledes over hvad



Figur 5.1: Grafisk model af Vygotskys udviklingszoner, her inddelt i tryghedszonen hvor man kan løse de opgaver man stilles over for, zonen for nærmeste læring hvor man skal have hjælp til at løse opgaverne men hvor man gennem mestring vil blive dygtigere og sluttelig utryghedszonen hvor man mister håbet.

de betegner som dårlige data, med dette mener de data hvor de har svært ved at uddrage noget. Dette er imidlertid en pædagogisk pointe at alle data kan fortælle noget om den virkelighed der undersøges og dermed vil det pege tilbage i det oprindelige undersøgelsesspørgsmål, endvidere vil disse data med tilhørende undersøgelsesspørgsmål fortælle noget om elevernes nuværende kognitive faglige niveau. Elevernes frustrationer her skyldes at de tvinges ud i zonen for nærmeste læring, se figur 5.1, og derved får muligheden for at udvikle sig, men det kommer med en pris. Prisen for denne udvikling er at man er nødt til at arbejde og at man gør en indstats for at udvikle sig. Eleverne vil helst som de fleste andre mennesker helst befinde sig i deres trykhedszone hvor de har helt styr på alle ting og de udfordringer de stilles overfor. Underviser man eleverne således at de ikke flyttes ud af denne zone vil man få elever som ikke udvikler sig og dermed ikke tilegner sig nye færdigheder.

Ser man bort fra elevernes frustrationer over at de har svært ved at arbejde på denne nye og anderledes måde at tilgå viden i fysikfaget når man ikke starter med teorien men derimod med fænomenet. Så fremgår det af de undersøgte afleveringer at elevernes evner inden for faget er rykket betydeligt. Eleverne har med andre ord rykket grænsen for deres trykhedszone, således at denne er blevet udvidet. Med denne udvidelse af trykhedszonen vil også zonen for nærmeste læring også udvide sig. Denne udvikling er eleverne ikke nødvendigvis bevidste om men det står klart for underviserne som har med eleverne at gøre til daglig.

5.2 Faglig motivation

Klassen 1.y har en høj grad af faglig motivation. Eleverne i klassen har aktivt valgt fysik A og matematikA som studieretningsfag. Det er dermed svært at finde elever som er mere motiverede for faget end netop disse elever. Udfordringen her er altså hvorvidt det er muligt at dokumenterer ændringer i den faglige motivation som følge af undervisningen efter IBSE-tankens med særligt fokus på SWH. Problemet her er at eleverne i klassen 1.y's svar på spørgeskemaet ikke er tilgængelige som egne svar uden de øvrige 1.g elevers svar. Derved drukner eventuelle informationer om elevernes faglige motivation med fokus på det skriftlige arbejde, som følge af praktisk arbejde, i baggrunden af de øvrige svar fra 1.g'erne på Viborg Katedralskole. Af samtalen med klassen 1.y fremgik det at de følte sig højere motiveret ved mundtligt arbejde grundet den direkte feedback og at de oplever at de lettere kan fortolke den feedback de får fra underviser og klassekammerater. Men de har mange bud på hvordan man ville kunne øge deres faglige motivation i forhold til det skriftlige arbejde. Her vil idéer som at skrive rapporter i mindre bidder såvel som at have skrive moduler umiddelbart efter et modul med praktisk arbejde. Ligeledes vil det at dele opgaveskrivningen op i mindre bidder også give mulighed for at give eleverne noget mere mundtlig feedback på det skriftlige arbejde.

5.3 Skriftlige kompetencer

Tilbage står nu hvordan det så er gået med de skriftlige kompetencer hos eleverne i 1.y kontra de skriftlige kompetencer i klassen 1.e. Det fremstår tydeligt at har eleverne ikke en veldefineret opgave så ved de ikke nøjagtig hvilke beregninger de skal foretage for at nå i mål med arbejdet hvilket gør dem utrykke. Det er fra analysen klart at eleverne i 1.y har udviklet sig i meget højere grad i forhold til 1.e. Hvilket stemmer fint overens med de øvrige studier inden for området. Foruden en mere fornuftig argumentation i det skriftlige arbejde ses også et mere velreflekteret skriftligt produkt hvor eleverne i 1.y afsøger mange flere mulige forklaringer på deres problemstillinger. Endvidere lader det til at eleverne i højere grad formår at forholde sig konstruktivt til eksperimenter som ikke har det forventede udfald.

Konklusion

Med udgangspunkt i den indsamlede empiri og den gennemførte analyse af denne empiri, som danner grundlaget for dette pilot projekt, kan det konkluderes at det ikke er muligt i disse data at se nogle effekter på elevernes motivation for skriftligt arbejde. Hvilket skyldes problemer med den foreliggende empiri. Eleverne udtrykker når de bliver adspurgte at de har en meget højere lyst til at lære i forhold til det mundtlige arbejde frem for det skriftlige arbejde. Eleverens begrundelse herfor er at de føler at de har lettere ved at fortolke og afkode den feedback de får mundtligt, frem for når de modtager den på skrift. Udfordringen kan her være fastholdelse af feedbacken i forhold til at gøre den til feedforward, således at det bliver tydeligt hvad eleverne skal tage med videre, jf. slutningerne præsenteret af [Hattie and Timperley \(2015\)](#). Eleverne giver altså idéer til hvordan man ville kunne øge den faglige motivation blandt elever i forhold til skriftlig fysik, her med fokus på skriftligt arbejde i form af rapporter og journaler. Generelt set kan det uddrages af figur 4.1 på side 26 er at eleverne generelt finder faglig motivation i det praktiske arbejde hvilket også afspejles i det indtryk de fleste fysik undervisere i det almene gymnasium påpeger, jf. ([Krogh & Andersen, 2016](#)).

Fra analysen af fremstår det tydeligt at elev produkterne i 1.y er der en højere grad af analytisk og reflektiv tilgang til det praktiske arbejde. Der er heller ikke på samme måde berøringsangst med eksperimenter som ikke giver det forventede udfald. I klasser som ikke er undervist efter IBSE og SWH, oplever man at eleverne frustreres over data som ikke passer med den teori de skulle eftervise, eller som

slet ikke reflektere over at der er en mulig uoverensstemmelse mellem teori og data. Dette er bestemt ikke tilfældet med test klassen i denne kontekst. Det kan derfor sluttet at elevernes skriftlige kompetencer er øget betydeligt i forhold til kontrol klassen 1.e.

Sluttelig kan det konkluderes at samspillet mellem IBSE og SWH giver mening i forhold til at udvikle elevernes kritiske rationelle sans i forhold til eksperimenter og analysen af de indsamlede eksperimentelle data. I forhold til elevernes faglige motivation kan man ud fra betragtninger af eleverne i undervisningen uddrage at IBSE øger motivationen for det faglige arbejde og for undren over fænomener inden for fysikkens dogmæne, som beskrevet hos [Dolin et al. \(2014\)](#). Det står også klart at SWH metoden understøtter netop den reflektive process i fysik faget. Udfordringerne ved at arbejde på denne metode er at det er meget tidskrævende, og i et presset pensum vil det oftest være et sted hvor man som underviser vælger fra.

Denne pilot undersøgelse har nogle interessante perspektiver men der er et klart behov for yderligere undersøgelser af de effekter som dette projekt indikerer der kunne være.

6.1 Perspektivering

En af de store udfordringer i brugen af IBSE og SWH er at dette tager meget længere tid end at gennemfører øvelser på denne måde. Hvis blot man kan dokumentere at elevernes kompetencer udvikles mens de arbejder. Med udgangspunkt i dette pilot studie er der indicier for at elevernes skriftlige kompetencer forbedres betydeligt i forhold til den klassiske kgebogsøvelse. Der er noget der tyder på at eleverne bliver dygtigere til at gennemfører og analysere praktisk arbejde og de resultater som kommer ud af den empiri som eleverne indsamler gennem det praktiske arbejde.

Det vil altså være nødvendigt med et yderligere studium af samspillet mellem IBSE og SWH. Her bør man overveje en større poppulation af elever og ligeledes et bredere spektrum i forhold til studieretninger, ligeledes bør man også have et bredere udsnit af undervisere inden for fysik faget som kan indgå i projektet. Hertil

kommer en kontrolgruppe som gennemfører projekt perioden men med klassiske kgebogsvejledninger.

Litteratur

- Akkus, R., Gunel, M., & Hand, B. (2007, nov). Comparing an inquiry-based approach known as the science writing heuristic to traditional science teaching practices: Are there differences? *International Journal of Science Education*, 29(14), 1745–1765. Retrieved from <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09500690601075629> doi: 10.1080/09500690601075629
- Atasoy, Ş. (2013, jan). Effect of writing-to-learn strategy on undergraduates' conceptual understanding of electrostatics. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 22(4), 593–602. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007/s40299-013-0062-4> doi: 10.1007/s40299-013-0062-4
- Benoni, T., & Elvekjær, F. (2010). *Fysikabbogen 1*. Systime A/S.
- Buhl, C. (2010). *Talent: Spørgsmålet er ikke om du har talent men hvordan*. Gyldendal Buisness.
- Burke, K., Hand, B., Poock, J., & Greenbowe, T. (2005, September). Using the science writing heuristic: Training chemistry teaching assistants. *Journal of College Science Teaching*, 35(1), 36-41. Retrieved from https://www.jstor.org/stable/42992552?seq=1#page_scan_tab_contents
- Dolin, J., Nielsen, J. A., Jacobsen, L. B., & Bruun, J. (2014). *Kompendium: Inquiry Based Science Education - IBSE - Termer, metoder, tankegange og erfaringer - Undersøgelsesbaseret undervisning i naturfag og matematik* (K. Frisdahl, Ed.). Institut for Naturfagenes Didaktik, Københavns Universitet.
- Erduran, S., Simon, S., & Osborne, J. (2004, Oktober). Taping into argumentation:

- Developments in the application of toulmin's argument pattern for studying science discourse. *Science Education*, 88(6), 915 - 933.
- Erkol, M., Kışoğlu, M., & Büyükkasap, E. (2010, January). The effect of implementation of science writing heuristic on students' achievement and attitudes toward laboratory in introductory physics laboratory. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 2310–2314. doi: 10.1016/j.sbspro.2010.03.327
- Etkina, E., & Van Heuvelen, A. (2007). Investigative science learning environment - a science process approach to learning physics. In *Research-based reform of university physics* (Vol. 1).
- Greenbowe, T., & Hand, B. (2005). Introduction to the science writing heuristic. In (chap. Chemists' Guide to Effective Teaching). Prentice Hall.
- Hand, B., Wallace, C. W., & Yang, E.-M. (2004). Using a science writing heuristic to enhance learning outcomes from laboratory activities in seventh-grade science: quantitative and qualitative aspects. *International Journal of Science Education*, 26(2), 131 - 149.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2015). Feedback og Vurdering for læring. In M. J. Elbeck (Ed.), (1udgave, 3. oplag ed., p. 13 - 59). Suderbovej 22 - 24, 9900 Frederikshavn: Dafolo.
- Hodson, D. (2008). Et kritisk blik på praktisk arbejde i naturfagene. *MONA*(3), 7 - 20.
- Keys, C. W., Hand, B., Prain, V., & Collins, S. (1999, July). Using the science writing heuristic as a tool for learning from laboratory investigations in secondary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(10), 1065-1084. Retrieved from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/%28SICI%291098-2736%28199912%2936%3A10%3C1065%3A%3AAID-TEA2%3E3.0.CO%3B2-I> doi: 10.1002/(SICI)1098-2736(199912)36:10<1065::AID-TEA2>3.0.CO;B2-I
- Kingir, S., Geban, O., & Gunel, M. (2013, oct). Using the science writing heuristic approach to enhance student understanding in chemical change and mixture. *Research in Science Education*, 43(4), 1645–1663. Retrieved from <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11165-012-9326>

-x doi: 10.1007/s11165-012-9326-x

Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the science of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Krogh, L. B., & Andersen, H. M. (2016). *Fagdidaktik i naturfag* (F. Olsen, Ed.). Frydenlund.

Miller, D. M., Scott, C. E., & McTigue, E. M. (2018, December). Writing in the secondary-level disciplines: a systematic review of context, cognition and content. *Educational Psychology Review*, 30(1), 83-120. doi: 10.1007/s10648-016-9393-z

Peterson, R. A. (1994, September). A meta-analysis of cronbach's coefficient alpha. *Journal of Consumer Research*, 21(2), 381-391.

Toulmin, S. E. (1958). *The use of argument*. Cambridge University Press.

Science Writing Heuristic eller at skrive for at lære

Hvis du spørger dine klassekammerater eller din underviser efter en definition på begrebet *undersøgelse*, vil du formentlige få ligeså mange forskellige unikke definitioner som antallet af personer du har spurgt. Dette skyldes at *undersøgelse* kan have mange forskellige meninger uafhængigt af personen der spørges. I denne laboratorie manual, har vi valgt følgende forståelse af begrebet *undersøgelse* som midlerne til at gennemføre videnskab. For at hjælpe dig til at tænke hele vejen igennem den videnskabelige process har vi struktureret denne manual med overskrifter som er draget ud fra princippet science writing heuristic (SWH).

SWH er en velbeskrevet metode til at styre undersøgelsesbaserede oplevelser, og den er designet til at opfordre til konstruktion af konceptuel viden i faget. Metoden er også baseret på sammenhængen mellem spørgsmål, evidens og påstande. Den oprindelige udgave af science writing heuristic inkluderede følgende processer som du som elev skal igennem.

1. Første spørgsmål til undersøgelsen
2. Test
3. Observationer
4. Påstande
5. Evidens
6. Læsning
7. Refleksion

8. Skrive fase

Ovenstående otte kategorier er blevet tilpasset arbejdet med undersøgelser, således at de nu er følgende overskrifter. Under hver af overskrifterne finder du en kort instruks, som forholder sig til den undersøgelse som relaterer sig til overskrifter. Overskrifterne kobler også til de faglige mål i fysik faget.

A.1 Stil spørgsmål

Enhver videnskabelig undersøgelse begynder normalvis med en undren der kan formuleres som et spørgsmål. Dette spørgsmål skal så besvares gennem eksperimenter hvor man indsamler data. Fra tid til anden er dette spørgsmål givet på forhånd, mends det andre gange vil være dig der skal stille spørgsmålet sammen med din laboratorie gruppe.

A.2 Forberedelse af undersøgelse

Før du kan påbegynde dit praktiske arbejde, er det vigtigt at der er en klar plan for hvordan du vil indsamle dine data, som skal danne grundlaget for din evidens senere. Dette inkluderer også at indetificere hvilke data der skal indsamles og hvilke skridt der skal følges i laboratoriet. I nogle tilfælde vil, en fuldstændig eller delvis procedure være indkluderet i vejledningen til undersøgelsen. I de fleste tilfælde skal du dog udlede dele af eller hele proceduren sammen med din laboratoriegruppe. Uanset om proceduren er givet eller du skal lave den, skal du studere den nøje forud for det praktiske arbejde. Du er også nødt til at fremstille et system til at nedfælde observationer og målinger fra undersøgelsen - fx en tabel eller et skema enten på papir eller i excel.

A.3 Lav forudsigelser

I langt de fleste undersøgelser, bør du prøve at forudsige hvad du forventer der sker når du indsamler evidens. Disse forudsigelser skal være baseret på dine egne

erfaringer og vil på ingen måde blive vurderet for deres korrekthed, men du kan med fordel reflektere over dem efter at have gennemført det praktiske arbejde - passer din forståelse med det eksperimentet viser?

A.4 Indsamling af empiri

Hjørnestenen i enhver undersøgelse er indsamlingen af empiri som danner grundlaget for den evidens som senere skal underbygge dine påstande. Når du indsamler empiri skal du være opmærksom på at få alle tal noteret korrekt i det skema/den tabel du har lavet til formålet. Endvidere skal du sørge for at notere alt hvad du observerer. Dette kan indeholde retninger, skridt foretaget i undersøgelsen, eller en guide til indsamling af empiri og øvrige observationer.

A.5 Analyse af empiri

Den indsamlede empiri vil i de fleste tilfælde kræve at du foretager yderligere behandling af data før du kan svare på dit oprindelige spørgsmål fra afsnit [A.1 på forrige side](#). Inden du går i krig med din empiri bør du kigge på dine data og se om der er noget som springer i øjnene fx punkter som afviger klart fra de øvrige eller generelle tendenser som fremstår klart fra den indsamlede empiri. Herefter bør du foretage de nødvendige beregninger eller en grafisk analyse af den indsamlede empiri. Her vil det være fint at vise et regne eksempel med et eller to datapunkter. Resultatet af din analyse er den evidens som skal underbygge de påstande du har fremhævet baseret på den indsamlede empiri.

A.6 Fortolkning af evidens

Når du har analyseret din empiri, og nu har noget evidens, bør du altid spørge dig selv, "Hvad betyder denne evidens?" For at kunne besvare dette spørgsmål, er du nødt til at foreslå forklaringer/påstande på de videnskabelige fænomener. Spørgsmål i dette afsnit er designet for at hjælpe dig med at tænke over de konsekvenser

som evidensen medfører og at rette eller korrigere denne til et meningsfuldt formål med undersøgelsen.

A.7 Fremstilling af påstande

Når du er i mål med en analyse og en fortolkning af din empiri, og du har fremsat et svar på dit indledende spørgsmål. Bør du omformulere dette til en videnskabelig påstand. En sådan påstand skal altid kunne underbygges med evidensen fra undersøgelsen. Når du har fremstillet påstande bør du kigge i litteraturen for at underbygge dem med andres viden.

A.8 Refleksion over undersøgelsen

Den afsluttende opgave i de fleste undersøgelser er at reflektere over hvad der blev gjort, overvej hvordan din forståelse har udviklet sig, og anvend din nye viden på andre lignende situationer.

A.9 Noter

Det er mit håb at denne manual vil kunne hjælpe dig i forarbejdet til dit skriftlige arbejde med undersøgelser, og at den ligeledes vil hjælpe dig til at blive en bedre videnskabsmand. Denne instruktion er sammensat af viden fra ([Greenbowe & Hand, 2005](#); [Hand et al., 2004](#); [Krogh & Andersen, 2016](#))

Nyttevirkning af elkedel og kaffemaskine

B.1 Formål

Formålet med øvelsen er at bestemme den nyttevirkning, hvormed nogle almindelige elektriske apparater omsætter elektrisk energi. I dette tilfælde undersøges en elkedel og en kaffemaskine.

B.2 Teori

Når man benytter et elektrisk apparat, vil en del af den elektriske energi, der omsættes, gå til spilde. Opvarmer man f.eks. vand i en kedel, bruges en del af den tilførte elektriske energi til opvarmning af kedlen og omgivelserne. Ved nyttevirkningen eller effektiviteten (betegnes med det græske bogstav η (eta)) af et apparat forstår man forholdet mellem den udnyttede energi og den tilførte energi angivet i procent:

$$\eta = \frac{\Delta E_{\text{nyt}}}{\Delta E_{\text{til}}} \cdot 100\%$$

ΔE_{til} er i denne øvelse den elektriske energi, som et apparat omsætter. Derfor udregner man ΔE_{til} ved hjælp af formlen:

$$\Delta E_{\text{til}} = P \cdot \Delta t$$

hvor P er apparatets effektforbrug og Δt er den tid, hvor apparatet er tændt. ΔE_{nyt} er den energi, som udnyttes til opvarmning af vandet. Når vi har en mængde vand med massen m , kan denne energi beregnes ved hjælp af formlen:

$$\Delta E_{\text{nyt}} = m \cdot c \cdot \Delta T = m \cdot c \cdot (T_2 - T_1)$$

hvor c er den specifikke varmekapacitet (varmefylde) for vand. c har værdien $4180 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$. T_1 og T_2 er vandets begyndelses- og sluttemperatur.

Bemærk, at vi i denne øvelse bruger symbolet t for tid og T for temperatur.

B.3 Apparatur

Elkedel, kaffemaskine, stopur, måleglas, termometer, effektmåler, vægt.

B.4 Opstilling

Tegn selv opstillingen eller tag et billede af den.

B.5 Udførelse

- 1) **Elkedlen:** Der afmåles ca. 1,0 kg vand i elkedlen. Effektmåleren sættes i stikkontakten, og elkedlen kobles til effektmåleren. Vandets begyndelsestemperatur T_1 aflæses. Elkedlen og stopuret tændes samtidig. På effektmåleren aflæses den effekt, hvormed der omsættes elektrisk energi. Når vandet koger, antager i at sluttemperaturen T_2 er 100°C , hvilket i noterer i jeres skema. Den forløbne tid Δt noteres.
- 2) **Kaffemaskinen:** Målingerne forløber som ved elkedlen. Vandets sluttemperatur er temperaturen af det vand, der er løbet ned i kaffemaskinen. Tidtagningen slutter, når alt vandet er løbet igennem og i aflæser sluttemperaturen T_2 . På effektmåleren aflæses den effekt, hvormed der omsættes elektrisk energi.

Tabel B.1: pris/kWh =

 $c =$

	Elkedel	Kaffemaskine
$m(\text{kg})$		
$T_1(^{\circ}\text{C})$		
$T_2(^{\circ}\text{C})$		
$\Delta T(^{\circ}\text{C})$		
$\Delta E_{\text{nyt}}(\text{J})$		
$P(\text{W})$		
$\Delta t(\text{s})$		
$\Delta E_{\text{til}}(\text{J})$		
$\eta(\%)$		
$\Delta E_{\text{til}}(\text{kWh})$		
Pris (kroner)		

B.6 Måleresultater

B.7 Databehandling

1. De tomme rubrikker i skemaet udfyldes og medtages i rapporten. Og der vises eksempler på udregninger for elkedlen i de efterfølgende spørgsmål.
2. Udregning af temperaturtilvæksten ΔT .
3. Udregning af den udnyttede energi ΔE_{nyt}
4. Udregning af den tilførte energi ΔE_{til}
5. Udregning af nyttevirkningen η
6. Udregning af den tilførte energi ΔE_{til} i kWh
7. Udregning af prisen for at opvarme vandet.

Du må naturligvis gerne bruge kaffemaskinen i stedet for elkedlen til at vise eks. på udregninger. Du skal så blot angive det.

B.8 Diskussion

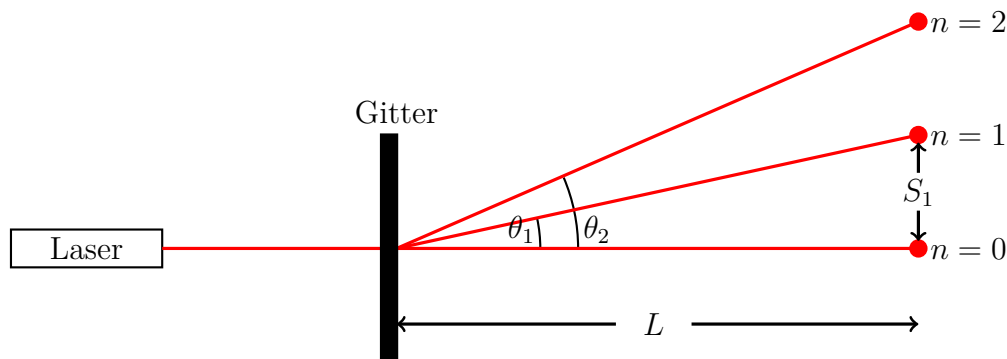
Diskuter resultaterne. Man kan f.eks. komme ind på følgende spørgsmål:

- Hvilket af de to apparater udnytter den elektriske energi bedst?
- Hvilke fordele og ulemper kan man nævne ved hvert af de to apparater, når de bruges til at lave én liter kaffe?
- Hvad er prisen for den elektriske energi, der omsættes, når man laver én liter kaffe henholdsvis på kaffemaskinen og ved hjælp af elkedlen?

B.9 konklusion

Undersøgelse af diffraktion

Hvis man betragter den problemstilling som eleverne i gruppen med elev 4 havde under forsøget med fænomenet diffraktion af laserlys. Så kan det diskuteres om eleverne har de fornødne færdigheder til at kunne foretage en fyldestgørende analyse af problemet i forhold til at frembringe evidens og rygdækning for en påstand. Udgangspunktet er følgende eksperimentelle opstilling se figur C.1



Figur C.1: Forsøgsopstillingen til eksperimenterne som eleverne har udført dem.

Her får eleverne brug for at anvende en tangensrelation til at bestemme afbøjningsvinklen θ_n til den n 'te orden.

$$\theta_n = \tan^{-1} \left(\frac{S_n}{L} \right) \quad (\text{C.1})$$

her er S_n afstanden mellem 0'te og n 'te orden i interferensmønstret mens L er afstanden mellem gitteret og målepunktet som vist på figur C.1. Denne værdi for

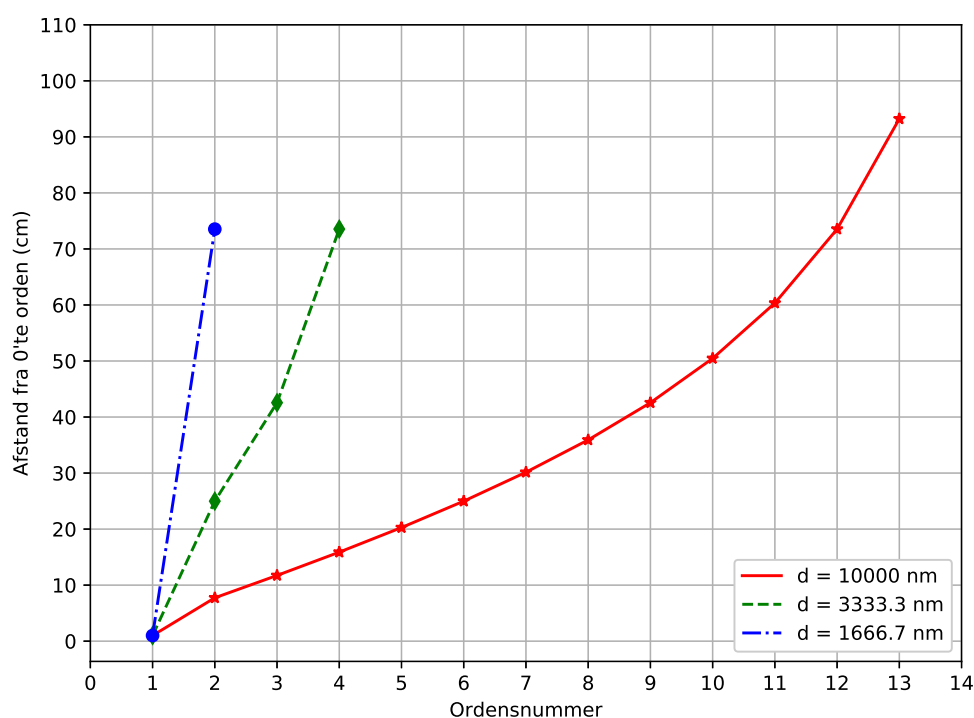
vinklen indsættes på vinklens plads i gitterligningen.

$$d \cdot \sin \theta_n = n \cdot \lambda \quad (\text{C.2})$$

hvor d er gitterkonstanten, n er ordensnummeret dvs et positivt heltal og λ er laserens bølgelængde. Nu indsættes udtrykket for afbøjningsvinklen θ_n i ligningen herover og der isoleres for afstanden mellem ordenerne herved finder man følgende udtryk:

$$S_n = \tan \left(\sin^{-1} \left(\frac{n \cdot \lambda}{d} \right) \right) \cdot L \quad (\text{C.3})$$

Modelleres dette udtryk i et matematik program med passende valg af n , d , λ og L kan man få figur C.2.



Figur C.2: Her ses en teoretisk modelleret udgave af figur 4.4 på side 36 som gruppen med elev 4 frembragte eksperimentelt på baggrund af de data de havde til rådighed. På figuren er gitteret med 600 linjer/mm plottet med en blå (dot-dash) line, gitteret med 300 linjer/mm er plottet med en grøn stiplet linje og gitteret med 100 linjer/mm er plottet med en fuldtotrukken rød linje.

Her illustrerer den blå linje et gitter med 600 linjer pr mm, den grønne et gitter med 300 linjer pr mm mens den røde viser et gitter med 100 linjer pr mm. Heraf ses det at gruppen med elev 4 faktisk har ramt den overordnede trend ret godt, omend deres afstande er temmelig meget for små, i forhold til den teoretiske model som er vist her.