

UNDERSØGELSESBASERET
NATURFAGSUNDERVISNING
&
SCIENCE WRITING
HEURISTIC

OM FYSIKFAGLIG SKRIFTLIGHED OG MOTIVATION I
DET ALMENE GYMNASIUM



MASTER PROJEKT I SCIENCE UNDERVISNING
THOMAS MELLERGAARD AMBY — 20051837

VEJLEDER: JESPER BRUUN

6. MAJ 2019

INSTITUT FOR NATURFAGENES DIDAKTIK
KØBENHAVNS UNIVERSITET & AARHUS UNIVERSITET

Abstract

This the English abstract...

Indhold

Indhold	ii
1 Introduktion	1
1.1 Motivation	1
1.2 Problemformulering	2
2 Teori	3
2.1 Læringsteoretisk ståsted	3
2.2 Litteratursøgning	5
2.3 Temaer i Litteraturen	6
2.4 Litteraturreview	7
3 Empiri	11
3.1 Empiriske muligheder	12
3.2 Empirisk forskningsdesign	12
3.3 Indsamling af empiriske data	12
3.4 Empiriske begrænsninger	12
3.5 Empiri grundlag	12
3.6 Indsamling af empiri	12
3.7 Liste over empiriske muligheder	13
4 Analyse, Fortolkning og resultater	11

4.1 Afsnit 1	12
5 Diskussion og Opsummering	15
5.1 Afsnit 1	16
6 Konklusion	19
6.1 Afsnit 1	20
7 Perspektivering	23
7.1 Afsnit 1	24
Litteratur	27
Bilag A SWH for elever	29

Introduktion

Jeg ønsker med denne opgave at arbejde med skriftligheden i fysik faget. Den praktiske dimension af de naturvidenskabelige fag har tidligere været et adelsmærke for hvordan vi tænker faget motiverende for eleverne. Nogle studier peger på at det ikke nødvendigvis forholder sig sådan længere. Det er interessant at undersøge om man gennem en indsats i forhold til det praktiske arbejde og det skriftlige arbejde kan øge elevernes faglige motivation i forhold til faget fysik.

1.1 Motivation

Gennem de seneste syv år har jeg arbejdet med undervisning i fysik i det almene gymnasium, herefter STX, gennem de syv år er det blevet klart for mig at det vi som undervisere tænker er sjovt og motiverende for vores elever ikke nødvendigvis er det. Dette underbygges bl.a. af ([Hodson, 2008](#)) hvor i det beskrives hvorledes eleverne faktisk udelukkende finder eksperimenterne 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. Så hvad kan vi gøre for at øge elevernes motivation for naturfagene og i særdeleshed for fysik? Her peger flere undersøgelser på at Undersøgelsesbaseret naturfags undervisning (UBNU) kan være en vej til øget motivation ([Dolin, Nielsen, Jacobsen, & Bruun, 2014](#); [Krogh & Andersen, 2016](#)) for eleverne.

TO DO: Færdiggøre argumentationen omhandlende motivation - herunder bør det udpeges at en lignende undersøgelse ikke er foretaget i Danmark - med forfatterens vidende.

1.2 Problemformulering

Jeg har valgt at fokusere på elevernes faglige motivation i forbindelse med *inquiry based science education* arbejdet endvidere har jeg valgt at understøtte IBSE tanken ved brugen af *science writing heuristic* i det skriftlige arbejde. Min problemformulering lyder derfor som følger.

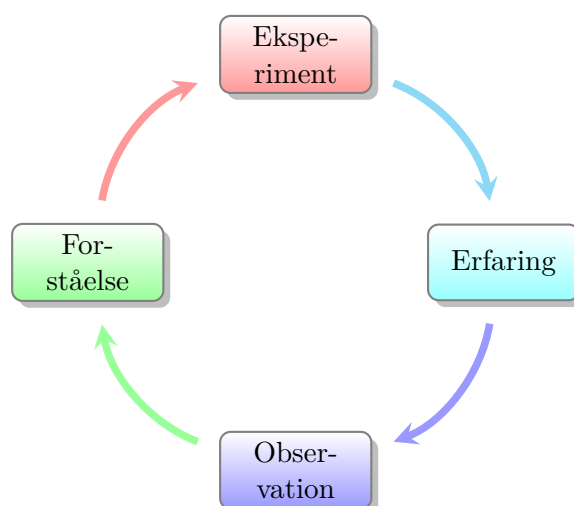
Hvordan påvirkes 1.g elever af IBSE og SWH med særligt fokus på deres faglige motivation samt deres skriftlige kompetence?

Teori

I dette kapitel ser vi på den bagvedliggende teori på området og hvorfor det er interessant at se på dels hvilke studier der er foretaget på området, men i ligeså høj grad hvilke studier der mangler inden for fx det danske skole system. Kapitlet er opbygget således at der først er en indføring i den litteratursøgning der er gennemført i forbindelse med dette speciale, samt en beskrivelse af afgrænsningen for litteratur udvælgelsen. Dette findes i afsnit 2.2 på side 5 og efterfølges af en syntese hvor der uddrages temaer fra de artikler der er fundet gennem litteratur søgningen, afsnit 2.3 på side 6.

2.1 Læringsteoretisk ståsted

Dette speciale har sit læringsteoretiske står sted funderet inden for konstruktivismen. Siden specialet undersøger effekten af at lade eleverne konstruerer deres egen viden, for at se på deres faglige udbytte som følge heraf. Derfor er det særligt den del af konstruktivismens som kaldes den erfaringsbaseret læring og som blev introduceret af Kolb (1984), hvor udgangspunktet er at den lærende er nødt til kritisk at reflekterer over egne observationer for at kunne danne viden. I Kolbs model beskrives det at man aktivt skal eksperimentere, for gennem eksperimenterne gør man sig en række erfaringer som den lærende efterfølgende skal reflektere over. Disse refleksioner danner herefter grundlaget for en abstrakt konceptualisering som danner grundlaget for den nye forståelse og som dermed vil danne grundlaget for at tage en



Figur 2.1: Erfaringsbaseret læringsmodel som præsenteret af (Kolb, 1984).

efterfølgende runde i den samme læringsteoretiske model se figur 2.1. 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 cirkulær 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. 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 individet, herefter kommer fang fasen hos Dolin et al. som delvist er dækket af elementet 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 samt den konkrete erfaring hos Kolb. Kolbs tredje element den reflekterende observation modsvarer Forklar fasen hos Dolin et al. Sluttelig skal den lærende hos Dolin et al. forlænge sin erfaring, hvilket forudsætter at man kan bringe den konkrete viden i spil hvilket modsvarer Kolbs abstrakte konceptualisering. I begge modeller danner den ny erhvervede viden grundlaget for endnu en tur rundt i modellen. Den store forskel på de to modeller og der hvor Dolin et al. (2014) adskiller sig væsentligt fra Kolb (1984) er i forbindelse med begrebet Feedback som hos Dolin ligger som

et element i alle dele af modellen. Kolbs model har ikke samme fokus på feedback- en væsentlige og nødvendige forudsætning for den lærendes udvikling, hvilket blev påvist af et metastudie udført af (Hattie & Timperley, 2015).

2.2 Litteratursøgning

Processen med at udvælge primær litteratur til dette speciale er forløbet i henhold til følgende principper, som ligeledes er illustreret på figur 2.2. 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.

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 praktiskarbejde blev 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 skelet til hvilken skoleform der var tale om. Er det gymnasialt niveau eller er der tale om undervisning på universitets niveau.



Figur 2.2: Litteratursøgnings processen

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 2.3 ser vi på hvilke temaer der kan uddrages af artiklerne, forud for det egentlige review af artiklerne i afsnit 2.4 på næste side.

2.3 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 for at man ikke bør sætte eleverne til at skrive rapport i en mere klassisk forstand da dette på ingen måde fremme elevernes læring. (Akkus, Gunel, & Hand, 2007; Atasoy, 2013; Burke, Hand, Poock, & Greenbowe, 2005; Keys, Hand, Prain, & Collins, 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 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 ovenpå SWH som udarbejdet af (Keys et al., 1999), og forskellen mellem de

Tabel 2.1: 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. \(1999\)](#).

Klassisk rapport skabelon	Undersøgelsesbaseret rapport skabelon
Titel	Titel
Introduktion	Undersøgelsesspørgsmål
Formål	Tests/Eksperimenter
Fremgangsmåde	Observationer
Data & Observationer	Påstande baseret på data
Databehandling	Evidens for påstande
Diskussion	Refleksioner
Konklusion	Refleksion over egen læring

to tilgange er givet i tabel [2.1 på side 7](#).

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.

2.4 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 *kogebogsvejledninger*. Med kogebogsvejledninger menes øvelsesvejledninger hvor alle dele af det praktiske arbejde er udførligt beskrevet for eleven i stil med opskrifterne i en kogebog, 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. 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 2.1 på side 7 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 omgang 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.

Empiri

Gennem dette kapitel belyses opgavens empiriske design, herunder de valg der er truffet vedrørende den empiri som danner grundlaget for undersøgelsen i specialet. Ligeledes vil kapitlet reflekterer over nogle af de udfordringer som kunne påpeges ved det valgte empiriske design. Kapitlet er struktureret således at afsnit 3.1 på side 12 beskriver de forskellige muligheder for indsamling af empiri til specialet, afsnit 3.2 på side 12 beskriver det valgte empiriske forskningsdesign med de fordele det afstedkommer. Afsnit 3.3 på den følgende side beskriver fasen med indsamling af det empiriske grundlag, og sluttelig forholder afsnit 3.4 på næste side sig til de begrænsninger der kan være forbundet med det empiriske forskningsdesign.

3.1 Empiriske muligheder

Fundamentalt set er det muligt at forestille sig to typer af empiri som grundlag for denne opgave. Den ene udelukker ikke nødvendigvis den anden. Først og fremmest kunne man forestille sig at man interviewede en række interessenter inden for feltet, både elever og lærere med fokus på motivation for faget fysik og betydningen for den oplevede faglige udvikling af de skriftlige kompetencer i faget. På baggrund af disse interview kunne man undersøge og den oplevede motivation ved praktisk arbejde faktisk går hånd i hånd med de skriftlige kompetencer. Dette kunne eventuelt kobles med en række observationer af undervisning. Dette vil give opgaven et kvalitativt fundament med nogle elev og nogle lærere udsagn til at belyse problemstillingen.

3.2 Empirisk forskningsdesign

3.3 Indsamling af empiriske data

3.4 Empiriske begrænsninger

3.5 Empiri grundlag

I forbindelse med denne opgave er der indsamlet empiri i en STX klasse på Viborg Katedralskole. Klassen som undersøges i dette projekt er en stærkt naturvidenskabelig klasse med Fysik på A-niveau. Forud for det forløb som empirien er indsamlet i er eleverne blevet adspurgt om deres faglige motivation. Med udgangspunkt i følgende tre selvevaluerings spørgsmål:

1. Hvad er mit forhold til de naturvidenskabelige fag?
2. Hvad er min personlige motivation for de naturvidenskabelige fag?
3. Hvordan motiveres jeg til at yde den optimale indsats i timerne?

Af de tre spørgsmål er det spørgsmål to som er det særligt interessante, hvor eleverne skriftligt har skullet uddybe deres holdninger. Til besvarelsen har vi anvendt Lectios Elev feedback som giver et fortroligt rum hvor kun læren og den enkelte elev kan se hvad der skrives.

3.6 Indsamling af empiri

I forbindelse med arbejdet med at indsamle empiri falder det i to dele. Den ene del vil være i form af undersøgelse af tegn på forbedring af den skriftlige kompetence for eleverne i klassen. Dette gøres simpelthen ved at se på elevernes skriftlige produkter, og følge deres udvikling over tid. Dette sammen holdes eventuelt med lignende skriftlige produkter fra elever som ikke har været undervist efter IBSE tanken og med fokus på brugen af SWH som styring af det skriftlige arbejde.

Den anden del består i at undersøge eleverne motivation for det praktiske arbejde i faget fysik. Her beder vi eleverne om at udfylde et simpelt spørgeskema hver gang de har været i laboratoriet, for at få en ide om hvorvidt elevernes motivation øges ved praktisk arbejde i faget eller eleverne finder arbejdet med IBSE så svært at de opnår den modsatte effekt.

3.6.1 Spørgeskema om motivation

I forbindelse med elevernes selvevaluering af deres motivations niveau, er jeg kommet frem til at eleverne skal vurdere følgende fem udsagn på følgende skala: Meget, lidt, hverken eller, mindre eller slet ikke. De fem udsagn er følgende:

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

På baggrund af elevernes svar i spørgeskemaet kan der blive tale om at udtage enkelte elever til et interview for at få uddybende svar vedrørende deres tanker om motivation for faget og deres egen udvikling af skriftlig kompetence i fysik faget i særdeleshed og naturfag som helhed.

3.7 Liste over empiriske muligheder

Der er mange muligheder når vi skal se på udviklingen af elevernes faglige motivation samt udviklingen af elevernes skriftlige kompetence. Herunder følger en liste som den ser ud pr. d.d. og denne er krydret med indspark fra [Brinkmann et al. \(2015\)](#).

1. **Test** - jeg har tænkt på at man kunne gennemfører nogle tests som tester elevernes viden om faglige problemstillinger før under og efter et forløb med fokus på skriftlighed og UBNU. En af udfordringerne her er at kunne sammenligne for at se på om de forbedre sig mere end andre, og hvordan måler vi egentlig skriftlig kompetence og motivation for faget?
2. **Aflevering** - Jeg har tænkt på om man kunne se på elevernes afleveringer sammenlignet med lignende klasser som ikke har et særligt fokus på at kører deres forløb gennem UBNU og med særligt fokus på skriftlighed og formativ feedback. Igen så er her nogle faldgrupper i form af at vi kan komme til at sammenligne æbler og pærer og ikke nødvendigvis være istand til at påvise det vi tror vi ser.
3. **Spørgeskema** - En tredje model er at bede eleverne udfylde et super kort spørgeskema fra tid til anden gennem forløbene for at se på hvordan elevernes faglige motivation er koblet til det at lave praktisk arbejde i faget. Her vil der i mindre grad være behov for at sammenligne på tværs af klasser selvom det vil give en bedre baseline. Men der er igen mange faktorer som kan spille ind på elevernes oplevede motivation for et fag. Herunder både ydre og indre motivation, jf [Buhl \(2010\)](#). Fordelen ved at have et spørgeskema er at man får samlet et statistisk materiale som er forholdsvist til at have med at gøre.
4. **Interview** - En anden mulighed kunne være at interviewe nogle elever om deres motivation for faget fysik og så efterfølgende se på hvordan disse elevers oplevede motivation stemmer overens med lærernes oplevelse af elevernes motivation i forhold til faget og se på om motivation, praktisk arbejde og skriftlighed faktisk går hånd-i-hånd.
5. **Selvevaluering** - En alternativ metode vi har snakket om var at lade eleverne selv evaluere deres motivation for at gennemfører det konkrete skriftlige produkt således at man i højere grad fik eleverne egne holdninger til den måde at arbejde på i spil. Dette kunne også gøre på tværs af hold på en

årgang og så på baggrund af elevernes svar udtage personer til et uddybende interview.

6. **Observationer** - Der tænkes at skulle foretages observationer i de klasser hvor jeg kommer til at hente forsøgspersoner til projektet således at jeg kan se hvordan de bliver undervist i forhold til deres praktiske arbejde - altså om de gennemfører øvelser efter UBNU tanken mv.

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%2Fs40299-013-0062-4> doi: 10.1007/s40299-013-0062-4
- Brinkmann, S., Tanggaard, L., Hastrup, K., Szulevicz, T., Raudaskoski, P., Nielsen, B. S., ... Denzin, N. K. (2015). *Kvalitative metoder - en grundbog* (2nd ed., Vol. 3; S. Brinkmann & L. Tanggaard, Eds.). København: Hans Reitzels Forlag.
- 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
- Celik, P., Onder, F., & Silay, I. (2011, December). The effects of problem-based learning on the students' success in physics course. *Procedia* -

- Social and Behavioral Sciences*, 28, 656-660. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042811025638> doi: 10.1016/j.sbspro.2011.11.124
- Crippen, K. J., Archambault, L. M., & Kern, C. L. (2012, June). The nature of laboratory learning experiences in secondary science online. *Research in Science Education*, 43(3), 1029-1050. Retrieved from <https://asu.pure.elsevier.com/en/publications/the-nature-of-laboratory-learning-experiences-in-secondary-scienc> doi: 10.1007/s11165-012-9301-6
- 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.
- 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
- Hattie, J., & Timperley, H. (2015). Feedback og Vurdering for læring. In M. J. Elbeek (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.
- Huang, X., & Kalman, C. S. (2012, October). A case study on reflective writing. *Journal of College Science Teaching*, 42(1), 92-99. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/43748411>
- 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. (2012, 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 source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Krogh, L. B., & Andersen, H. M. (2016). *Fagdidaktik i naturfag* (F. Olsen, Ed.). Frydenlund.
- Kruse, S. (2013, June). Hvor effektive er undersøgelsesbaserede strategier i naturfagsundervisningen? *MONA - Matematik og Naturfagsdidaktik*, 2, 24 - 48.
- 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