

2020

Professionsbachelor

Designprocesser og teknologiforståelse, en
ny måde at undervise i fysik/kemi

Johann Høj Radmer

Anslag: 64895 (Modeller udgør cirka 4800)

Vejledere: Charlotte Ormstrup og Chung Kim

02-06-2020

Indholdsfortegnelse

1. Indledning	1
1.1. Problemformulering	2
2. Metode afsnit.....	2
3. Begrebsafklaring/teori.....	3
3.1. Teknologiforståelse	4
3.2. Designcirklen	5
3.2.1. Processens faser	6
3.3. Engineering	6
3.3.1. Delprocesserne	7
3.4. IBSE.....	7
3.4.1. Processens elementer	8
3.5. Lærerroller i designprocesser.....	8
4. Empiri.....	10
4.1. Kontekst	10
4.2. Mine observationer	11
4.2.1. 8.C uge 4 – Planlægning	11
4.2.2. 8.B uge 4 – Planlægning	12
4.2.3. 8.C uge 5 – Konstruktion	13
4.2.4. 8.B uge 5 – Konstruktion	14
4.2.5. 8.C uge 6 – Afprøvning og afrunding	15
5. Analyse.....	16
5.1. Designprocesser, en naturfagsdidaktik	16
5.2. Lærerrollernes betydning for designforløb	19
5.3. Digitale fabrikationsmuligheder og teknologiforståelse i fysik/kemi.....	21
6. Udviklings og handlingsforslag	22
7. Konklusion.....	25
8. Perspektivering.....	26
9. Litteratur.....	27
10. Bilag.....	29
10.1. Bilag 1	29
Undervisningsplanen for de ustrukturerede observationer	29
10.2. Bilag 2 – Elevprodukter	32
10.3. Bilag 3 – EMUs didaktiske prototype.....	33

1. Indledning

Børn i skolen i dag har ikke kendt en anden virkelighed end den digitale. Det er ikke sket pludseligt, men det er en udvikling der de sidste 10 år har taget fart. Skolen skal kunne oplyse om og indføre elever i det digitale samfund, så de bliver ansvarlige, kritiske og nysgerrige mennesker der evner at forstå og handle i den digitale verden såvel som den fysiske.

Tilbage i 1981 formulerede Knud Erik Løgstrup skolens formål som værende tilværelsesoplysning (Løgstrup, Lauridsen, & Varming, 1985), det er et tidløst begreb der forholder sig til tilværelsen som den ser ud lige nu, for vores vedkommende er det en digital og teknologisk præget tilværelse. Merete Riisager udtalte da hun som uddannelsesminister startede forsøgsfaget teknologiforståelse tilbage i 2018: *”Vi skal ikke blot være brugere af teknologi. Vi skal også være dem, der former den. Det kræver, at vi gør mere ud af at ruste den enkelte elev til et stadigt mere teknologisk samfund”* (Undervisningsministeriet & Riisager, 2018). Ordlyden er forskellig hos de to, men budskabet er det samme, det er skolens opgave at forberede eleverne på tilværelsen i samfundet.

På forsøgsbasis har undervisningsministeriet startet teknologiforståelse op, som en integreret del af de allerede etablerede fag, på 23 danske skoler i perioden 2019 til 2021. Fysik/kemi er blandt andet et af de fag som er med i forsøget. Men hvordan kan man arbejde med fysik/kemi faglighed og udviklingen af naturfaglige og teknologiforståelses kompetencer samtidigt? I fagformålene for teknologiforståelsesfaget stk. 2 og fysik/kemi stk. 2 er der en mulighed for at forene de to:

Teknologiforståelse

”Elevernes mestring af faget fordrer en beherskelse af digitale designprocesser og af digitale teknologiers sprog og principper med henblik på iterativt og i samarbejde at kunne analysere, designe, konstruere, modificere og evaluere digitale artefakter til erkendelse og løsning af komplekse problemer.” (UVM U. M., 2019)

Fysik/kemi

” Elevernes læring skal baseres på varierede arbejdsformer, som i vidt omfang bygger på deres egne iagttagelser og undersøgelser, blandt andet ved laboratorie- og feltarbejde.” (UVM U. , Fælles Mål - Fysik/Kemi, 2019)

Her kan man se at arbejdet med og beherskelsen af iterative designprocesser er en fordring for at kunne mestre teknologiforståelsesfaget. Samtidigt er der en åbning ind i fysik/kemi, da læringen skal baseres på varierede arbejdsformer som bygger på iagttagelser og undersøgelser. Designprocesser kan være en didaktisk vinkel til at overlappende undervisningen i de to fag.

1.1. Problemformulering

Digitale designprocesser og digitale teknologiers sprog og principper er på vej ind i folkeskolen, og man er allerede i gang med de første forsøg med en teknologiforståelsesdimension. Naturfagene har allerede elementer der bygger på en undersøgende tilgang, så derfor vil jeg gerne undersøge hvordan teknologiforståelse og designprocesser kan integreres i en naturfaglig sammenhæng og hvordan dette kan medvirke til udviklingen af elevernes naturfaglige kompetencer i fysik/kemi?

2. Metode afsnit

I dette afsnit vil jeg redegøre for mine valg vedrørende metode til indsamling af empiri samt udvalgt forskning.

Jeg har i forbindelse med et vikariat stået for fysik/kemi undervisningen af tre 8. klasser og én 7. klasse i 5 måneder. Dette gav mig mulighed for at køre et undervisningsforløb (Bilag 1) om magnetisme og elektromagnetisme som vi afsluttede med en designopgave. Jeg vil bruge mine egne ustrukturerede deltagerobservationer fra dette forløb som udgangspunkt for at undersøge et didaktisk nærbillede af undervisningen. Jeg vil identificere gennemgribende succeser og fejl i måden jeg tilgik designprocessen i fysik/kemi undervisningen. Jeg vil i min analyse belyse disse succeser og fejl gennem udvalgte teorier om designprocesser, naturfagsdidaktik og lærerroller.

Til at supplere mine observationer vil jeg trække på forskning fra Fablab@School.dk projektet der undersøgte brugen af digitale fabrikations teknologier og designopgaver med elever i alderen 11-15 i de danske skoler (Hjorth, Christensen, Iversen, & Smith, 2017). Jeg vil bruge denne forskning til at belyse min empiri, med henblik på at argumentere for designkompetencens relevans i fysik/kemi undervisningen, samt integrationen af de øvrige teknologiforståelseskompetencer i fysik/kemi.

Jeg vil med min undersøgelse ikke forsøge at komme med en konkret og generaliserende sandhed for hvad fysik/kemi praksis bør være, det mener jeg ikke min kvalitative empiri kan understøtte, men jeg vil komme med et eksempel på hvordan en ny og anderledes praksis kan se ud. Med baggrund i analysen og mine udvalgte teorier og forskning, vil jeg komme med forslag til at vise hvordan jeg kan forbedre egen praksis, såvel som at give et kvalificeret bud på en proces-model for hvordan man kan arbejde med designprocesser på en måde der tilgodeser udviklingen af de naturfaglige kompetencer i kombination med kompetencerne fra teknologiforståelsen.

3. Begrebsafklaring/teori

I de følgende afsnit vil jeg redegøre for og definere de bærende begreber i min problemstilling, teknologiforståelse og designprocesser. Derudover vil jeg redegøre for den naturfags didaktiske tilgang IBSE og de roller som læreren har i designprocesser, som senere vil blive brugt i analysen til.

Mit fokus i dette projekt vil fra et didaktisksynspunkt være på de iterative designprocesser, dels som en undersøgende og eksperimenterende tilgang til fysik/kemi, men også som de relaterer sig til indholdet i teknologiforståelsen. Jeg vil kigge på to forskellige designproces tilgange og én naturvidenskabelig. Baggrunden for at kigge på disse er at kunne anskue hvordan designprocesser kan styrke udviklingen af de naturfaglige kompetencer i fysik/kemi, inddragelsen af en naturfaglig didaktik er for at kunne inddrage elementer af den i min analyse og senere i min egen designproces model.

Den ene designproces er designcirklen, udviklet på Århus universitet, den blev brugt under Fablab@School projektet. Det er en model der har været meget brugt i forbindelse med fabrikationsteknologierne og de dertilhørende digitale design værktøjer, den er her valgt som et værktøj, der kan knytte teknologiforståelse til fysik/kemi faget.

Den anden designproces er Engineering tilgangen, udviklet med naturfag i fokus (Auener, Daugbjerg, Nielsen, & Sillasen, 2018). Det er en model og en proces der er udviklet med henblik på at blive brugt i naturfagene og STEM (Sceince, Teknologi og Matematik). Det er bl.a. derfor den er relevant at tage med i betragtning i forhold til at arbejde med designprocesser i fysik/kemi.

Til sidst har jeg valgt at inddrage Inquiry Based Science Education tilgangen, som er en naturfaglig didaktik (Harlen, Guldager, & Auning, 2013). IBSE er udviklet som en arbejdsform og undersøgende tilgang til naturfag. Den arbejder direkte med de kompetencer der er målet for naturfagene og jeg har taget den med i dette projekt for at vise hvordan de naturvidenskabelige processer som den bygger på, ligner de designprocesser man kan arbejde med i teknologiforståelsen, og hvordan tilgangene kan byde ind med forskellige didaktiske elementer, der ikke nødvendigvis er gensidigt udelukkende.

I de følgende redegørelser har jeg markeret kernebegreber, med kursiv og fed, for at synliggøre dem.

Som fremsat i min problemstilling arbejder jeg mig hen imod at kunne vise hvordan de forskellige begreber kan bruges i forhold til kompetencemålene fremsat af undervisningsministeriet, under

fælles mål for fysik/kemi. Det er de fire kompetenceområder undersøgelse, modellering, perspektivering og kommunikation:

”Undersøgelse: Eleven kan **designe, gennemføre og evaluere** undersøgelser i fysik/kemi.”

”Modellering: Eleven kan **anvende og vurdere** modeller i fysik/kemi.”

”Perspektivering: Eleven kan **perspektivere** fysik/kemi til omverdenen og **relatere** indholdet i faget til udvikling af naturvidenskabelig erkendelse.”

”Kommunikation: Eleven kan **kommunikere om naturfaglige forhold** med fysik/kemi.”
(UVM U. , Fælles Mål - Fysik/Kemi, 2019)

3.1. Teknologiforståelse

Jeg tager udgangspunkt i det begreb som Ole Sejer Iversen, Christian Dindler og Rachel Charlotte Smith har udviklet og præciseret (2019). De deler begrebet op i to dele og definerer dem begge, ’Teknologi’ og ’Forståelse’. ’Teknologi’ er afgrænset til:

” [...] de digitale artefakter og materialer, som rummer et interaktivt element, der helt eller delvist, er skabt gennem algoritmer.” (2019 s. 9)

’Forståelse’ er afgrænset til:

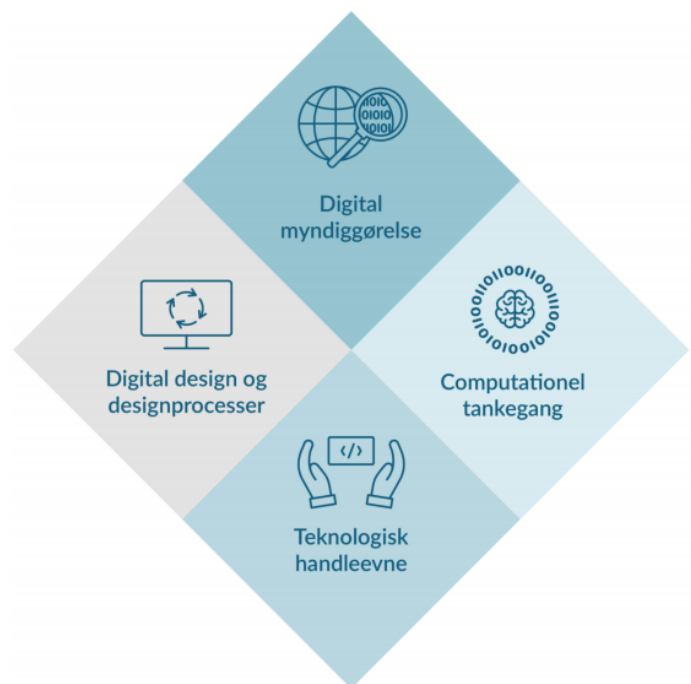
” [...] en evne til kritisk og nysgerrigt at forstå digitale artefakter, deres opbygning, konstruktionsprocesser og brug for derigennem at kunne foretage en konsekvensvurdering.” (2019 s. 9)

Derudfra kommer de fire kompetenceområder.

Digital myndiggørelse,

Digital design og designprocesser, computationel tankegang og teknologisk

handleevne.



Figur 1: De fire kompetenceområder

Digital myndiggørelse er evnen til at kunne analysere og reflektere over digitale artefakter, for at forstå deres betydning i hverdagen. At kunne gennemskue formål og intention i et artefakt og at kunne

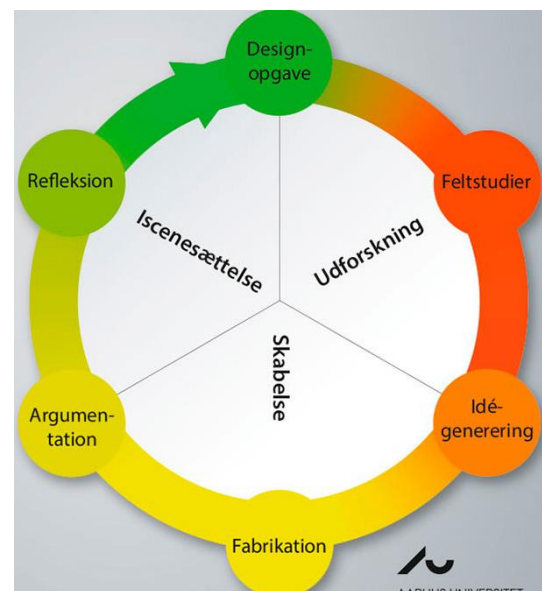
vurdere det i forhold til individ, samfund og fællesskab. At stille eleven i en position hvor de kan tage stilling til og om end nødvendigt, lave om på digitale artefakter.

Til dette skal eleven besidde en evne og en metode til at kunne redesigne digitale artefakter, det er **designproceskompetencen**. Det er evnen til at kunne arbejde med komplekse problemstillinger gennem en iterativ designproces, at kunne *idegenerere* og *konstruere* interaktive prototyper mens man *refleksivt overvejer produktets konsekvenser* for mennesker, brugere og andre teknologier. Designprocesser set i et digitalt og teknologisk perspektiv kræver en **computational tankegang**. Evnen til at omsætte informationer, fænomener og relationer i verden, til noget som en computer kan bearbejde. At kunne *analysere og modellere* verden gennem strukturering af data og dataprocesser. Ligeså vel som *at kunne forholde sig til andres computerbaserede modeller*, på en kritisk og refleksiv måde.

Til sidst har vi **teknologisk handleevne**, det er elevens evner til at forstå og bruge digital teknologi til at udvikle digitale artefakter. At kunne betjene digitale værktøjer på en hensigtsmæssig måde, det vil sige i et funktionelt konstruktionsperspektiv men også i forhold til samfundet. Det er elevens evne til frit at kunne udtrykke sig med digital teknologi samt at tilegne sig og bruge et dedikeret fagsprog om det digitale. (Iversen, Dindler, & Smith, 2019)

3.2. Designcirklen

Er en iterativ designproces hvor i eleverne bevæger sig mellem seks forskellige faser i udviklingen af et produkt. Det er en didaktisk ramme til elevers arbejde med projekter hvor i artefakter skal fremstilles. Det iterative aspekt af processen er illustreret i cirklen med pilen i det grønne felt som set på figur 2. Det er meningen at eleverne skal gennemgå processen flere gange for at nå det bedste resultat. Processen er flydende og eleverne vil ikke nødvendigvis skulle gennemgå faserne præcis i den rækkefølge de fremgår i modellen, ej heller kan man adskille faserne fuldstændig når de arbejder, det er også illustreret med farvernes overgange (Fablab@School, u.d.).



Figur 2: Design cirkel (CAVI Aarhus Universitet, u.d.)

3.2.1. Processens faser

Processen starter med *designopgaven*, det er her eleverne møder en problematik de skal arbejde med, og på en eller anden måde designe ind i. Der er flere måder at tilgå designopgaven, Steen Lembcke og Michal Pilgaard fortæller blandt andet om at bruge 'wicked problems' eller komplekse problemstillinger fra virkeligheden som anslag til designopgaver (Lembcke & Pilgaard, 2018). Det er vigtigt at man stiller en opgave som eleverne har mulighed for at komme på en løsning til, men også noget de kan finde et engagement for at lave (Lembcke & Pilgaard, 2018).

Feltstudier er anden fase. Den går ud på at eleverne undersøger og afgrænser deres emne og vinkel ind i det.

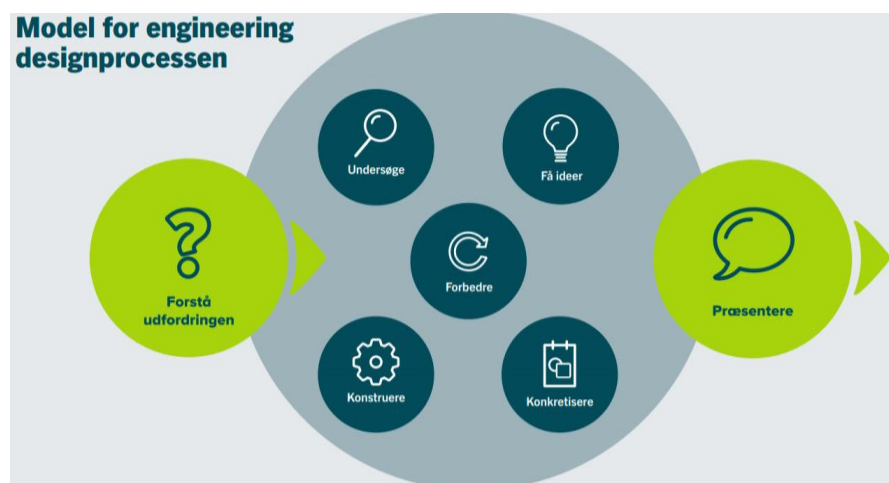
Tredje fase er *idégenerering* det er her eleverne skal komme på forskellige løsninger til problemstillingen, og til sidst blive enige om den (nogle gange mere end én) de vil gå videre med.

Fabrikation er fjerde fase. Det er her eleverne udformer deres design, hvad end det er fysisk eller digitalt, de laver en prototype.

Argumentation og *refleksion* er fase 5 og 6, det er i forhold til både proces og produkt. Det figurerer som det sidste led i den iterative proces, det kunne være argumentation i form af "Vi har valgt at gøre sådan her, fordi..." efterfulgt af en refleksion over hvorvidt det udartede sig efter intentionen. Det er samtidigt noget der er tilstede hele vejen igennem processen, at argumentere for valg, og reflektere over en løsnings konsekvenser (Fablab@School, u.d.).

3.3. Engineering

Forsøger at kopiere den måde som ingeniører arbejder på, ind i en skolesammenhæng. Den deles op i syv delprocesser som det kan ses på figur 3. Det er en iterativ proces hvor de forskellige delprocesser gentages indtil man når det ønskede resultat. Progressionen gennem delprocesserne er ikke låst, og ofte vil elevernes tilgang være at hoppe mellem de



Figur 3: Engineering model (Auener, Daughbjerg, Nielsen, & Sillasen, 2018)

forskellige dele (Auener, Daugbjerg, Nielsen, & Sillasen, 2018).

3.3.1. Delprocesserne

Denne måde at arbejde på tager udgangspunkt i en 'udfordring' som er et konkret problem enten defineret af eleverne eller taget fra en virkelig og autentisk problemstilling. Det er her i den første delproces **udfordringen skal forstås**, lærer og elever bliver enige om mål og rammer og eleverne beskriver udfordringen med egne ord.

Anden delproces er '**undersøge**', her skal eleverne finde ud af hvad de får brug for at vide, og efterfølgende tilegne sig den viden.

I tredje delproces skal eleverne **få ideer**. Eleverne kommer på forskellige ideer og forhandler sig frem til hvilken de vil arbejde med.

Eleverne skal nu **konkretisere** deres ideer. Dette er en planlægning af produktets udformning og det videre arbejde og fordelingen der af.

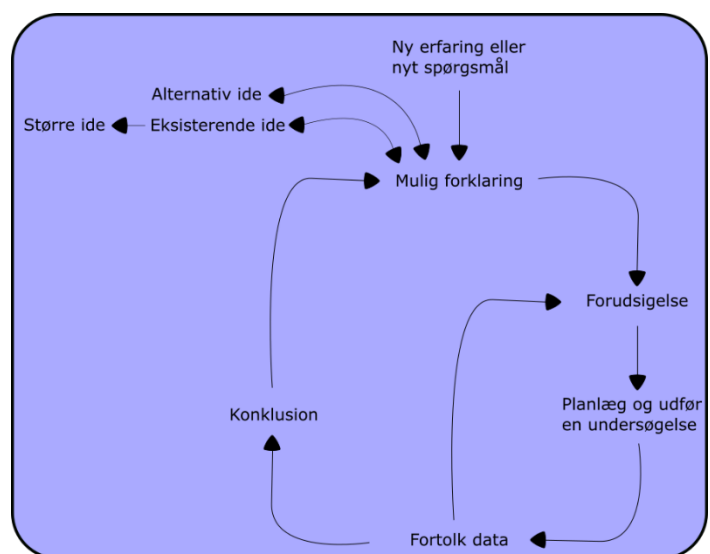
Femte delproces går ud på at **konstruere**. Eleverne realiserer deres ide til en prototype ud fra deres plan.

Det sidste led i den iterative del af processen er **forbedre**. Eleverne tester deres prototype og ser hvordan den passer med deres idé, de forbedre, ved at gennemgå én eller flere af de tidligere delprocesser igen.

Efter endt designforløb er det meningen at eleverne **præsenterer** deres produkt og proces for de andre, for at reflektere i fællesskab og lærer med hinanden (Auener, Daugbjerg, Nielsen, & Sillasen, 2018).

3.4. IBSE

Er en tilgang der bygger på elevernes naturlige undren om verden. Det er en naturvidenskabelig fremgangsmåde der tager udgangspunkt i det eleven kender og allerede ved, ud fra hvilket de reflektere og gør sig idéer om hvorfor og hvordan det de undre sig over, rent faktisk fungerer. De opstiller hypoteser/forudsigelser, som skal efterprøves gennem eksperimenter de selv designer, der ud



Figur 4: IBSE-model (Harlen, Guldager, & Auning, 2013)

fra indsamler de data som de kan konkludere på. På figur 4 kan man se en model over IBSE-tilgangens proces. Som figuren giver udtryk for, er der også her tale om en slags iterativ proces. Denne didaktiske tilgang til naturfag, forsøger at udvikle elevernes naturfaglige kompetencer gennem eksperimenter, som er baseret på elevernes egne oplevelser og observationer af naturen og mennesket (Harlen, Guldager, & Auning, 2013).

3.4.1. Processens elementer

Det starter med at eleverne, enten gennem egne oplevelser eller gennem undervisningen og lærerens spørgsmål, står overfor en *ny erfaring*, en undren eller et *nyt spørgsmål* de skal søge svar på. Eleverne skal til at starte med at komme med en *mulig forklaring* (hypotese) på det fænomen de undre sig over. Det kan være på baggrund af viden, oplevelser, *eksisterende ideer* eller lignende fænomener de har oplevet. Forklaringen skal have forudsigelseskraft, for at være valid. De skal nu komme med en *forudsigelse* om fænomenet. Forudsigelsen skal derefter testes ved at eleverne *planlægger og udføre en undersøgelse*/forsøg/eksperiment. Ud af undersøgelsen skal eleverne kunne udtrække data i en eller anden form. De skal analysere deres data og bruge resultaterne som evidens enten for eller imod deres forudsigelse, i figur 4 hedder denne del '*fortolk data*'. Her bliver processen iterativ, da det er ønskeligt at eleverne tester flere forskellige forudsigelser eller bare tester flere gange, for at sikre resultaternes validitet, man kan kalde det den lille iterative cirkel. Når eleverne når frem til et resultat de er sikre på, kan de udforme en konklusion. Konklusionen skal være i forhold til den oprindelige ide/fortolkning, her skal eleverne bedømme om deres idé bekræftes af deres konklusion eller om en ny forklaring må afprøves. Hvis konklusion og ide passer sammen, kan de tænke det nye fænomen ind i en *større ide*, der kan forklare flere forskellige fænomener. Hvis ideen ikke passer, må eleverne gentage processen med en *alternativ ide*, det betyder ikke at man har udført spildt arbejde, men at man har fundet empiri der kan være med til at præcisere ens næste ide (Harlen, Guldager, & Auning, 2013).

3.5. Lærerroller i designprocesser

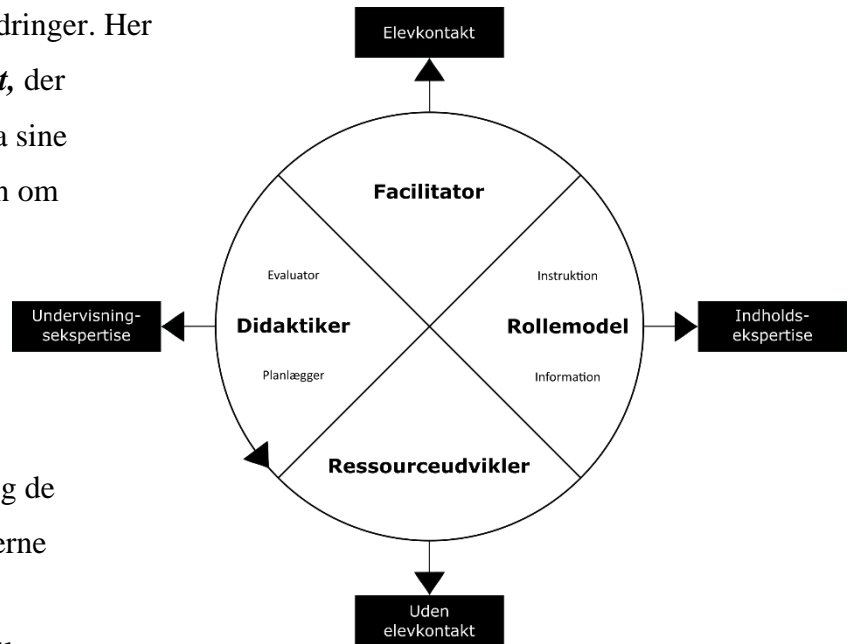
I dette afsnit vil jeg redegøre for de fire roller som Claus Skjøth Nicolaisen identificerer i bogen '*Læreren under designprocesser*'. Der er her tale om roller som læreren påtager sig i et undervisningsforløb der gør brug af designprocesser.

Figur 5 viser en model over rollerne. Modellen tager udgangspunkt i rollen som didaktiker, og bevæger sig derefter mod uret. Læreren som *didaktiker* består af 'to' dele afhængigt af hvor i processen man befinder sig. Den første del er som *planlægger*, før forløbet er det lærerens rolle at

kunne omsætte ideer til designudfordringer. Her agerer læreren *undervisningsekspert*, der kan tilrettelægge undervisning ud fra sine erfaringer, sin faglige viden og viden om design-processer og -opgaver.

Den næste rolle som læreren skal indtage, er den som

ressourceudvikler. Her skal læreren sørge for at teknologierne/udstyret og de understøttende materialer, som eleverne skal bruge, er til rådighed og funktionsdygtige. Denne rolle udspiller sig *uden eleverne*, det foregår bag kulissen så at sige.



Figur 5: Underviserens mange roller (Lembcke & Schultz, 2020, s. 124)

Den tredje rolle er læreren som *rollemodel*, den er ligesom didaktikeren todelt, i henholdsvis *information* og *instruktion*. Rollen hører til i starten af et forløb, men kan også være relevant ind i mellem undervejs. Læreren skal vise eleverne hvordan man bruger udstyret korrekt og sikkert, og fortæller hvorfor det forholder sig sådan. Læreren er her en *indholdsekspert*, det er vigtigt at læreren mestre det der skal fremvises, men samtidig er åben overfor fejl og villig til at lære af dem i fællesskab.

Den sidste rolle er den som *facilitator*. Læreren påtager sig denne når eleverne slippes løs og skal arbejde selvstændigt. Det er en mere tilbagetrukket rolle hvor læreren støtter, motiverer og inspirerer eleverne til deres udforskende og eksperimenterende arbejde. Det er vigtigt at eleverne får plads til at prøve ting af, men at læreren fastholder en *elevkontakt* der støtter deres arbejde.

Når forløbet når sin ende, træder læreren endnu engang tilbage til rollen som *didaktiker* og den anden del af denne rolle, *evaluator*. Der skal samles op på de erfaringer man har gjort sig, som underviser, men også elevernes erfaringer skal gennemgås. Læreren skal evaluere processen og resultaterne deraf, for at kunne indtænke disse i næste undervisningsforløb og på den måde udvikle sin praksis (Lembcke & Schultz, 2020).

4. Empiri

4.1. Kontekst

Det følgende afsnit er et didaktisk nærbillede baseret på ustrukturerede deltagerobservationer fra tre 8. klasser og én 7. Observationerne jeg valgt her, er fra designopgavens forløb og vil ikke inkludere de indledende, stilladserende undervisningsgange. Designopgaven strækker sig over cirka 5 timer, og begynder i fjerde uge af undervisningsforløbet og fortsætter til uge seks. Jeg vil fokusere på situationer udvalgt fra to af klasserne, for at undgå for mange gentagelser.

Designopgaven var en afsluttende opgave der skulle sætte deres nye viden om magnetisme og elektromagnetisme i spil på en praktisk måde der kunne relateres til deres hverdag. Der var 4-6 grupper i hver klasse af størrelsen 2-4 personer, den ene halvdel skulle lave mikrofoner og den anden højttalere. Eleverne var fra undervisningsforløbet begyndelse bekendt med at forløbet ville kulminere i en designopgave hvor de skulle lave højttalere og mikrofoner, men havde ingen erfaring med arbejdsformen. Observationerne er ud fra min funktion og deltagelse som lærer og vil kun reflektere det jeg oplevede sammen med eleverne. Jeg har anonymiseret mine observationer ved at referere til grupperne med numre, i stedet for elevernes navne, og hvis der er tale om en specifik elev har jeg givet dem et nyt navn.

Eventuelle citater er ikke ordrette, men så tæt på som jeg huskede det i min egen umiddelbare efterbehandling af undervisningen, da jeg ikke havde nogen til at tage noter for mig eller mulighed for at optage video uden at påvirke eleverne.

Undervisningsplanen for forløbet ligger som bilag 1 og nogle af produkterne fra forløbet ligger som billede i bilag 2.

4.2. Mine observationer

4.2.1. 8.C uge 4 – Planlægning

Vi afslutter opsamlingen af magnetisme/elektromagnetisme forløbet og gennemgangen af mikrofonens/højtalerens grundtanke. Jeg forklarer at de, når jeg er færdig med at forklarer, i deres grupper skal hente et stykke karton, til deres planche, oppe hos mig på kateteret og derefter sætte sig ned og undersøge og planlægge hvordan de vil bygge deres genstand. Jeg fortæller dem at de skal skrive på planchen de materialer de kunne forestille sig de skal bruge, og en kort stikordsplan til hvordan de har tænkt sig at gøre og at de skal bruge de faglige begreber de kender til dette, foruden det skal de også tegne hvordan de forestiller sig deres genstand ville se ud, ud fra de materialer de selv har foreslået.

I det jeg siger "[...]I skal hente et stykke karton[...]", er der allerede tre af drengene der står op. Jeg beder dem sætte sig igen og fortsætter. Det er tydeligt at gruppe 1 og gruppe 4 nærmest ikke hører efter. Jeg spørger en elev fra gruppe 1 hvad det er de skal når jeg er færdig med at forklarer? "Hente et stykke karton og skrive de ting ned vi skal bruge til at bygge vores højttaler". Jeg svarer "Ja, og undersøge hvordan man kan bygge den og tegne den som i forestiller jer den".

Eleverne går i gang med at undersøge hvordan andre har bygget lignende projekter og hvilke materialer de har brugt. En elev siger "Vi skal bruge sådan en her" og peger på sin computerskærm hvor der er et billede af en professionelt fremstillet speaker til brug i samle-selv-højtalere. Jeg svarer "Det er jo meningen at i selv skal fremstille speakeren, og så skal i nok lige tænke over at vores budget er mere a la paptallerkener, plastikflasker og ispinde. Jeg skal nok sørge for nogle gode magneter, men resten bliver ikke så fancy."

De fleste grupper finder små videoer og tutorials til 'DIY'-højtaler/mikrofonprojekter. Gruppe 1 som er en drengegruppe, viser mig en video de har fundet af en højtaler lavet med paptallerkener og spørger om de må lave den, jeg svarer "Det er en rigtig fin idé og en god inspirationskilde, men husk at det skal være jeres eget design, det er okay at tage udgangspunkt i noget andre har gjort og lade sig inspirere.", "Bahh, hvorfor kan vi ikke bare gøre det de gjorde i videoen?" svarer en af eleverne. Jeg forklarer at man lærer mere af at finde på noget selv, men argumentet vinder ikke rigtig indpas hos ham, han synes ikke det er så spændende.

Gruppe 4 har svært ved at finde eksempler på andre der har lavet en mikrofon af husholdningsmaterialer. Jeg hjælper dem ved at vise dem nogle hjemmesider hvor folk deler gør-det-selv projekter. De finder hurtigt noget og igen må jeg lige nævne at det kun skal være til inspiration og ikke en kopi af en internet tutorial. Pigerne siger "Ja jaa" og mit indtryk er at de har

svært ved at lade sig inspirere, og at de ikke rigtig føler at de evner at finde på noget selv. Jeg tænker at de måske ikke kan se at de har den nødvendige viden til at gøre det, og prøver at snakke med dem om den naturfaglige viden de har fra vores tidligere undervisningsgange hvor vi lavede forsøg med magneter og elektricitet. ”Så hvordan er det nu lige sådan en mikrofon fungerer?” spørger jeg, ”Æhh, det er noget med magneter ikke?” siger en af pigerne med et skævt smil. ”Jo, men hvordan er det nu lige det fungerer?” spørger jeg mens jeg peger op på kateteret, hvor der står et forsøg der skulle vise princippet bag hvordan man sender et signal fra en mikrofon til en højttaler. ”Man bevæger den ene magnet, og så bevæger den anden sig også?” siger en anden pige lidt spørgende, ”Ja, hvorfor gør den det, hvad sker der når vi bevæger den?” spørger jeg tilbage. ”Det var det der med at inde i den der, hvad er det nu den hedder?” siger en af pigerne, ”En spole” svarer jeg, ”Ja, når vi bevæger magneten inde i den der spole ting så laver den strøm!”. Jeg spørger lidt videre og til sidst får de strikket et helt svar sammen og det går op for dem at de godt forstår princippet bag mikrofonen, men det er stadigvæk svært for dem at komme på deres egen ide.

De fleste grupper kan i slutningen af timerne aflevere en planche med en materialeliste og en ide til noget de vil prøve at bygge, tegnet derpå. Gruppe 2 har, på trods af mine kommentarer om at de skal lade sig inspirere af konceptet og ikke kopiere, stort set bare kopieret noget de fandt på nettet. Gruppe 3 har taget inspiration fra et design de fandt og har lavet en fin tegning. De var ikke nået så langt med at skrive ned da hendes makker var nødt til at gå tidligt og hun selv er meget ordblind.

4.2.2. 8.B uge 4 – Planlægning

Jeg forklarer hvad det er de skal i gang med i form af planlægning, og med erfaringen fra timerne med 8.C er jeg meget tydelig i forhold til at de skal blive siddende til jeg har forklaret alt hvad der skal ske. Jeg når igennem min forklaring uden at nogen rejser sig op og prøver at gå i gang halvvejs igennem.

Eleverne går i gang, de fleste i hvert fald. Gruppe 5 bestående af to drenge der i de andre timer ikke har formået at være så produktive, har forvildet sig hen til en af pige grupperne og må ledsages tilbage på plads. Jeg spørger dem om de ved hvad de skal nu, og det er tydeligt at de ikke har hørt efter, jeg gennemgår det igen, og finder et stykke karton til deres planche. Jeg spørger om de har nogle idéer til deres design, de tænker lidt og så svarer den ene ”Vi skal da lave en Soundboks!” (Det er en meget populær bærbart højttaler), ”Okay, måske ikke helt så stor og dyr, men det er en god ide, hvordan skal den se ud?” svarer jeg. Det fysik faglige interesserer dem ikke, men jeg tænker måske kan jeg ’snyde’ dem til at lære lidt, hvis jeg lader dem fokusere lidt mere på formen end det faglige grundlag for funktionen. De går i gang med at tegne på planchen hvordan de synes den skal

65 se ud. 10 minutter senere ser jeg at de er i gang med at rode i skabene. Jeg spørger dem hvad de laver, hvor til den ene hiver en spand ud af skabet han står ved og proklamere ”Den her skal vi bruge til vores Soundboks, så den kan spille mega højt!”, ”Okay, det lyder godt, men opgaven i dag er at planlægge til næste gang. Jeg skal nok gemme spanden til jer, men I bliver nødt til at lave en liste over hvad I skal bruge, og finde ud af hvordan I får så meget lyd som muligt ud af den der spand.”, han trommer lidt på spanden og joker, men overgiver sig til sidst og går tilbage til
70 planchen.

Gruppe 6 kommer til mig i frustration, de skal lave en mikrofon, men kan ikke finde på noget. Jeg snakker med dem om hvordan den virker og giver dem et eksempel på hvor de kan finde inspiration. Den ene pige bliver frustreret over det med magnetisme, elektricitet og lydbølger, så jeg
75 snakker med hende om det. Jeg refererer tilbage til nogle af de forsøg vi har lavet, og prøver at få hende til at huske hvad hun erfarerede, hun kan sagtens forklare det med egne ord. Det viser sig at hun bliver frustreret over at det er så simpelt som vi i vores samtale når frem til at det må være. Jeg forsikrer hende om at konceptet ikke er mere kompliceret end som så, og at hun kan teste det når hun laver mikrofonen næste gang. Hun godtager forklaringen for nu, men står fast på sin skepsis til
80 andet er bevist.

4.2.3. 8.C uge 5 – Konstruktion

Undervisningen starter med at jeg præsenterer eleverne for de materialer jeg har været i stand til at frembringe og forklarer at det var langt fra alt hvad de havde skrevet på deres lister, men at de måtte forsøge at tænke i alternativer, og at jeg ville hjælpe dem efter behov. De henter derefter deres
85 plancher, finder ud af hvad de skal bruge og går i gang med at konstruere.

Mange af grupperne har svært ved at omstille sig til de materialer der er til rådighed. Gruppe 4 brokker sig over at de mangler de træklokker der blev brugt i videoen de havde fundet, jeg spørger dem kært ”Hvad var det I skulle bruge dem til?” de kigger på hinanden og det bliver hurtigt tydeligt at de ikke havde overvejet hvad funktionen var. ”Find ud af hvad det er de skal bruges til, så skal
90 jeg nok hjælpe jer med at finde et alternativ” fortæller jeg dem.

Gruppe 3 ville gerne have haft en CD, igen spørger jeg ”Men hvad skal I bruge den til?” og igen er de ikke helt sikre. Jeg giver dem samme svar som gruppe 4. Begge grupper finder til sidst alternative løsninger.

Da vi er omkring 20 minutter inde i timen opdager jeg, at gruppe 1 sidder rundt om deres bord og
95 snakker, det eneste de har fundet frem, er deres planche. ”Hvae’ drenge skal I ikke i gang med at

lave jeres højttaler?” spørger jeg, ”Jo, men Benjamin kan ikke finde den video vi havde sidste gang.” svarer en af dem. ”Så I sidder tre mand og kigger på én person der googler? Og I behøver ikke finde den, I har jo skrevet det hele ned på jeres planche og lavet en tegning af hvordan den skal se ud?” siger jeg og peger på den udførlige tegning på deres planche, ”Ja men vi kan ikke huske hvordan man skulle bygge den, og desuden har du ikke fundet alle de ting vi skulle bruge.” svarer en anden. Jeg fortæller dem at de må prøve sig frem, at de må finde på nogle alternative løsninger og at det er min bedømmelse at med de ting der er til rådighed, skulle de nok kunne substituere det de mangler.

De fleste grupper når langt med deres design i løbet af timerne. Da der er cirka 25 minutter tilbage kommer gruppe 3 hen til mig og mener at de er færdige, de har arbejdet flittigt, men de skulle næppe være færdige. De viser mig deres konstruktion, og jeg spørger dem ”Har I testet om jeres kobbertråd virker og at I har lavet et kredsløb?”, ”Øhm nej, skulle vi det?” svarer de, ”Ja, prøv at slutte den til strøm og se om i kan lave et kredsløb.” De kan ikke få lavet et kredsløb og de er nødt til at skille nogle af delene ad og finde ud af hvor fejlen er. De ender med at blive 7 minutter efter timen for at få styr på det.

Gruppe to mødte samme problem, men den dag var det en en-mands gruppe p.ga. sygdom, jeg fortæller hende at hun skal prøve at se om der kan løbe strøm igennem hendes kobbertråd. Hun prøver selv i 10 minutter, hvorefter jeg kan se at hun begynder at lave andre ting. Jeg spørg hende om hun har brug for hjælp og hun kigger opgivende på sin konstruktion og sukker ”Jeg forstår det ikke.”. Jeg sætter mig ned med hende og vi snakker om hvad problemet kunne være og prøver nogle andre ting af. Det viser sig at det var fordi hun ikke havde fjernet kobberisoleringen fra ledningerne. Et problem som mange af grupperne endte med at have.

4.2.4. 8.B uge 5 – Konstruktion

Jeg har brugt noget af min forberedelsestid op til timen på at konstruere en mini højttaler med de samme materialer som eleverne har til rådighed, jeg har testet den med lyd i og den virker. Da timen begynder, holder jeg den op, og siger til eleverne at de kan komme op og prøve den i løbet af timen. I starten af timen er der en del der kommer op og lytter, de er begejstrede for at prøve og det ser ud og lyder som at det går op for nogle af dem at måske vil deres egne også lykkes. Højttaleren jeg havde lavet, var meget lille. De forskellige grupper snakker efterfølgende om hvor meget højere deres vil kunne spille når den bliver færdig.

125 4.2.5. 8.C uge 6 – Afprøvning og afrunding

Det er den sidste gang og de fleste af grupperne er enten færdige eller tæt på at være det. Til at afprøve/teste deres designs har jeg fundet en gammel transistorradio med et simpelt input som de kunne tilsluttes. Gruppe 3 er de første til at blive klar, de tilslutter radioen til deres højttaler, og den 130 begynder svagt at spille en melodi fra det gamle disney-bånd der sidder deri. De er meget begejstrede for deres succes og giver hinanden high-fives. De andre grupper kommer op og lytter med og ser at den virker, før de vender tilbage til deres egne projekter for at få dem klar til at spille.

Gruppe 2 der skulle producere en mikrofon vil også afprøve deres, her er mulighederne for at teste dog lidt anderledes og involvere en computer med et program til at optage lyd. De har lavet et 135 anderledes design der skulle opfange vibrationerne fra luften gennem et sugerør. Der opstår dog tekniske problemer omkring computeren og ledningerne og det synes ikke at virke, ikke på grund af noget de havde gjort, men fordi jeg ikke havde testet med computeren inden og derfor ikke var parat til at løseproblemet. De er meget skuffede over at de ikke kan finde ud af om deres design virkede, og de går tilbage til deres pladser, det blev ikke til mere arbejde i de timer.

Gruppe 4 lider under de samme tekniske problemer og brokker sig ”Ej, Johann du sagde at vi kunne 140 afprøve dem i dag og at det var sidste gang med det her”, jeg beklager til dem og lover at finde ud af hvad problemet er og at vi så kan gøre det en anden gang. De sætter sig også tilbage og sidder med deres computere og laver noget andet.

Jeg forsøger at få hjulpet alle dem der bygger højttalere i mål, så de kan afprøve deres design. Jeg beder gruppe 3 om at kigge på deres design og se om de kan forbedre det. De svarer ”Men den 145 virker jo, er det ikke fint?”, ”Jo, det er mega fedt, men hvad kunne I gøre for at få den til at spille højere?” spørger jeg dem, ”Det ved jeg da ikke” svarer den ene. Jeg overtaler dem til at prøve, og da timen er omme har de haft den skilt ad og lavet en ny spole, men nu virker den ikke længere, de er utilfredse og kan ikke forstå hvad der er gået galt.

5. Analyse

Jeg vil i dette afsnit, med udgangspunkt i de tidligere beskrevet teorier, analysere den empiri jeg har inkluderet ovenfor. Dette vil være en ren analyse, hvor jeg inddrager de redegjorte begreber fra mit teori afsnit. Jeg vil referer til de situationer jeg analysere gennem linjenumrene som de står i empiriafsnittet, f.eks. linje 121-124 på side 15. Yderligere vil jeg i dette afsnit inddrage forskning fra FabLab projektet (Hjorth, Christensen, Iversen, & Smith, 2017) til at understøtte min analyse.

Jeg vil med denne analyse vise hvordan designprocesser kan være relevante i fysik/kemi undervisningen, samt hvordan de kan bidrage til udviklingen af de naturfaglige kompetencer. Ved at analysere situationer i undervisningen, hvor designprocessen bidrager til elevernes udvikling af kompetencer eller kunne have bidraget hvis læreren havde planlagt/udført/evalueret anderledes. Jeg vil samtidigt argumentere for hvordan inklusionen af digital fabrikation i forløbet kunne have afhjulpet nogle af problematikkerne, såvel som have bidraget til udviklingen af teknologiforståelses kompetencer og der igennem også de naturfaglige.

For at strukturere min analyse har jeg valgt at inddele den i mindre afsnit der beskæftiger sig med de forskellige aspekter beskrevet ovenfor:

1. Designprocesser, en naturfagsdidaktik
2. Lærerrollernes betydning for designforløb
3. Digitale fabrikationsmuligheder og teknologiforståelse i fysik/kemi

Jeg markerer også de centrale begreber fra teori afsnittet med kursiv, for at tydeliggøre hvornår og hvordan jeg bruger dem.

5.1. Designprocesser, en naturfagsdidaktik

Jeg starter med at kigge på linje 6-10 på side 13. Her kan man se udtalte eksempler på faser fra designcirklen, delprocesser fra Engineering og IBSE. Designcirkelns *feltstudie* viser sig i form af eleverne forberedelse til *fabrikationen*, de skal undersøge og etablere den nødvendige naturfaglige viden de skal bruge til at *argumentere* for deres design (Fablab@School, u.d.). Dette er koblet sammen med *idegenereringsfasen*, eleverne skal forklare deres design og tegne deres idé, så de har et udgangspunkt for *fabrikationen*. Det kan også ses som de to delprocesser i Engineering, '*undersøge*' og '*få idéer*' (Auener, Daugbjerg, Nielsen, & Sillasen, 2018), da de minder så meget om de to tilsvarende faser fra designcirklen, vil jeg fremadrettet referer til dem samlet under betegnelserne *feltundersøgelse* og *idégenerering*. Ydermere er det også et eksempel på

delprocessen *konkretiser* fra Engineering (Auener, Daugbjerg, Nielsen, & Sillasen, 2018), da eleverne skal specificere deres idé på planchen og planlægge deres arbejde fremadrettet. Til sidst kan man se elementer fra IBSE, dette er til dels *planlægningsselementet*, men også '*mulig forklaring*', i form af feltundersøgelsen skal eleverne også indkredse begreber der kan bidrage til en *mulig forklaring* af hvordan deres design skal virke (Harlen, Guldager, & Auning, 2013).

Hvad der mangler her ved designopgavens start, og hvad der viser sig at skabe problemer længere henne, er hvad der i design cirklen kaldes for *designopgaven*, i Engineering '*forstå udfordringen*' og i IBSE en *ny erfaring* der skaber undren, disse kunne man også kalde for anslaget. Hvis man tager udgangspunkt i artiklen om komplekse problemstillinger som anslaget for designopgaven (Lembcke & Pilgaard, 2018), så mangler denne opgave en problemstilling der kan vække undren hos, og har en aktualitet for eleverne. Det bliver en opgave for opgavens skyld, i efterbehandlingen af en spørgeskemaundersøgelse fra FabLab projektet peger de på en mulig sammenhæng mellem motivation for en designopgave og opgavens opbygning om en designproces model i kombination med arbejdet med problemstillinger fra den virkelige verden (Hjorth, Christensen, Iversen, & Smith, 2017, s. 54). Det er svært at engagere eleverne i en opgave, som de fra start af ikke kan se meningen med.

To eksempler mere på at anslaget mangler og at elevernes interesse ikke rigtig bliver fanget, kan man se i linje 12-15 og 24-28. I linje 12-15 kan man se at eleverne ikke hører efter, de finder ikke opgaven spændende eller aktuel, der mangler ifølge Lembcke og Pilgaard en rammefortælling som kontekstuel baggrund og motivation (Lembcke & Pilgaard, 2018), en vinkel på designopgaven der kunne have fanget eleverne. I linje 24-28 siger eleven "Bahh, hvorfor kan vi ikke bare gøre det de gjorde i videoen?", der er ikke et problem der skal løses, produktet har ikke andet formål end at være et produkt der skal laves.

Det er svært for eleverne at designe ting, at gå systematisk til værks for at finde løsninger. En del af undersøgelsen fra FabLab projektet gik ud på at bedømme elevernes evne til design inquiry (At tilgå et problem med en undersøgende tilgang med henblik på at finde en løsning) før og efter projektet. Det viste sig at det at arbejde med designprocesser gennem designprocesmodeller gav eleverne mere tillid til egne evner i forhold til at tænke og agere innovativt (Hjorth, Christensen, Iversen, & Smith, 2017, s. 51), men at det kræver en længerevarende indsats hvor eleverne lærer at arbejde i en designproces og med en designproces model. I linje 31-33, 86-90 og 95-99 oplever læreren at det er svært for eleverne at finde på selv, de har svært ved at lade sig inspirere og ender med at kopiere noget andre har fundet på. Det kan til dels skyldes opgavens rammesætning, men jeg

mener også at det understreger pointen fra FabLab med at det kræver en længerevarende indsats og øvelse i designproces tænkning gennem en designproces model. Tankegangen bag at designe løsninger og at designe undersøgelser, som er en del af undersøgelseskompetencen, ligger ikke langt fra hinanden, men det er noget eleverne skal træne.

I linje 36-43 ser vi et eksempel på en elev, der har svært ved at koble allerede kendt viden til designet af en højttaler. Der er et skel imellem den viden de har i forbindelse med de forsøg vi har lavet, og idéen om hvad højttaleren er. Dette kan skyldes at designprocessen ikke ligner en arbejdsform eleven har mødt før i fysik/kemi og det er svært at se den teoretiske viden ind i en praktisk kontekst. Men det viser også at hun har en *mulig forklaring* på fænomenet, men hun mangler at koble det til en *større idé* som dækker over mere end teorien (Harlen, Guldager, & Auning, 2013).

”Elevernes interesse og nysgerrighed over for fysik, kemi, naturvidenskab og teknologi skal udvikles, så de får lyst til at lære mere.” (UVM U. , 2019). Men nogle elever synes ikke at det er interessant at lave forsøg, derfor kan designprocesserne være en anderledes vinkel ind i faget der kan vække interesse ved elever der ikke finder den abstrakte teori håndgribelig. I linje 56-62 kan man se et eksempel på to elever der normalt ikke interessere sig for fysik/kemi, men da de får muligheden for at designe og fabrikere et artefakt der giver mening for dem og deres hverdag, finder de en interesse og motivation til at prøve. Designprocesser tilbyder en alternativ måde at arbejde med abstrakt teori, hvor eleverne kan bruge det i en, for dem, aktuel sammenhæng.

Hovedpointen i IBSE-modellen er at eleverne skal undersøge noget ved at lave eksperimenter og forsøg, det er noget man også kan gøre i arbejdet med iterative designprocesser, da formålet med at producere en prototype er at teste den og forbedre den. I linje 105-108 ser vi et eksempel på nogle elever der har konstrueret deres prototype som planlagt, og mener at den er færdig. Det viser sig at de har lavet nogle fejl og de må derfor gennemgå dele af processen igen: Planlægge og lave forsøg der viser om de har konstrueret den rigtigt. Det er en kombination af *refleksionen* i designcirklen (Fablab@School, u.d.), *den lille iterative cirkel* i IBSE (Harlen, Guldager, & Auning, 2013) og delprocessen *'forbedrer'* fra Engineering (Auener, Daugbjerg, Nielsen, & Sillasen, 2018). Dette er også et eksempel på hvordan elementer af den naturfaglige didaktik passer ind i designprocessen. Havde opgaven stillet krav til eleverne om at de skulle indsamle data der kunne understøtte effekten af deres produkt(undersøgelseskompetencen), ville der i denne situation have været mulighed for at eleverne kunne udvikle deres modelleringskompetence i behandlingen af denne data.

I linje 128-131 har vi et eksempel på den glæde eleverne kan finde i en succesoplevelse, her ville man kunne have suppleret oplevelsen og læringen for klassen ved at lade eleverne *præsentere* deres produkt, tanker og proces, som vi ser som slut målet i Engineering (Auener, Daugbjerg, Nielsen, & Sillasen, 2018). Eleverne har en prototype der virker og har egentlig klaret opgaven, men læreren forsøger alligevel at få dem til at reflektere lidt mere til sidst i processen, som vi kan se i linje 144-148. Det resulterer desværre i at eleverne ender med at deres produkt ikke længere virker. At *forbedre* en løsning er en helt ny iteration af designproces og er noget der kræver god tid. Læreren undervurderer her hvor tidskrævende en proces det er for eleverne at reflektere over produktets dele og at forbedre dem.

Delkonklusion

Der kan være god mening i at lave designforløb i naturfagene, mange af elementerne, faserne eller delprocesserne i de forskellige tilgange minder enten om hinanden eller kan spille godt sammen i en naturfaglig undervisning. Det kræver en del fra læreren der vælger at bruge designforløb, det er planlægnings-, ressource- og tidsmæssigt en udfordring der kræver en bevidsthed om rolle og proces (Smith, Iversen, & Hjorth, 2015). Det er også nødvendigt, som forskningen viser, at have en tydelig designproces model at arbejde ud fra, både for lærerens skyld, men også for elevernes udvikling af proces bevidsthed.

5.2. Lærerrollernes betydning for designforløb

Den første rolle en lærer påtager sig i al slags undervisning er den som *didaktiker* og *planlægger* (Lembcke & Schultz, 2020). Det forløb beskrevet i empirien bærer præg af en *didaktiker* der har en plan som ikke stemmer overens med det eleverne skal. Læreren har ikke skabt tydelige rammer for arbejdsprocessen og inddrager ikke eleverne gennem en designproces model. I

spørgeskemaundersøgelsen fra FabLab projektet er der tydelig forskel på resultaterne fra de skoler der har arbejdet målrettet med en designproces model, og hvor eleverne har været bevidste omkring deres arbejde med den, og de skoler der ikke har. Resultaterne i alle spørgsmålene er bedre for dem der arbejdede med mere bevidst med modellerne (Hjorth, Christensen, Iversen, & Smith, 2017, s. 57 figur 32).

I linje 52-55 er der et andet eksempel på lærerens rolle som *didaktiker*, det er også at agere *evaluator* af egen undervisning. Læreren har oplevet en situation i et parallelt forløb i en anden klasse, der får ham til ændre sin undervisning. Det er en vigtig del af rollen som *didaktiker*, at man hele tiden søger at forbedre sin undervisning på baggrund af de erfaringer man gør sig (Lembcke & Schultz, 2020).

Stilladseringen af opgaver i designprocessen er vigtig, det kan ikke forventes at eleverne forstår hvorfor eller hvordan de skal gøre som der bliver sagt, hvis det ikke bliver forklaret og vist. I linje 6-10 er der et eksempel på at eleverne bliver stillet en opgave, her har læreren rollen som *rollemodel*, der skal vise eleverne det gode eksempel og *instruere* i hvordan og hvorfor de skal lave en procesbeskrivelse. Det bliver til en kort mundtlig beskrivelse af opgaven og det skaber uro og forvirring i flere situationer fra linje 11-45. Læreren kunne med fordel i sin rolle som *ressourceudvikler*, inden timen, have lavet et eksempel på en god procesbeskrivelse, og ladet den styrke opgavebeskrivelsen og læreren som *rollemodel*, samt mindske forvirringen. Læreren skal som *rollemodel* fremstå tydelig og klar, som en der har styr på det der skal ske (Iversen, Dindler, & Smith, 2019).

Et eksempel på *rollemodellen* der lykkes findes i linje 121-124 hvor læreren har konstrueret en lille højtaler, som inspiration og eksempel på at det kan lade sig gøre. Eleverne responderer med engagement og motivation i forhold til deres egne projekter. *Rollemodellens* funktion er at vise færdigheder og adfærd, og åbent at kunne lære af sine fejl (Lembcke & Schultz, 2020). Eksemplet her er en mulighed for læreren for at vise at han har styr på det eleverne prøver at lære, men kan også skabe basis for en *instruktion* i fejlkilder og problematikker eleverne kan møde.

Et tredje eksempel på *rollemodellen*, og dens betydning for læringsmiljøet og elevernes engagement (Lembcke & Schultz, 2020), findes i linje 132-142. Her ser vi hvordan en manglende mestring af teknikken fra lærerens side, leder til at eleverne mister interessen for deres projekt og føler at deres tid er blevet spildt. Det er okay at lave fejl og at lære af dem i fællesskab som man løser dem, men hvis man har valgt at eleverne skal lave mikrofoner, skal man have styr på hvordan de får dem til at virke, ellers mister man elevernes tillid. Det er også et eksempel på hvorfor rollen som *ressourceudvikler* er vigtig, og at man skal sørge for at tingene virker før eleverne kommer ind i lokalet.

Ressourceudvikleren var tydelig og fungerede godt i forhold til grupperne, der arbejdede med højtalere. Som det er at se i linje 126-128, er læreren forberedt og han har en løsning parat der virker.

Roller som facilitator er vigtig for at træne elevernes egne evner til at finde svar og løsninger (Lembcke & Schultz, 2020). I linje 16-21 er der et eksempel på hvordan læreren tilpasser elevens forventninger, mens samtidigt at gøre opgaven håndgribelig uden at fratage eleven ansvaret. I linje 36-43 er der et eksempel på hvordan læreren gennem samtale forsøger at vise eleven at hun selv kan. Det er en balancegang mellem at supplere med nødvendige ord, men at lade eleven sætte dem i

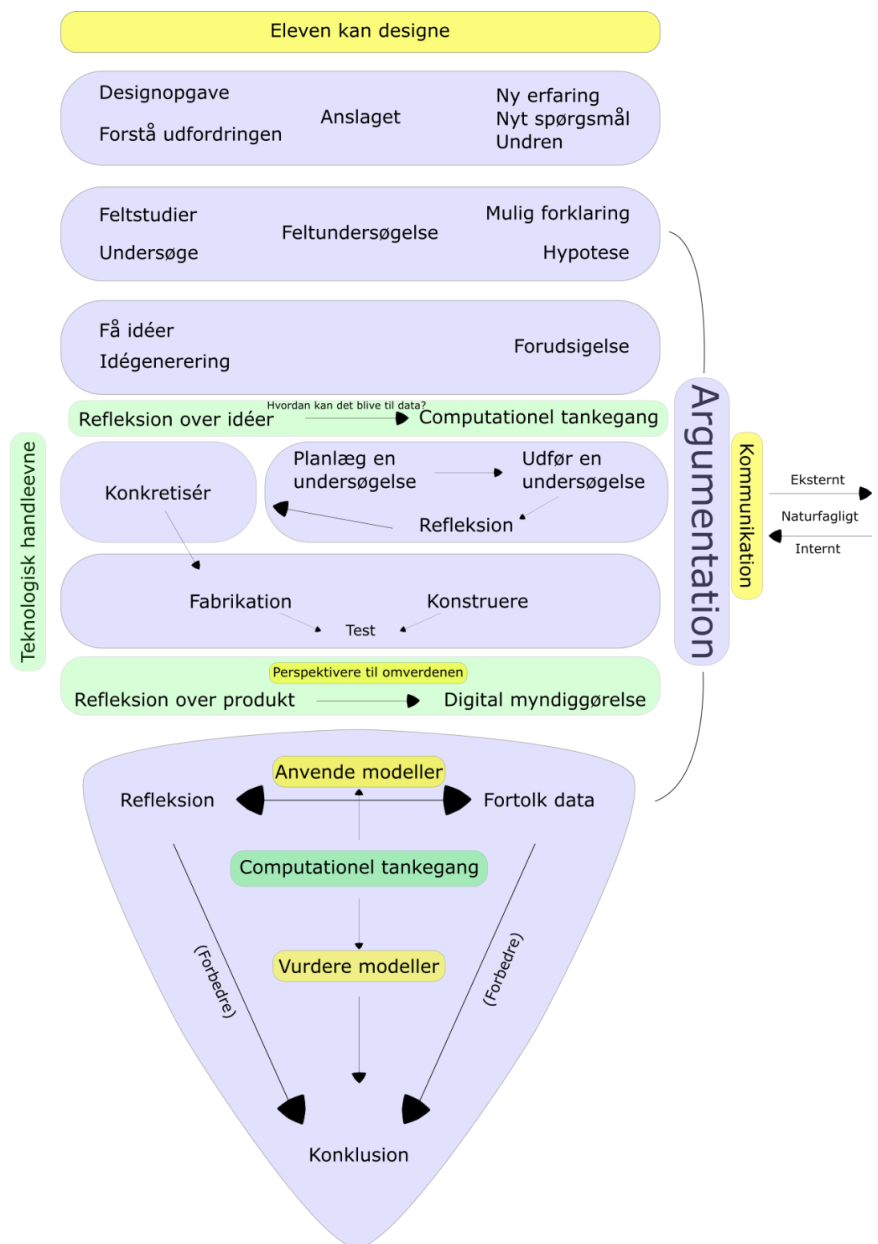
spil, for at skabe sammenhæng mellem deres egen viden og den foreliggende opgave. Det er også i rollen som facilitator at man som lærer har muligheden for at få et indblik i elevens kommunikationskompetence, som læreren gør her ved at stille spørgsmål til eleven.

5.3. Digitale fabrikationsmuligheder og teknologiforståelse i fysik/kemi

Det er svært at begribe teknologiforståelses vinklen gennem den empiri der er beskrevet ovenfor, der er ikke mange digitale artefakter at analysere på. Der var ikke adgang til fabrikationsteknologier og diverse digitale værktøjer på den skole som forløbet kørte på, som det er tydeligt i linjerne: 4-5, 20-21 og 29-30. Ifølge FabLab forskningsprojektet, ville man kunne øge motivationen og læringsudbyttet af forløbet ved at

integrere brugen af digitale fabrikationsteknologier (3d-printer, lasercutter, robotter og mikrocontrollere) (Hjorth, Christensen, Iversen, & Smith, 2017, s. 58). Forskningen viser en sammenhæng mellem brugen af en designproces model og kendskab til teknologier og udbyttet af undervisningen med designforløb.

Til at vise hvordan teknologiforståelse kan blive relevant igennem et designforløb med digital fabrikation i fysik/kemi, har jeg lavet en model. Modellen var oprindeligt et værktøj til mig selv for at skabe overblik over de forskellige arbejdsformer og kompetenceområderne. Den illustrerer hvordan man kan skabe sammenhæng mellem tilegnelsen af de naturfaglige kompetencer mens man bruger teknologiforståelses



Figur 6: Model for sammenhæng mellem designprocesser, naturfagsdidaktik, de naturfaglige og teknologiforståelses kompetencer. (Johann Høj Radmer 2020)

kompetencerne. Den bygger på de begreber jeg har brugt i min analyse, og de teorier jeg har beskrevet tidligere.

Modellen er inddelt i tre farver; gul er de naturfaglige kompetencer og hvordan de forholder sig til designprocessen; grøn er teknologiforståelses kompetencen og er placeret i forløbet der hvor de ville kunne gøre sig gældende; blå er en sammenblanding er begreberne fra designcirklen, Engineering og IBSE.

Jeg lavede i første omgang modellen for at se om jeg kunne skabe overblik over begreberne og hvordan de kunne interagere med hinanden, det udviklede sig til en metaanalyse af de forskellige tilgange for at se hvordan kompetencerne kunne komme til udtryk i et designforløb. Modellen starter fra toppen og bevæger sig ned igennem faserne.

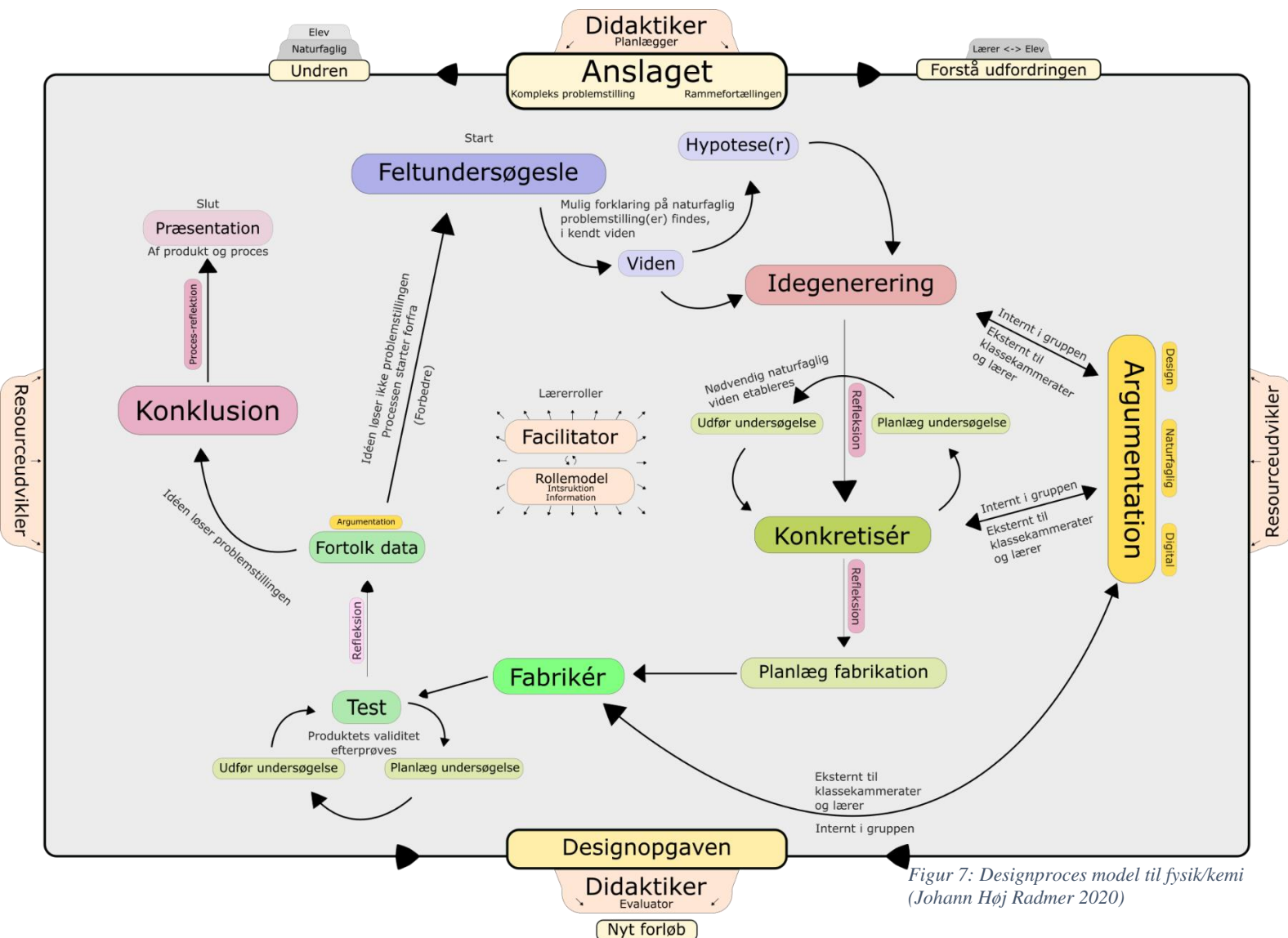
Undersøgelseskompetencen udvikles undervejs gennem delundersøgelser og som resultat af gennemførelse af designopgaven i sig, selv som en slags undersøgelse. 'Eleven kan designe', uddraget af undersøgelseskompetencen, er placeret i toppen, da det er formålet med designprocessen. Den naturfaglige kommunikationskompetence skulle gøre sig gældende de fleste steder i processen gennem intern argumentation omkring beslutninger i gruppen, og igen eksternt overfor læreren og klassekammeraterne uden for gruppen. Modelleringskompetencen har jeg skrevet på i den sidste fase i forbindelse med computationel tankegang, hvor man i teknologiforståelsen kan se det som evnen til at bearbejde data med en computer (Iversen, Dindler, & Smith, 2019), tanken er at i denne fase kan eleverne anvende modeller til at præsentere og forklarer data de har indsamlet med og om deres produkter/artefakter. De skal kunne vurdere disse modeller med henblik på at konkludere på forløbet og deres produkt. Perspektivering kompetencen er koblet sammen med den digitale myndiggørelse som en funktion af elevernes refleksion over produktet, og hvordan det forholder sig til omverdenen (Iversen, Dindler, & Smith, 2019).

Modellen er også udgangspunktet for udviklingen af min egen designproces model til fysik/kemi som jeg vil belyse i næste afsnit.

6. Udviklings og handlingsforslag

I dette afsnit vil jeg give et bud på en designproces model som i samarbejde med teknologiforståelseskompetencerne, kan bidrage til udviklingen af de naturfaglige kompetencer i fysik/kemi. Teknologiforståelsesbegreberne kan bruges i figur 7 på samme måde som de er illustreret i figur 6, men er ikke skrevet ind, for at lade modellen kunne fungere uden det digitale

aspekt, da der kan forekomme situationer hvor det ikke er en mulighed, som beskrevet i empirien og analysen.



Modellen som ses her, bygger på begreber udledt fra mine udvalgte teorier.

Modellen tager udgangspunkt i anslaget øverst, det er en kompleks problemstilling og en rammefortælling, den fungerer som rammesætningen for hele forløbet, dette er illustreret ved at den er integreret i rammen. Den forgrener sig ud i to begreber 'undren' fra IBSE og 'forstå udfordringen' fra Engineering. Jeg har valgt at medtage begge begreber da jeg mener de har to forskellige formål der støtter hinanden, 'undren' repræsenterer de fysik/kemi faglige tanker eleven har efter mødet med anslaget. 'Forstå udfordringen' fungerer som i Engineering, hvor eleven i samspil med læreren skal sætte ord på hvordan de forstår udfordringen. Det hele kulminerer i

bunden af modellen hvor jeg har placeret 'designopgaven' som er den endelige opgave, som elev og lærer har forhandlet sig frem til at den skal se ud.

Uden om modellens ramme har jeg også placeret nogle lærerroller, deres positioner illustrere hvordan de forholder sig til indholdet. Didaktikeren som planlægger rollen, ligger øverst, det er her læreren, uden eleverne, tilrettelægger forløbet. På siderne har jeg placeret ressourceudvikleren, det er i den rolle læreren skaber læringsmiljøet og får styr på de materialer og omstændigheder der skal være på plads for designprocessen. Nederst uden for rammen er didaktikerens anden rolle, evaluator, det er her læreren på baggrund af et endt forløb får overblik over sine erfaringer og videreføre dem til et nyt forløb. Inde i modellen har jeg placeret rollemodel og facilitator rollerne, det er her læreren skal navigere elevernes processer og veksle imellem at være inspirerende og støttende til at være instruerende og informerende, alt efter hvad eleverne behøver (Lembcke & Schultz, 2020).

Inden for rammerne er modellen bygget op som en række små iterative processer der til sammen udgør en større iterativ proces. Med designopgaven etableret, starter eleverne feltundersøgelsen, her skal de etablere allerede kendt viden som de skal bruge i forhold til produkt, samfund, mennesker og fagligt. De skal bruge denne viden til idegenerering og til at opstille en eller flere naturfaglige hypoteser for at indhente eller etablere nødvendig viden.

Idegenereringen er fasen hvor eleverne kommer på deres løsninger, de pitcher til hinanden og argumentere internt for og imod. De går videre derfra, med én eller flere ideer som de skal reflektere over hvordan de kan sætte i spil og hvilken viden de får brug for, for at kunne gå videre med den.

I 'konkretiser' fasen skal eleverne først lave forsøg og undersøgelser der vedrører deres ideer, deres oprindelige hypoteser skal efterprøves og revideres i forbindelse med ideerne. Det kan her være en god ide at lave forsøg der underbygger teoretiske naturfaglige forhold som ideen kunne bygge på. På baggrund af en refleksion over de indledende undersøgelser kan udformningen af produktet planlægges.

'Argumentationen' er ikke en fase i sig selv men en gennemgribende tilgang eleverne skal træne igennem et designforløb. De skal kunne argumentere for deres valg i alle faserne.

I fasen 'fabrikér', konstruere eleverne deres design, med de midler de har til rådighed. Det er, som refereret tidligere i forskningen, mest givende hvis et designforløb kan arbejde med en procesmodel og digital fabrikation. Når eleverne har udformet en prototype, skal den afprøves, Det er endnu en

undersøgende iterativ delproces der har til formål at træne deres undersøgelseskompetence, såvel som at forbedre deres produkt. Under disse undersøgelser indsamler de data om deres produkt der kan belyse dets evne til at løse problemstillingen. Denne data kan behandles gennem modellering og computationel tankegang, hvis skolens midler og lærerens evner rækker til det. Efter behandlingen af data skal, de fortolke den, her skal de afgøre om deres design løser problemstillingen, hvis den gør, skal de konkludere på deres produkt og proces, dette kan gøres på flere måder men for evaluering, og kommunikationskompetence har jeg valgt at kalde det en præsentation. Hvis ikke deres design løser problemstillingen starter processen forfra, det er ikke en dårlig ting og flere iterationer i den store proces giver et stærkere grundlag for en kvalificeret løsning. En tankegang der er svær for eleverne, det at lave fejl og værdsætte dem som et led i en større læringsproces er noget der skal læres gennem erfaring og refleksion (Lembcke & Schultz, 2020).

Jeg mener at denne model kan styrke udviklingen af kompetencerne i naturfag, med eller uden teknologiforståelsen. Jeg ville dog mene, på baggrund af et politisk pres, et forskningsmæssigt grundlag og de to fagligheders kompetencekompatibilitet, at man kunne udvikle en stærkere model ved at inkludere teknologiforståelse.

7. Konklusion

I fysik/kemi skal vi kunne give eleverne en række kompetencer, og sørge for at de opnår ” [...] erkendelse af, at naturvidenskab og teknologi er en del af vores kultur og verdensbillede.” (UVM U. , 2019). Mit bud er, at en designproces model som den jeg har lavet kan tilgodese fagets formål og udviklingen af de naturfaglige kompetencer i samspil med de kompetencer eleverne udvikler gennem teknologiforståelsen. Det vil kræve en kompetent lærer, der besidder teknologiforståelse, naturfaglige kompetencer og kendskab til designprocesser, for at kunne planlægge, gennemfører og evaluere et sådan forløb ude i virkeligheden, min model er en ramme for hvordan sådan et forløb kan opbygges.

Jeg har med min undersøgelse fundet ud af følgende. At have et anslag og en designopgave baseret på komplekse problemstillinger fra virkeligheden vil kunne motivere og engagerer nogle elever i udviklingen af et design. At forløb baseret på designprocesser, kræver at elever bliver trænet i at arbejde med designproces modeller. Det kræver ligeså at de har en tydelig model at forholde sig til. Hvis designprocesser skal bruges i fysik/kemi, skal de indeholde muligheder for at kunne udvikle de naturfaglige kompetencer, f.eks. ved at inkorporerer dele af IBSE. Undervisning i

designprocesser sætter også krav til læreren om at have, en bevidsthed om egen rolle i forskellige dele af processen, og evnen til at skifte rolle i forhold til elevernes behov.

Ved at sammentænke den fysik/kemi faglige undersøgelse med designudviklingen af et artefakt, kan man udvikle de naturfaglige kompetencer og styrke elevernes designkompetencer.

Teknologiforståelsen kan også bidrage til udviklingen af de naturfaglige kompetencer i fysik/kemi, hvis den bruges med en designproces model og hvis skolen har midler og de teknologiske muligheder.

Der er i denne undersøgelse ikke tilstrækkelig empirisk evidens for at min model virker i praksis, og det vil kræve en omfattende undersøgelse og test for at kunne konkludere det med sikkerhed.

8. Perspektivering

Jeg vil i dette afsnit kort perspektivere til en anden form for empiri indsamlingsmetode der kunne have kvalificeret denne undersøgelse yderligere, havde omstændighederne tilladt det. Det ville have været interessant at implementere min designproces model for fysik/kemi i et forløb i folkeskolen, hvor der var mulighed for at afprøve den i flere forskellige forløb. Her kunne man indsamle empiri via video af arbejdsprocesser og præsentationer, elevprodukter og interviews. Det ville kunne skabe et mere nuanceret billede af elevernes arbejde, og deres udbytte deraf.

Det kunne også spændende at undersøge, hvordan f.eks. 3d-printede dele kunne forbedre de designs som eleverne udviklede. Det ville også være relevant at undersøge, hvordan man kan bruge andre produktionsteknologier i skolen, der bringer design og produkt tættere på metoder der bruges i den "virkelige" verden.

Undervisningsministeriets didaktiske prototype model (bilag 3) for undervisning med teknologiforståelse i fysik/kemi bliver spændende at følge i fremtiden. Hvad kommer der til at ske med den efter forsøgsperioden, og bliver teknologiforståelse en del af planerne for fagene i folkeskolen. I så fald, bliver modeller ala den jeg har arbejdet med i denne opgave virkelig relevante.

9. Litteratur

- Auener, S., Daugbjerg, P. S., Nielsen, K., & Sillasen, M. K. (2018). *Engineering i skolen - hvad, hvordan, hvorfor*. VIA University College.
- Boding, J., Hansen, L. H., Høyrup, F., Krenzen, A. E., Madsen, J., Mølgaard, N., & Pjengaad, S. (2019). *En håndbog - Bachelor projektet i læreruddannelsen*. Hans Rietzels Forlag.
- CAVI Aarhus Universitet. (u.d.). *Designcirklen*. Hentet fra FABLAB@school.dk:
<https://fablabatschool.dk/designcirklen/>
- Fablab@School. (u.d.). *Designcirklen*. Hentet fra Fablab@School:
<https://fablabatschool.dk/designcirklen/>
- Harlen, W., Guldager, I., & Auning, C. (2013). *Inquiry i naturfags undervisning*. The Fibonacci Project.
- Hjorth, M., Christensen, K. S., Iversen, O. S., & Smith, R. C. (2015). *Digital Technology and design processes: Report on a FabLab@School survey among Danish youth*. Aarhus University.
- Hjorth, M., Christensen, K. S., Iversen, O. S., & Smith, R. C. (2017). *Digital Technology and design processes II: Follow-up report on FabLab@School survey among Danish youth*. Aarhus University.
- Iversen, O. S., Dindler, C., & Smith, R. C. (2019). *En designtilgang til teknologiforståelse*. Frederikshavn: Dafolo.
- Lembcke, S., & Pilgaard, M. (2018). *Anslaget som afsæt for desingprocessen - Den didaktiske 'setting' i første fase af designproces*. Læring og Midler (LOM).
- Lembcke, S., & Schultz, C. A. (2020). *Lærer under designprocesser - Design fabrikation og designprocesser i Fablab*. Frederikshavn: Dafolo.
- Lockwood, J., & Mooney, A. (2017). *Computational Thinking in Education: Where does it fit?*. Maynooth, Ireland: Department of Computer Science.
- Løgstrup, K. E., Lauridsen, P., & Varming, O. (1985). *Skolens Formål – debat om skolens opgave*. DLH. Hentet fra folkeskolen.dk:

https://dpu.au.dk/fileadmin/www.dpu.dk/forskning/videostreamingfraloeogstrupkonference/nyheder_2007_20071119133744_loegstrup-skolens-formaal.pdf

Smith, R. C., Iversen, O. S., & Hjorth, M. (2015). *Design thinking for digital fabrication in education*. Hentet fra International Journal of Child-Computer Interaction:

<https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2015.10.002>

Undervisningsministeriet, & Riisager, M. (25. Januar 2018). *Teknologiforståelse skal være obligatorisk i folkeskolen*. Hentet fra regeringen.dk:

<https://www.regeringen.dk/nyheder/2018/teknologiforstaelse-fag-i-folkeskolen/>

UVM, U. (12. august 2019). *Fælles Mål - Fysik/Kemi*. Hentet fra EMU.dk:

<https://emu.dk/grundskole/fysikkemi/faelles-mal>

UVM, U. (12. August 2019). *Læseplan og vejledning - Fysik/Kemi*. Hentet fra EMU.dk:

<https://emu.dk/grundskole/fysikkemi/laeseplan-og-vejledning>

UVM, U. M. (2019). *Undervisningsvejledning for forsøgsfaget teknologiforståelse*. UVM.

10. Bilag

10.1. Bilag 1

Undervisningsplanen for de ustrukturerede observationer

Undervisningsplanen set nedenfor er den skabelon jeg udarbejdede, undervejs foretog jeg mange ændringer fra gang til gang og klasse til klasse, som ikke blev noteret her.

Uge 2

Tid	Aktivitet	Beskrivelse	Materialer
45	<ul style="list-style-type: none"> -Hilser på. -Fortæller om mig. -Navneleg. -Navneskilte. -Introduktion til de kommende uger. -Introduktion til magnetisme og elektromagnetisme. 	<p>Vi hilser på hinanden, og alle eleverne kan få sagt hvad de hedder.</p> <p>Jeg fortæller om mig selv og hvad jeg kan og er.</p> <p>Navneleg - Navn + ting/dyr med samme bogstav.</p> <p>Eleverne laver navneskilte enten til bord eller person.</p> <p>Introduktion til det vi skal lave henover de kommende uger, og hvorfor magnetisme er en vigtig grundsten i samfundet såvel som videnskaben.</p> <p>Jeg introducerer magnetisme og <u>elektromagnetisme</u>, og vi snakker på klassen om hvad de ved/ikke ved om magnetisme allerede.</p>	<p>Papir/klistermærker til navneskilte</p> <p>Magneter</p>
45	<ul style="list-style-type: none"> -Snak om magneter. -Undersøg magneter. -Papir-clips forsøg. -Undersøg magnetfeltet. -Jernspåner og feltlinjer. -Snak om jorden som magnet. -Magnetisering og afmagnetisering. 	<p>Snak om magneter: Hvad er en magnet? Hvad kan en magnet bruges til? Hvor kan man finde magneter? Hvorfor er magneter uundværlige? Hvor finder vi magneter i naturen?</p> <p>Undersøg magneter: Hvad er magnetisk? Eleverne får magneter og skal finde ud af hvad der er magnetisk i deres umiddelbare nærhed. De skriver ned hvad de finder ud af, og hvorfor de tror tingene er magnetiske.</p> <p>Vi snakker om deres fund.</p> <p>Papir-clips med snor tapes til bordet og</p>	<p>Magneter</p> <p>Snore</p> <p>Stativer</p> <p>Sakse</p> <p>Papir</p> <p>Lim</p> <p>Tape</p> <p>Metaller</p> <p>Jernspåner</p> <p>Søm</p> <p>Savklinger</p>

		<p>eleverne skal nu eksperimentere med hvad der kan få den til at falde ned.</p> <p>Snak om magnetfeltet: Hvad er det? Hvor er det? Hvordan ser det ud? Hvorfor ser det sådan ud?</p> <p>Undersøg med jernspåner og kompas hvordan magnetfeltet ser ud.</p> <p>Snak om jorden som magnet: Jorden er en magnet, hvad betyder det for os? Hvorfor er den det? Hvordan kan man se magnetfeltet?</p> <p>Hvis vi har tid, magnetisering og afmagnetisering af savklinger og andre metaller.</p>	
--	--	---	--

Uge 3

Tid	Aktivitet	Beskrivelse	Materialer
45	<p>-Samle op fra sidst</p> <p>-Oplæg om magnetisme/elektromagnetisme</p> <p>-Forsøg med spoler og elektromagnetisme</p> <p>-Trådløs energi overførsel</p> <p>-MagTrain</p> <p>-Induktion</p>	<p>Opsamling, hvad ved vi nu om magneter og om jorden?</p> <p>Tre regler for magneters egenskaber?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dipolære • Magnetfelter • Polerne tiltrækkes modsat og frastødes hvis de er ens. <p>Hvad er elektromagnetisme? Hvad sker der hvis man fører en magnet forbi en spole af kobbertråd? Hvad sker der hvis man leder strøm igennem en kobberledning?</p> <p>Forsøg med kobbertråd, magnet og lampe/voltmeter. Forsøg med kobbertråd, strømforsyning og jernkerner/søm - gribereglen. Forsøg med spoler, elektromagnet kanon. Forsøg med spoler og strøm transfer, model af trådløs oplader. Forsøg med kobbertråd, søm og batteri. Forsøg med 2 spoler, 2 magneter, 2 stativer og elastikker.</p>	<p>Kobbertråd</p> <p>Magneter</p> <p>Spoler</p> <p>Strømforsyninger</p> <p>Clips</p> <p>Søm</p> <p>Batterier</p> <p>Jernkerner</p> <p>Voltmeter</p> <p>Amperemeter</p>

Uge 4

Tid	Aktivitet	Beskrivelse	Materialer
-----	-----------	-------------	------------

45	<ul style="list-style-type: none"> -Opsamling fra sidst -Snak om magneter, elektromagnetisme og brugen i mikrofoner og højtalere. -Planlægning i grupperne af udførelsen af opgaven. -Læsning i forhold til hvordan en mikrofon/højttaler virker. 	<ul style="list-style-type: none"> -Vi samler op og snakker om hvad magnetisme og elektromagnetisme er, samt jævn- og veksle-strøm -Hvordan virker en mikrofon og en højttaler? -Grupperne undersøger hvordan man kan lave en mikrofon/højttaler selv. -De laver plancher der illustrerer deres plan så de har styr på det til næste gang. -Planchen skal indeholde: Materialeliste Tegning over opstilling/konstruktion Kort beskrivelse af hvordan en mikrofon virker. 	<ul style="list-style-type: none"> Karton Blyanter Computere
----	---	---	---

Uge 5

Tid	Aktivitet	Beskrivelse	Materialer
45	<ul style="list-style-type: none"> -Vi bygger højtalere. -Elevenerne konsulterer deres plancher, og påbegynder konstruktionen. 	<ul style="list-style-type: none"> -Elevenerne finder ud af hvad de skal bruge for at konstruere og i fællesskab kommer vi på løsninger. 	<ul style="list-style-type: none"> Plastflasker Plastkopper Plast-tallerkener Pap Kartion Limpistoler Sakse Knive Ass. skrald Magneter Kobbertråd AUX-stik

Uge 6

Tid	Aktivitet	Beskrivelse	Materialer
45	<ul style="list-style-type: none"> -Vi fortsætter med at bygge højtalere. -Elevenerne tester og evaluere deres design så vidt muligt 	<ul style="list-style-type: none"> -Elevenerne forsøger at blive færdige med deres designs -Elevenerne tester deres design -Elevenerne evaluerer og redesigner/forbedre deres design 	<ul style="list-style-type: none"> Plastflasker Plastkopper Plast-tallerkener Pap Kartion Limpistoler Sakse Knive Ass. skrald Magneter Kobbertråd AUX-stik

10.2. Bilag 2 – Elevprodukter



10.3. Bilag 3 – EMUs didaktiske prototype

Figur 1: Didaktisk prototypeformat

