

Kreativitet og innovation i makerspace

- Digitale fabrikationsteknologier i billedkunst og håndværk og design



master i ikt og læring

Helle Damgaard Melin, Studienr. 20162150

Tom Stub Christiansen, Studienr. 20162141

Masterprojekt

juni 2020

Antal anslag med mellemrum: 225.673, 114 sider

Vejleder: Janni Nielsen

it-vest

samarbejdende universiteter



Indholdsfortegnelse

<i>Abstract English (Tom)</i>	6
<i>Resumé Dansk (Helle)</i>	7
1 Indledning (Fælles)	8
1.1 Problemfelt og forskningsspørgsmål (fælles)	11
1.2 Problemformulering (fælles).....	12
2 Makerspace	14
2.1 Makerspace i dansk skolekontekst (Tom).....	14
2.1.1 Makerspace (Tom).....	14
2.1.2 Teknologiforståelse (Tom).....	15
3 Metode	19
3.1 Vores videnskabsteoretiske ståsted (Helle)	19
3.2 Vores metodiske tilgang (Tom)	20
3.2.1 Ekskurs (Helle)	22
3.3 Undersøgelsesdesign (Helle)	23
3.3.1 COVID-19 (Tom).....	24
3.3.2 Intenderet undersøgelsesdesign (Tom).....	25
3.3.3 Undersøgelsesdesign grundet COVID-19 (Tom)	26
3.4 Valg af empiri (Helle).....	29
3.4.1 Overvejelser omkring empiri (Helle).....	29
3.4.2 Empiri - før under og efter (Helle)	30
4 Teori	33
4.1 Kreativitet og innovation (Helle)	33
4.1.1 Kreativitet, Innovation og FIRE-Design (Tom).....	37
4.2 Læring i Makerspace (Helle).....	39
4.2.1 Læring med sanserne i spil (Helle).....	40
4.2.2 Fra novice til ekspert (Tom).....	41
4.2.3 Legende læring (Helle).....	44
4.3 Kreativ og innovativ undervisning i makerspace (Helle).....	47
4.4 Didaktisk design - Kreative processer og digitale teknologier (Tom).....	48
5 I Praksis - hvad der så skete	52
5.1.1 Før opstart af specialiseringsmodulet (Tom).....	52
5.1.2 Undervisningen i specialiseringsmodulet (Tom).....	53
5.1.2.1 Konstruktion og Gentagelse	53
5.1.2.2 Visuelle budskaber	54
5.1.3 Efter specialiseringsmodulet (Tom).....	54

6	Empiri.....	55
6.1	Indsamling af empiri (Helle)	55
6.2	Empiriske opdagelser	55
6.2.1	Interview af undervisere på læreruddannelsen, som ikke deltog i vores case (Tom)	55
6.2.1.1	Kreativitet og innovation	56
6.2.1.2	Digitale fabrikationsteknologier	57
6.2.1.3	Teknologiforståelse	58
6.2.2	Logbog over specialiseringsmodulet (Helle)	58
6.2.3	De studerendes DPO-opgaver(Helle).....	61
6.2.4	DPO - opgave - Konstruktion og gentagelse (Helle).....	61
6.2.4.1	Den kreative proces	61
6.2.4.2	Eksperimenterende og legende tilgang	62
6.2.4.3	Prototypearbejde	63
6.2.4.4	Færdigheder - maskine og program på computeren	64
6.2.4.5	Frustration	65
6.2.5	Visuelle budskaber (Helle)	66
6.2.5.1	Visuelle budskaber om COVID-19	66
6.2.5.2	Læring på afstand er svært	67
6.2.5.3	Forskellige tilgange til at lære	67
6.2.6	Fokusgruppeinterviews (Tom)	68
6.2.6.1	Introduktion	69
6.2.6.2	Hvordan tog arbejdet med teknologierne form (forløbet med lasercutter)	69
6.2.6.2.1	Interview 1:	69
6.2.6.2.2	Interview 2:	70
6.2.6.2.3	Interview 3:	71
6.2.6.3	Delkonklusion:.....	71
6.2.6.4	Hvordan påvirkes den kreative og innovative proces af arbejdet med teknologien?.....	71
6.2.6.4.1	Interview 1:	71
6.2.6.4.2	Interview 2:	72
6.2.6.4.3	Interview 3:	72
6.2.6.4.4	Delkonklusion:.....	73
6.2.6.5	Arbejdet med digitale teknologier - Scratch	73
6.2.6.5.1	Interview 1:	73
6.2.6.5.2	Interview 2:	73
6.2.6.5.3	Interview 3:	74
6.2.6.5.4	Delkonklusion:.....	74
6.2.6.6	Digitale fabrikationsteknologier i dit fag.....	74
6.2.6.6.1	Interview 1:	74
6.2.6.6.2	Interview 2:	75
6.2.6.6.3	Interview 3:	75
6.2.6.6.4	Delkonklusion:.....	75
6.2.6.7	Andet.....	76
6.2.6.7.1	Interview 1:	76
6.2.6.7.2	Interview 2:	76
6.2.6.7.3	Interview 3:	76
6.2.6.7.4	Delkonklusion:.....	76
6.2.7	Interview med underviser i undersøgelsen (Helle).....	76
6.2.7.1	Introduktion	77

6.2.7.2	Konstruktion og gentagelse - et forløb med lasercutter	77
6.2.7.3	Visuelle budskaber - virtuelt forløb med Scratch	78
6.2.7.4	Innovation og Kreativitet	79
6.2.7.5	Digitale fabrikationsteknologier	80
6.2.7.6	Teknologiforståelse	80
7	Analyse	81
7.1	<i>Strategi for analyse af empiri (Tom)</i>	81
7.2	<i>Analyse af tilegnelse af færdigheder (Tom)</i>	82
7.2.1	I gang med Inkscape (Tom)	82
7.2.2	Digital design og lasercut - en todelt arbejdsproces (Helle)	85
7.2.3	Forsinkelse mellem computer og fysisk produkt (Tom)	86
7.2.4	Delkonklusion (Fælles)	87
7.3	<i>Analyse af arbejdet med kreativitet og innovation (Helle)</i>	87
7.3.1	Designmodellen FIRE-Design i arbejdet med Massens Ornament (Helle)	88
7.3.1.1	Studerende 9	88
7.3.1.2	Studerende 13	89
7.3.1.3	Studerende 18	90
7.3.2	Refleksioner over arbejdet med FIRE-design (Helle)	91
7.3.3	Tegn på kreativitet - faglig viden eller ej (Tom)	92
7.3.4	Værktøjer og materialer som medspillere og modspillere (Tom)	94
7.3.5	Flere indgange til den skabende proces (Helle)	95
7.3.6	Værdien af det sociale i den kreative proces (Tom)	96
7.3.7	Delkonklusion (Fælles)	96
7.4	<i>Analyse af det didaktiske design (Helle)</i>	96
7.4.1	Modusmodellen (Tom)	97
7.4.2	Konstruktion og gentagelse progression (Tom)	98
7.4.3	Arbejde med prototyper - et didaktisk greb (Tom)	99
7.4.4	Leg og eksperimenter (Helle)	100
7.4.5	Ventetid - en barriere (Helle)	101
7.4.6	Delkonklusion (Fælles)	102
7.5	<i>Analyse af virtuelt forløb om Visuelle budskaber (Helle)</i>	102
7.5.1	Forskelle og ligheder (Tom)	103
7.5.2	Kreativitet og innovation (Helle)	103
7.5.3	Frustrationer (Tom)	104
7.5.4	Sharism (Helle)	104
7.5.5	Delkonklusion (Fælles)	104
8	Metodediskussion (Fælles)	105
9	Konklusion (Fælles)	107
10	Perspektivering (Fælles)	110
11	Litteratur (Fælles)	111

12	Oversigt over bilag	114
----	---------------------------	-----

Creativity and Innovation in Makerspace

- Digital manufacturing technologies in 'visual arts' and 'crafts and design'

This Design-Based Research (DBR study) within teacher education deals with a study of creativity and innovation in Makerspace in the field of the arts and crafts and design. The study is a case study based on a specialization module of teacher education called "Creative and innovative design processes".

The focal point was a study of a learning design that has been targeted over several iterations to promote creative and innovative processes with the laser cutter.

Previous research within this DBR has shown that digital manufacturing technologies take time to learn, time to use in teaching and that it is difficult to avoid the technologies being perceived as limiting and controlling the creative and innovative processes. Based on the results, the following guidelines were envisaged in the design: to lower the difficulty of the digital design tools, and to allow time for participants to acquire skills in designing with the technologies. Both were intended to investigate the extent to which it would open up creative and innovative work processes.

The results of the study showed that in order to work creatively and innovatively with the technologies in the makerspace, it requires participants to have the skills to work with the tools to a degree so that they can express themselves using them. The study also showed that the technologies are often perceived as controlling and limiting the creative process, especially at the beginning of the process.

Kreativitet og innovation i makerspace

- Digitale fabrikationsteknologier i billedkunst og håndværk og design

Denne Design Based Research (DBR) undersøgelse omhandler en undersøgelse af kreativitet og innovation i Makerspace på læreruddannelsen inden for området omkring fagene billedkunst og håndværk og design. Undersøgelsen er et casestudie med afsæt i et specialiseringsmodul på læreruddannelsen med navnet Kreative og innovative designprocesser.

Omdrejningspunktet var en undersøgelse af et læringsdesign, som igennem flere iterationer er blevet målrettet for at fremme kreative og innovative processer med arbejde med anvendelse af lasercutter.

Tidligere undersøgelser inden for denne DBR har vist, at de digitale fabrikationsteknologier tager tid at lære at bruge i undervisningen, og at det er vanskeligt at undgå at teknologierne kommer til at opleves som begrænsende og styrende for de kreative og innovative processer. På baggrund af de resultater blev følgende guidelines indtænkt i designet: at sænke sværhedsgraden på de digitale designværktøjer, og at give tid til at deltagerne tilegnede sig færdigheder i at designe med teknologierne. Begge dele var med det formål at undersøge, i hvilken grad det ville åbne op for at kreative og innovative arbejdsprocesser udviklede sig.

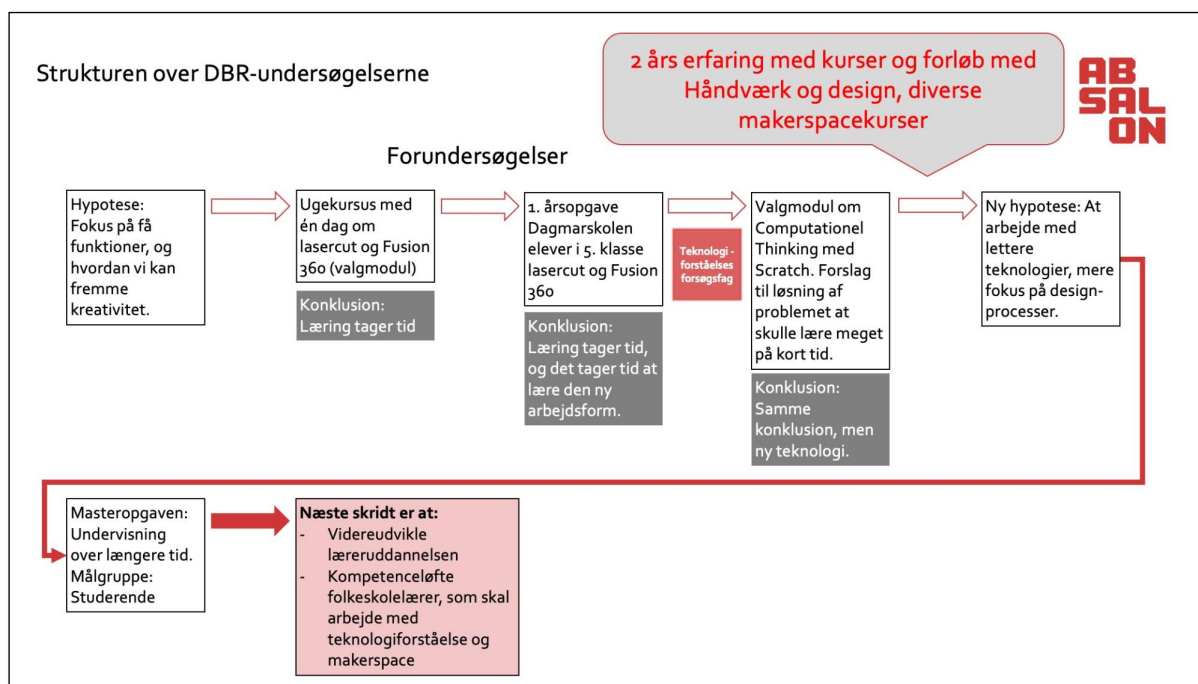
Undersøgelsens resultater viste, at for at arbejde kreativt og innovativt med teknologierne i makerspace, så kræver det at deltagerne har oplevet at besidde færdigheder i at arbejde med værktøjerne i en grad, så de formår at udtrykke sig ved hjælp af dem. Undersøgelsen viste også, at teknologierne ofte opleves som styrende og begrænsende for den skabende proces særligt i begyndelsen af processen.

1 Indledning

Baggrunden for denne opgave udspringer af vores undersøgelser af undervisning i og med makerspace de seneste fem år. Denne opgave står på mange måder på skuldrene af det arbejde, vi har lavet både i vores professionelle virke, men også på vores masteruddannelse, som vi nu vil vise.

Vores rejse med makerspace startede ud med, at vi i Center for Undervisningsmidler, Absalon (CFU Absalon), begyndte at udlåne makerteknologier som lasercuttere, og 3D printere til skoler og i den forbindelse afholde kurser i samme. Ret hurtigt udviklede det sig til en indsats, hvor CFU Absalon udviklede konceptet MakerSpace On Wheels (www.makerspaceonwheels.dk), der stadig i dag er seks udekørende makerspaces til skolerne i vores region. Med dette koncept begyndte lavinen hurtigt at rulle, og der kom stor fokus på dette unikke koncept både i regionen og på nationalt plan. Vi opnåede på kort tid store mængder erfaringer fra kurser med både elever og lærere. I begyndelsen var teknologierne i sig selv fascinerende at sætte sig ind i, men ret hurtigt begyndte at opstå refleksioner over, hvordan man bedst implementerede teknologier, som egentligt er udviklet til en industriel kontekst ind i en folkeskolekontekst. Et makerspace er et hybridt undervisningslokale, hvor digitale fabrikationsteknologier kan inddrages. Der er særlig opmærksomhed på designprocesser og fabrikation, det vil vi i et senere afsnit uddybe nærmere.

Vores oplevelser fra kurser og tilbagemeldinger fra skoler, der havde lånt udstyret, gjorde os nysgerrige på at vide mere, idet vi kunne se mange didaktiske og praktiske udfordringer i arbejdet med teknologierne. Vores undersøgelser på Master for IKT og læring tog derfor hurtigt en drejning i retning af at lave undersøgelser inden for dette område. Undersøgelserne tog sit afsæt i frustrationen over, hvor vanskelige flere af teknologierne var at lære. Hvordan kom vi videre fra 3D printede nøgleringe til at få det tænkt meningsfuldt ind i en didaktisk ramme og i fag? Her har vores fokus særligt været fagene billedkunst, håndværk og design.



Figur 1 Vores undersøgelser på MIL er vist i modellen herover.

Vores **første undersøgelse** (se Figur 1) omhandlede udviklingen af et didaktisk design til tilegnelse af grundlæggende viden om og færdigheder i anvendelsen af én makerteknologi, hvor udfordringen var en snæver tidsramme på én dags kursus; eksemplificeret i et forløb omkring produktion med digital modellering i CAD-værktøjet, Fusion 360 og lasercutter. Udfordringen bestod i at stilladsere undervisningen på en måde, så målgruppen (lærerne) nåede frem til selv at kunne udvikle et didaktisk design, som de kunne arbejde videre med i deres egen pædagogiske praksis. Konklusionen blev, at det var en for ambitiøs plan. På trods af at det kun var én teknologi, så var der alt for meget at skulle lære til én dags kursus. Læring tager tid.

Denne konklusion afstedkom en **anden undersøgelse** med vores førsteårsopgave, hvor målgruppen var en gruppe elever i 5. klasse i faget HD. I en periode på 5 - 6 uger samarbejdede vi med klassens underviser om at lære eleverne at designe til laser-cutteren i værktøjet Fusion 360 med forhåbning om til slut at se, at eleverne blev i stand til at designe mere frit og kreativt med teknologien. Fokus var igen det didaktiske design. Her arbejdedes bevidst ud fra Dreyfus brødrenes taksonomi i færdighedstiltegnelsen (Dreyfus & Dreyfus, 1999) og Jerome Bruners tanker i forhold til stilladsering (Wood, Bruner, & Ross, 1976) med henblik på, at eleverne skulle udvikle sig til kreative didaktiske designere. Kreativitetsforståelsen var her med afsæt i Margaret Bodens tredeling: kombinatorisk, udforskende og transformativ kreativitet (Boden, 2003, p. 3 to 6). Målet i undersøgelsen var at se tegn på de første to typer kreativitet. Konklusionen blev, at de færdighedsorienterede øvelser fungerede, mens skiftet over til at arbejde kreativt med teknologien var vanskelig for eleverne. Årsagen hertil skulle dels findes i elevgruppen, og den måde de sædvanligvis blev undervist, men også i manglende tid til at blive fortrolige med en teknologi, som vi erfarede var for vanskelig for eleverne, til at de selvstændigt kunne nå til at arbejde kreativt ud af opgaverne. Men undersøgelsen forstærkede vores ønske om at arbejde os tættere på, hvordan man arbejder kreativt med teknologi.

Sideløbende med vores undersøgelser af makerspace, har det nye forsøgsfag, teknologiforståelse, sat arbejdet med digitale fabrikationsteknologier yderligere i fokus i skoledebatten. Det er nye kompetencer, som lærere skal til at se som en del af deres profession (Iversen, Dindler, & Smith, 2019). På mange måder er det med til at skabe en tydeligere begrundelse for, hvorfor folkeskolen skal arbejde med de digitale fabrikationsteknologier, som er i et makerspace.

Den **tredje undersøgelse** tog udgangspunkt i et valgmodul om Computational Thinking. Undersøgelsen bestod af en forundersøgelse med værktøjet AppLab og papirprototyper, dels en egentlig undersøgelse omhandlende blokprogrammeringsværktøjet Scratch. Målgruppen var studerende og undervisere på læreruddannelsen (Herefter LU). Undersøgelsen handlede igen om muligheden for at stilladsere tilegnelsen af værktøjet via *tinkering* og *stepwise improvement* (Caspersen, 2007); endnu engang med formålet at stilladsere og reducere færdighedstiltegnelsen, så deltagerne kunne begynde at arbejde kreativt og eksplorativt. Trods ny målgrupper og nye udtryksformer blev konklusionen endnu engang, at processen med tilegnelsen af færdigheder ikke kunne forceres. Det tager tid at lære at anvende et værktøj i en grad, så man kan arbejde kreativt med det.

Vi er ofte blevet begrænset af mangel på tid til at kunne følge en gruppe i en længere periode for at undersøge, hvordan de på den lange bane kunne arbejde med teknologierne for at blive fortrolige med dem. I vores undersøgelser har vi flere gange måttet sande, at kompleksiteten i de digitale værktøjer betød, at de tog tid at sætte sig ind i. Trods flere forsøg på at kompleksitetsreducere gennem stilladsering, oplevede vi ikke rigtigt det gennembrud, vi håbede på. Qua at vi som pædagogiske konsulenter kun har deltagere på vores kurser i kort tid, ofte kun få timer, så har vores tilgang til undervisning været præget af årevis af stram didaktisering med det formål, at deltagerne når længst muligt på kortest mulig tid. Vi har afprøvet flere forskellige modeller, hvor vi har skruet op og ned på instruktionsdelen. Men vi har også i forløbet måttet indse, at der er grænser for, hvor meget man kan skrue på tid og stilladsering som et didaktisk parameter. Vi oplevede at være frustreret over altid at skulle bruge tiden på, at deltagerne tilegnede sig tekniske færdigheder, og vi reelt aldrig nåede til hvordan der kunne arbejdes kreativt med teknologierne, hvor teknologierne ikke blev styrende i arbejdsprocessen.

1.1 Problemfelt og forskningsspørgsmål

Vores oplevelser fra de tidligere undersøgelser, hvor teknologien let bliver en styrende faktor i undervisningen, har vakt vores bekymring i forhold til, om det i for høj grad bliver på bekostning af fagenes identitet. Hvordan får vi teknologien og fagenes egenart til at spille positivt sammen, så de komplementerer og udfordrer hinanden? Disse overvejelser har ført til, at vi er blevet nysgerrige på at undersøge, hvorledes feltet omkring makerspace kan indgå i de praktisk æstetiske fag i folkeskolen på en måde, så det bliver på fagenes præmisser dvs. indtænker det æstetiske, spekulative og håndværket sammen med arbejdet med teknologierne.

De mange digitale teknologier og værktøjer, som anvendes i makerspace, er udviklet i en industriel sammenhæng, og de er ikke didaktiseret ind i en folkeskolekontekst. På trods af, at vi har arbejdet med disse teknologier i flere år, er vi ikke blinde for, at der er udfordringer. Vi er klar over, at der i arbejdet med de digitale fabrikationsteknologier potentielt kan ligge en ureflekteret fascination af teknologierne og private firmaers jagt på nye markeder at sælge deres maskiner til.

Gennem vores undersøgelser erfarede vi, at de digitale fabrikationsteknologier tager lang tid at lære at bruge. Det er en tid, som særligt lærerne ikke har i deres forberedelse. Så hvis teknologierne ikke skal ende med at stå og støve til på skolerne, så må der findes en vej til at arbejde med teknologierne på en måde, som dels sikrer, at teknologien får den fokus i undervisningen, som den kræver, men ikke så megen fokus, at den ikke levner plads til det egentlige formål: at gøre elever kreativt skabende med teknologi. Vi nåede derfor frem til, at vi måtte finde digitale værktøjer, der var lettere at anvende for at give plads til de kreative processer i undervisningen på trods af, at vi så måtte gå på kompromis med, hvad værktøjerne kan. Ud fra det nåede vi frem til følgende guideline:

- Reduktion af sværhedsgraden er nødvendig, så teknologien ikke bliver styrende, og der kan åbnes op for kreative og innovative processer.

I samme erkendelse nåede vi også frem til, at det ikke var nok at reducere i værktøjernes sværhedsgrad, men at der samtidigt skal skabes tid til, at deltagerne undersøger og fordyber sig i værktøjet; at det ligefrem kan være heraf de kreative og innovative processer udspringer. Så i stedet for at se færdighedstilegnelsen som et nødvendigt onde, man skal gennem for at nå til den kreative proces, så i stedet at se det som en vigtig del af vejen, som ikke bør forceres. Det fører til vores anden guideline:

- At give tid til at lære at anvende de digitale fabrikationsteknologier.

Tilegnelsen af nye færdigheder er en væsentlig del af læreprocessen, som til tider er vanskelig grundet modstand fra værktøj og materialer. Men den viden og de erfaringer, som opnås i denne proces, er netop det som kreativiteten og innovationen kan bygges på.

1.2 Problemformulering

Derfor blev vi klar over at:

- Vi skal ikke være bange for at bruge tid på færdighedstilegnelse, men lade kreativiteten udspringe herfra. Færdighedstilegnelsen er ikke dekontekstualiseret fra den kreative og innovative proces, men en del af den.

På den baggrund rejser vi følgende overordnede spørgsmål:

- Hvordan kan undervisning med makerteknologier bidrage til udviklingen af kreative og innovative processer?
- Hvordan kan man arbejde med, at teknologierne i den sammenhæng bliver positive medspillere i de kreative og innovative processer og ikke den styrende faktor?

For at kunne besvare disse overordnede spørgsmål spørger vi:

- Hvordan påvirkes den kreative og innovative proces af arbejdet med digitale fabrikationsteknologier?
- Kan vi se tegn på, at de studerende er i stand til at arbejde kreativt og innovativt med teknologierne?

2 Makerspace

2.1 Makerspace i dansk skolekontekst

Hovedfokus for denne opgave er, hvordan der kan arbejdes med makerspace i fagene billedkunst og HD. Vi vil starte ud kort med at redegøre for, hvad et makerspace er set ud fra en dansk skolekontekst for efterfølgende at sætte det ind i en kontekst omkring fagene billedkunst og HD.

Vores case finder sted på et specialiseringsmodul på læreruddannelsen (herefter LU). De studerende skal efterfølgende ud og undervise i folkeskolen i ét eller begge fag. Dermed har vi gennem hele vores opgave et dobbeltdidaktisk blik på fagene, og løbende bliver drøftelser omkring teknologiens betydning i forhold til fagene diskuteret. Ud fra det perspektiv vil vi nu kort skitsere de to fag, og hvordan de kan tænkes i forhold til arbejdet med makerspace, hvor teknologiforståelse er den setting eller ramme, hvor makerspace bliver meningsfuld at tænke det ind i.

2.1.1 Makerspace

Makerspace, hackerspace eller FabLab er blot nogle af de forskellige navne, som alle dækker over et sted, hvor mennesker mødes og arbejder med håndværk og teknologi. Makerspace navnet tilskrives ofte Magasinet MAKE, som er et tidsskrift, der omhandler trin for trin vejledninger i elektronik, robotter, træarbejder med videre. De har også været med til at organisere de første Maker Faires, som nu bliver afholdt verden over. Til at begynde med var det bare hobbyentusiaster der mødtes, men hurtigt samledes disse mennesker i værksteder, hvor de sammen kunne få adgang til maskiner, værktøj og hjælp fra andre Makere. Et eksempel på et af de ældste makerspaces i USA er Artisan's Asylum i Boston (<https://artisansasylum.com/>)

I Danmark var det først efter år 2010, at opmærksomheden på makerspaces rigtigt begyndte at vinde indpas i Danmark. Det var på det tidspunkt, at FabLab, Orange Makers og andre makerspaces begyndte deres arbejde. Særligt FabLab eller Fablab@schols har, med Professor Ole Sejer Iversens engagement i projektet, været med til at sætte spotlight på projekterne. FabLab og personerne omkring projekter har været med til at udvikle 'Designcirklen', som er en vigtig del af Fablab-skolernes arbejdsmetode. (Hjorth, Christensen, Iversen, & Smith, 2017)

Vi har gennem vores flerårige arbejde med makerspacetanken af flere omgange defineret, hvad et makerspace er. Definitionen er i sin grundidé den samme, men vi har flere gange ladet os inspirere af andres arbejder og har inddraget og forfinet deres ideer ind i vores egen definition. For eksempel skrev vi denne definition i vores 1. års-opgave i 2018:

Vi definerer et makerspace som et kollaborativt rum eller lokale, hvor fokus er på at skabe, lære, udforske og dele - med eller uden teknologi. Denne forståelse bygger, vi på Standfords FabLearn Labs definition. (<https://tltl.stanford.edu/about/fablearnlabs>) (Stub & Melin, 2018)

Men i en skolesammenhæng holder denne definition ikke helt, da makerspace i sin grundtanke bygger på frihed til at deltage eller ikke. Den mulighed har studerende ikke, og heller ikke elever i folkeskolen.

I en dansk kontekst definerer vi derfor et makerspace som Caspersen (Caspersen, Iversen, Nielsen, Hjorth, & Musaeus, 2018). Deres version er en videreudvikling og oversættelse af Hjorth, Smith, Loi, Iversen, & Christensens (Hjorth, Smith, Loi, Iversen, & Christensen, 2016) oprindelige engelske definition.

”Et hybrid læringslaboratorie, der kombinerer digital fabrikation, designtænkning, kollaborativ idegenerering og skabelse i løsningen af komplekse samfundsmæssige udfordringer. En indsats rettet mod ’design dannelse’ i curriculum-båret uddannelse”. (Caspersen et al., 2018, p. 27)

Digital fabrikation er en produktionsproces, hvor en computer styrer en maskine. Fx 3D printere, lasercutter og folieskærer.

Efter denne definition af makerspace vil vi nu forklare, hvordan billedkunst og HD kan sammentænkes med teknologiforståelse og makerspace.

Mange af de arbejdsmåder og tanker, som arbejdet i makerspace lægger op til er allerede indtænkt og praktiseres i de to fag (billedkunst og HD). For eksempel er både designtænkning og innovation begge integrerede begreber i HD-faget, hvorimod arbejdet med digital fremstilling er mere indtænkt i billedkunstfaget. Der er derfor en hel række fordele ved at bygge videre på de allerede kendte måder og trække dem med over i makerspaces.

2.1.2 Teknologiforståelse

Netop nu undersøges teknologiforståelsesfaget ude i folkeskolen både som selvstændigt fag og i eksisterende fag. Vores undersøgelse har sit afsæt i to af de fag, som er en del af dette forsøg, og hvor tænkningen fra makerspace om at være skabende og påhittesom bor rigtig godt. Det nye forsøgsfag med teknologiforståelse er den ramme, som vi med vores projekt taler ind i. Vi vil nu redegøre for, hvad forsøgsfaget, teknologiforståelse, overordnet set handler om, og hvorledes det er i gang med at påvirke LU. Til slut vil vi redegøre for, hvorfor og hvordan teknologiforståelsen bliver begrundelsen for, at der landet over oprettes makerspace på skolerne.

Begrundelsen for at teknologiforståelse skal ind i den danske folkeskole skal findes i, at digitale teknologier har ændret vilkårene for folkeskolens uddannelsesopgave. Når der i folkeskolens formål står, at skolen skal forberede eleverne til et fremtidigt arbejdsmarked og danne til at blive åndsfrie, myndige medborgere i et demokratisk samfund, så er teknologiforståelsesfaget et forsøg på at gøre op med den problematik, at samfundet har ændret sig grundlæggende, og derfor må folkeskolen også ændre sig for at kunne leve op til dets formål både uddannelses og dannelsesmæssigt. Teknologiforståelse er dermed blevet en vigtig del af skolens dannelsesopgave sådan forstået, at det er vigtigt, at børn og unge udvikler stærke teknologiske og håndværksmæssige kompetencer, så at de kan tage aktivt del i og bidrage til at forme vores samfund. (Hjorth, 2019)

Undervisningsministeriet skrev i handleplanen for teknologi i undervisningen i 2018: "Danske børn og unge skal kunne skabe kreativt med digital teknologi og ikke blot være brugere af den". (UVM, n.d.)

Ud fra det perspektiv kan arbejdet med makerspace som en del af teknologiforståelsesfaget blive en del af svaret.

Teknologiforståelse er opdelt i fire kompetenceområder: digital myndiggørelse, digital design og designprocesser, computationel tankegang og teknologisk handleevne.

Digital myndiggørelse handler om kompetencen til at træffe kvalificerede og selvstændige valg i forhold til teknologi for at kunne forstå og gennemskue digitale artefakter og deres sammenhæng i en større samfundsmæssig sammenhæng.

Digital design og designprocesser omhandler tilrettelæggelse og gennemførelse af en iterativ designproces, hvor eleven tager hensyn til den fremtidige brug af artefakten.

Computationel tankegang er de kompetencer, som skal til for at bearbejde et problem, så det kan behandles effektivt af en computer. Computationel tankegang handler om at kunne analysere, modellere og strukturere data og dataprocesser.

Teknologisk handleevne omhandler kompetence til at kunne forstå muligheder og begrænsninger ved digitale teknologier, samt at kunne beherske den sproglighed, som faget indeholder. Teknologisk handleevne omhandler mestring af computersystemer, digitale teknologier og tilhørende sprog, samt programmering. (EMU, n.d.-b)

Tilsammen dækker områderne de nye uddannelses- og dannelseskrav, som man mener elever får brug for i nutidens og fremtidens samfund. Ole Sejer Iversen forklarer:

“(...)teknologiforståelse som børn og unges evne til at medskabe den fremtid, der opstår gennem design af digitale teknologier. Det indbefatter en kritisk og nysgerrig stillingtagen til teknologien og en evne til at forstå den effekt, som digital teknologi har på børnene selv og på samfundet”
(Iversen et al., 2019, p. 10).

I vores opgave er fokus den kreative og skabende læreproces. I disse processer ses også tilegnelsen af teknologiforståelsesfagets fagtermer og principper herunder forståelse for at: *”kunne analysere, designe, konstruere, modificere og evaluere digitale artefakter til erkendelse og løsning af komplekse problemer.”* (EMU, n.d.-a). Faget har derudover et dannelsesperspektiv, hvor eleven skal opnå kompetence til at forstå omverdenens brug af de teknologier og artefakter, som frembringes ved hjælp af teknologi og disse implikationer heraf. Faget handler altså ikke blot om digitalt at kunne designe og fabrikere ting, men handler i høj grad også om, at eleven udvikler en teknologisk handleevne til at kunne forholde sig kritisk til problemstillinger.

I vores projekt hvor udgangspunktet er makerspace i billedkunst og HD, vil fokus hovedsageligt blive på delen af teknologiforståelse omhandlende kompetenceområdet om digital design og designprocesser. Men vi vil sekundært også komme til at forholde os til de andre kompetenceområder, da disse tilsammen er med til at tegne fagets formål. Hvordan tænkningen bag makerspace spiller sammen med de to undersøgte fag, vil vi nu vise.

HD - faget er stadig et meget nyt fag, som blev gjort obligatorisk 1. august 2016. (Retsinformation, n.d.) Faget er en sammensmeltning af fagene håndarbejde og sløjd, men derudover kommer også arbejdet med innovation og designprocesser, som gennemsyrrer faget. Faget spiller godt sammen med makerspace og den tænkning, som ligger bag, idet det dels bygger på design, håndværk og arbejder med innovative processer. Det er derfor et fag, hvor det helt naturligt giver god mening at arbejde med de arbejdsmetoder, som findes i forhold til at designe med teknologi. På den måde ser vi arbejdet med makerspace i faget som et muligt næste skridt i udviklingen af faget til også at indbefatte den digitale del, hvor det ellers er oplevet som meget analogt.

Billedkunstfaget er et ældre fag, som har eksisteret i den danske folkeskole op gennem tiden under forskellige navne. Faget fik sit nuværende navn, billedkunst, i 1991. (Undervisningsministeriet, 1991) Hvor HD-faget i Fælles Mål er tænkt meget analogt, så er det digitale i højere grad tænkt ind i billedkunst. I 2000'erne tog faget en drejning, så fokus nu kom til at omhandle den visuelle kultur. Det betyder, at faget inkluderer alle typer billeder og billedformer, som indgår i vores visuelle kultur og omverden (Arvedsen & Mathiesen, 2018), hvilket også inkluderer arbejdet med digitale billeder som computerspil, emojis, GIFs osv. I Fælles Mål er arbejdet med digitale billeder desuden beskrevet som en obligatorisk udtryksform, eleverne skal arbejde med. Billedkunstfaget er på samme måde som HD en del af forsøgsfaget om teknologiforståelse. Arbejdet med makerspace kan være med til at fremtidssikre begge fag ved at åbne op for nye muligheder og gøre, at fagene er med til at understøtte det danskesmæssige perspektiv i folkeskolen ind i en teknologisk tidsalder.

Det er endnu usikkert, hvad der kommer til at ske med forsøgsfaget om teknologiforståelse efter forsøgsperioden er afsluttet. Arbejdet med digitale teknologier i fag bliver dog nødvendigt, hvis folkeskolen skal leve op til sit formål. Vores undersøgelse om makerspace taler netop ind i den kontekst, hvor vi er nysgerrige på, hvordan det kan gribes an, så det kommer til at give mening for de mennesker, som er en del af det. At de kan se det nye gribe meningsfuldt ind i det, som er fagenes kerne. Her bliver LU en vigtig aktør i processen, da de er et væsentligt led i den fødekæde, som leverer nye tanker ind i folkeskolen, og som har muligheden for at gøre mere og andet end det vi plejer.

3 Metode

3.1 Vores videnskabsteoretiske ståsted

Formålet med dette afsnit er at forklare, ud fra hvilket videnskabeligt ståsted vi som forskere i dette projekt anskuer verden, for dermed at kunne begrunde og forklare vores valg gennem denne undersøgelse og forklare gennem, hvilke briller vi tolker på de resultater, som vi kommer frem til.

Vi ser verden som et sted, hvor det er en grundlæggende del af det at være menneske konstant at finde på, udvikle, forbedre og skabe. Nogle gange med det formål, at løse konkrete problemer i dagligdagen eller i verden mens andre gange med det formål at kommunikere tanker, visioner og idéer om os selv og den måde, vi forstår verden på. Vi forstår altså mennesket som grundlæggende skabende, opfindsomt og kommunikerende.

Omdrejningspunktet for denne opgave er at komme tættere på at forstå, hvordan kreative og innovative processer foregår, og hvordan man bedst muligt kan tilrettelægge undervisning, som faciliterer disse processer. Ingen ved præcist, hvor en god idé kommer fra, hvad kreativitet er, og hvad det vil sige at være opfindsom. Hvad gør at nogle idéer aldrig bliver mere end en idé, mens andre vælger man at forfølge og arbejde videre med? De kreative og innovative processer er i høj grad tavs viden. Som Polanyi siger: *"We can know more than we can tell"* (Polanyi, 2009, p. 4). Det er i høj grad gældende for de kreative og innovative processer. Men selv om de kan være vanskelige at verbalisere, så kan de dog ekspliciteres. Vi kan se tegn på, at de finder sted både gennem produkterne, men også på de måder vi kan se processerne finder sted. De tegn og indikationer må vi tolke på for at komme til en forståelse af, hvad der foregår. Dermed lægger vi os op af en hermeneutisk tilgang, hvor vi fortolker på det, vi erfarer. Med vores hermeneutiske syn søger vi at forstå handlinger i den kontekst, som de udspiller sig (Andreasen et al., 2017).

Ordet hermeneutik kommer af græsk og betyder fortolkning (Juul & Bransholm Pedersen, 2012). Hermeneutikken tager udgangspunkt i en ontologi, som opfatter den sociale virkelighed som grundlæggende forskellig fra naturen, og erkendelsen af den sociale verden sker gennem fortolkning. I og med at den menneskelige verden er af en anden art end den natur, som studeres i naturvidenskaberne, så må studiet af menneske og samfund også være anderledes. I hermeneutikken er den centrale opgave derfor en fortolkende forståelse af den mening, som er skjult i menneskelige livsytringer, og det kræver indsigt i, hvilken kontekst disse ytringer forekommer i (Juul & Bransholm Pedersen, 2012).

Det er et grundvilkår, som vi som undersøgere er bevidste om både i vores analyse, men også i forhold til, at vi selv påvirkes af dette. Vi kommer selv som undersøgere med en forhåndsviden og en forståelse, som vi ikke kan komme udenom, og som vi er bevidste om spiller ind i vores undersøgelse. Vores erfaring med makerspace og undersøgelser gennem de seneste år spiller aktivt ind i vores projekt. Vi er altså selv en del af den hermeneutiske cirkel. I tråd med en hermeneutisk tilgang fortolker vi løbende på vores empiri og vælger ud, hvad der skal med. I denne proces er det vigtigt konstant at være selvrefleksiv i vores valg og fravalg.

I hermeneutikken er målet altså at nå frem til en kohærent forståelse af deltagernes meninger og holdninger til det, de har erfaret. Derfor er vi bevidste om, at det ikke er muligt at opnå fuldstændig sikker viden om det vi undersøger, men i arbejdet med den sociale virkelighed, er det et grundvilkår. Dermed være dog ikke sagt at alle sandheder er lige rigtige. Det er vigtigt i en hermeneutisk tilgang at nå frem til logiske resultater, der er sammenhængende og konsistente i forhold til det, vi i øvrigt ved.

Vores hermeneutiske forståelse har også konsekvenser for den metode, som vi vælger i vores projekt. For at kunne forstå de processer, som finder sted læringsrummet omkring arbejde med digitale teknologier, må vi komme tæt på deltagerne og den kontekst, læringen udspiller sig i. Derfor vælges et tæt samspil med den pædagogiske praksis og de aktører, som er en del af denne praksis. Vores tilgang er dermed intervenierende og vægter, at de aktører, som er en del af undersøgelsen, bliver aktive medspillere i projektet. I gruppen af tilgange finder vi også Design Based Research metoden, som har en bred forskningsmæssig tilgang, men som i høj grad også er præget af hermeneutikken (Christensen, Gynther, & Petersen, 2012).

3.2 Vores metodiske tilgang

Baggrunden for vores valg af Design Based Research (herefter DBR) metoden handler om, at vi med den får en mulighed for at undersøge vores hypoteser omkring arbejde med makerteknologier i de settings, som de forekommer og vha. gentagne iterationer at udvikle og forfine vores design med henblik på at opnå en yderligere forståelse og viden på området.

Nedenfor vil vi kort redegøre for hovedtrækkene ved metoden for derefter at forklare, hvordan vi arbejder med den i vores undersøgelse.

DBR-metoden blev udviklet for at kunne nå længere end laboratorieundersøgelser kunne. Med metoden kan vi komme tættere på den ofte viltre proces en undervisning med teknologi i virkeligheden er. Metoden anvendes bredt til at undersøge læring i de kontekster, de finder sted (Amiel & Reeves, 2008; Christensen et al., 2012; Cobb, Confrey, diSessa, Lehrer, & Schauble, 2003).

DBR-metoden arbejder ud fra en bred forskningstilgang udviklet af Ann Brown og Allan Collins. DBR er kendt under andre navne fx Educational Based Research (Collins, 1992; McKenney & Reeves, 2014), design experiments (Brown, 1992) eller bare design research (Collins, Joseph, & Bielaczyc, 2004). På det overordnede plan arbejder de alle tre med samme tilgang; de er forskningsbaserede og arbejder med undersøgelser gennem iterative designs. Reeves og McKenney forklarer metoden med disse ord: *“Educational design research is a genre of research in which the iterative development of solutions to complex educational problems provides the setting for scientific inquiry.”* (McKenney & Reeves, 2014, p. 4)

Metoden åbner med det iterative i designet altså op for muligheden af en mere systematisk måde at reflektere på ens design, elaborere på det og udvikle en ny version, som derefter igen afprøves.

Overordnet set findes ikke én særlig metode til at foretage en DBR-undersøgelse, dog vil der være særlige elementer, som ofte indgår, der kan karakteriseres på nedenstående måde:

- *DBR er intervenserende i praksis*
- *DBR består af iterative processer i form af designafprøvning, evaluering, analyse og forbedring*
- *DBR er kollaborativ*
- *DBR er teoriorienteret*
- *DBR er pragmatisk og anvendelsesorienteret*
(Christensen et al., 2012, p. 3).

Det metoden kan kritiseres for er, at vi i designet både er forskere og deltagere, så vi har en kraftig bias, som vi undervejs skal være opmærksomme på. Metoden kritiseres desuden for, hvor meget generalisering vi kan konkludere ud fra det, vi undersøger, fordi vores målgruppe er meget snæver. Vores eksperimenter handler netop ikke om at finde frem til den gyldne gral for, hvordan et didaktisk design skal se ud i alle makerspaces, men mere iterativt at undersøge og udvikle på de metoder og teorier, som ligger bag for derigennem at nå til en bredere indsigt i, hvorfor noget virker, og hvad der er med til at påvirke det. Man kunne sige, at vores iterative undersøgelse handler om *“at lukke gabet mellem det intendede, det implementerede og det realiserede design”*. (Christensen et al., 2012, p. 6).

3.2.1 Ekskurs

Som beskrevet i indledningen er denne undersøgelse et led i en længere DBR-undersøgelse inden for området. I vores tidligere undersøgelser arbejdede vi med lidt forskellige målgrupper, men undersøgelsesernes omdrejningspunkt har hele tiden være, hvordan man kan arbejde med at implementere makerteknologier, der som udgangspunkt ikke er didaktiserede ind i en undervisningskontekst. Vores nuværende undersøgelser er baseret på de konklusioner, vi nåede frem til sidst. Nemlig vigtigheden af at reducere sværhedsgraden i arbejdet med de digitale værktøjer, således teknologierne ikke bliver styrende, og der åbnes op for kreative og innovative processer, og ikke at være bange for at være i de faglige loops, idet kreativitet kan udspringe fra disse.

I nedenstående vil vi gennemgå, hvorledes vi i vores undersøgelser itererer undervejs i takt med, at vi lærer nyt og opnår viden på baggrund af vores undersøgelser.

I vores undersøgelse er det for hver iteration en ny science inquire.

- Det er samme overordnede **mål** fra gang til gang. Det handler om en vej til at arbejde kreativt og innovativt med digitale fabrikationsteknologier, uden at færdighedstilægnelsen kommer til at fylde uforholdsmæssigt meget.
- **Maskinerne** er i de fleste undersøgelser de samme, mens de digitale værktøjer ændrer sig, fordi en opdagelse bliver, at de valgte digitale værktøjer er for vanskelige.
- **Målgruppen** ændrer sig undervejs. Vi starter ud med undervisere i vores forundersøgelse. I anden iteration bliver det elever, da de jo er den egentlige målgruppe, som skal kunne designe med værktøjerne. I tredje iteration arbejdes med programmering, som egentligt er en undersøgelse, der falder lidt udenfor, fordi den ikke handler om fabrikation. Men det overordnede formål med at undersøge, om det er muligt at designe kreativt med teknologi, er det samme. Målgruppen her er lærerstuderende og undervisere på LU. I denne fjerde undersøgelse har vi valgt at fastholde målgruppen til studerende. Det begrundes vi med, at for både elever og lærere kan det siges, at de ofte har vanskeligt ved at afse så megen tid, som en sådan undersøgelse vil kræve. Det viser vores tidligere erfaringer os netop. Med begge disse målgrupper nåede vi kun til færdighedstilægnelse, mens at arbejde kreativt og innovativt var sekundært pga. mangel på tid. De studerende står på en måde i to verdener mellem at være lærende og underviser. På den måde kan de tilføre os synet fra begge verdener. Formålet med udvælgelsen af netop denne undersøgelse, begrundes med, at det kunne tænkes som et mønstereksempel eller en prototype på området.

- Det **tidsmæssige** forløb ændrer sig og forlænges, da vi erkender, at tid er en væsentlig faktor for at få det til at lykkes.
- Opbygningen af det **didaktiske design** er minder om hinanden gennem alle vores iterationer. Der arbejdes fra lukkede opgaver mod mere åbne og frie opgaver. Strukturen minder desuden om hinanden. Der startes ud med færdighedsorienterede øvelser eller oplæg. Derefter sættes færdighederne i spil i mere åbne øvelser. Til slut samles op og en ny opgave stilles. I fjerde iteration, som denne opgave omhandler, tilføjes dog også perioder med tid i begyndelsen til eksperimenter og undersøgelser. Ligesom der er planlagt et mere selvstændigt projekt i sidste del af forløbet.

Ekskurs slut.

3.3 Undersøgelsesdesign

Vores undersøgelse er som nævnt sidste led i en kæde af undersøgelser, som alle på den ene eller anden måde har arbejdet med kreativitet og teknologi i forbindelse med makerspace som omdrejningspunkt. Det er et casestudie, som en del af en længerevarende DBR-undersøgelse, som tager afsæt i en specifik case på LU. Et casestudie definerer vi ud fra Merriam-Webster's dictionary, som følgende:

"Case Study. An intensive analysis of an individual unit (as a person or community) stressing developmental factors in relation to environment." ("Merriam-Webster - Case study," n.d.)

Begrundelsen for at vælge en case til vores undersøgelse er netop at gå i dybden med og komme tæt på det, vi undersøger og få mulighed for at forstå, hvilken betydning det har for læringen i et klasserum at arbejde med digitale fabrikationsteknologier. Pointen for os er netop at ved at gå tæt på i vores undersøgelse af den læring, som udspiller sig i rummet, så kommer vi tæt på de virkelige situationer og opnår et nuanceret syn på virkeligheden. Som Flyvbjerg (Brinkmann & Tanggaard, 2015, Chapter 25) siger om casestudiet, så er det netop, når vi som forskere placerer os selv i konteksten, at vi kan komme til en dybere forståelse og opnå indsigt i deltageres bevæggrunde og handlinger. Når der er for stor distance til dem der studeres, kan det medføre virkningsløs forskning og rituelle akademiske blindgyder, hvor nytten og effekten bliver virkningsløs (Brinkmann & Tanggaard, 2015).

Når vi vælger at gå tæt på én case, er det naturligvis vigtigt ikke at overføre vores forudfattede meninger til casen. Men netop det faktum, at vi i casestudiet kommer så tæt på den undersøgte virkelighed, giver os en mulighed for at nå frem til en mere avanceret forståelse. I sidste ende kan det ende ud i, at vi gennem den læreproces oplever enten at må forkaste eller ændre forudfattede meninger og holdninger undervejs i processen.

Formålet med udvælgelsen af netop denne case er begrundet i, at det kunne tænkes at blive et mønstereksempel eller en prototype på området. Undersøgelsens mål er netop at finde en vej, hvor læring med disse teknologier opleves som meningsfuld og ikke al tid vil blive brugt på færdighedstilægnelse, og de lærende vil opleve teknologierne som positive medspillere, som kan åbne op for muligheder for at udtrykke sig kreativt og innovativt. Men også med den klare mulighed for øje, at det ikke er muligt. Det didaktiske design er planlagt og udført i samarbejde med en underviser fra LU, da hun har indgående kendskab til uddannelsen og målgruppen.

Som tidligere nævnt er disse fabrikationsteknologier ikke tænkt ind i en folkeskole-kontekst, og omkostningerne ved at presse teknologierne ureflekteret ind i folkeskolen for store. Vores tanke med netop denne case er at gå tæt på at undersøge, hvad der sker i arbejdet med teknologierne og netop at undersøge om det er muligt at arbejde med dem på en måde, som giver mening for folkeskolen.

3.3.1 COVID-19

Den 11. marts 2020 om aftenen tonede vores statsminister Mette Frederiksen frem på skærmen for hele landet for at erklære, at Danmark lukkede ned på grund af COVID-19 virussen. Hun sendte alle offentlige ansatte hjem. Dermed lukkede hun skoler, uddannelser, universiteter og mange andre offentlige instanser f.eks. bibliotekerne. Denne nedlukning er vi stadig på mange måder underlagt, og det er vores masterprojekt i høj grad blevet præget af.

Vores første udfordring bestod i, at bibliotekerne lukkede, hvilket forårsagede at vi blev begrænsede i vores søgen af kilder, bøger og artikler til kun at omfatte materialer, der er tilgængelig online. Specielt ældre artikler og trykte bøger, som ikke umiddelbart har kunnet findes online, har voldt os problemer.

Den største udfordring i forhold til dette masterprojekt blev dog, at vi også mistede den fysiske kontakt med de studerende på vores specialiseringsmodul, som vores case tager udgangspunkt i. Mulighederne for at indsamle empiri til projektet blev dermed i høj grad begrænsede.

I det efterfølgende afsnit vil vi først beskrive vores intenderede design, som er det undersøgelsesdesign, vi havde planlagt inden COVID-19, og hvorefter vi kun nåede at realisere det første ud af tre forløb. Det blev derfor nødvendigt at redesigne vores undersøgelse. Derefter beskrives og forklares vores realiserede design, som er det undersøgelsesdesign, som er blevet afprøvet.

3.3.2 Intenderet undersøgelsesdesign

Vores oprindelige undersøgelsesdesign var planlagt til at tage udgangspunkt i en case, hvis omdrejningspunkt var et specialiseringsmodul på LU i Vordingborg. Planen med vores undersøgelse omhandlede dels at reducere kompleksiteten af de valgte digitale værktøjer samt at sænke kravene til mængden af teknologier, de studerende skulle opnå færdigheder i at anvende i perioden. Formålet var at undersøge, om det ville sætte de studerende i stand til at arbejde mere eksperimenterende, undersøgende og kreativt med værktøjerne i deres designs. Der blev planlagt, at der skulle være en sammenhæng i de digitale værktøjer, som blev anvendt og i den viden, som de studerende skulle tilegne sig.

Undervisningen var delt op i tre efter hinanden følgende forløb - Konstruktion og gentagelse, Visuelle budskaber, Fordybelse, Teknologi & Kreativitet som beskrevet i Figur 2 herunder.

1. Forløb	2. Forløb	3. Forløb
Konstruktion & gentagelse	Visuelle budskaber	Fordybelse, Teknologi & Kreativitet
1. Mobiler 2. Massens ornament	1. Street Art 2. Trykteknikker	1. Micro:bit 2. Eget projekt
Værktøjer (analoge og digitale) • Inkscape • RD Works • Lasercutter • Arkitektpap (prototyper)	Værktøjer (analoge og digitale) • Håndtegning s/h • Inkscape • Canvas Workspace • Folieskærer + overlocker & broderimaskine	Værktøjer (analoge og digitale) • MakeCode • Selvvalgte teknologier & digitale værktøjer anvendt i undervisningen
Produkter: 1. Mobile 2. Installation eller smykke	Produkter: 1. Maleri StreetArk 2. Tryk på t-shirts mv.	Produkter: Selvvalgt produkt, forskel. teknologier integreres
Designmodel: FIRE-Design	Designmodel: Fablearn modellen	Designmodel: Selvvalgt

Figur 2 Intenderet undervisningsdesign

Første forløb, **Konstruktion & Gentagelse**, havde fokus på at introducere lasercutteren og vektor- tegneprogrammet, Inkscape og det tilhørende værktøj til lasercutteren, RD Works. I forløbet arbejdede de studerende ud fra designmodellen FIRE-Design. Det faglige indhold omhandlede Mobiler ud fra Alexander Calder og et design med udgangspunkt i Massens Ornament i en friere opgave.

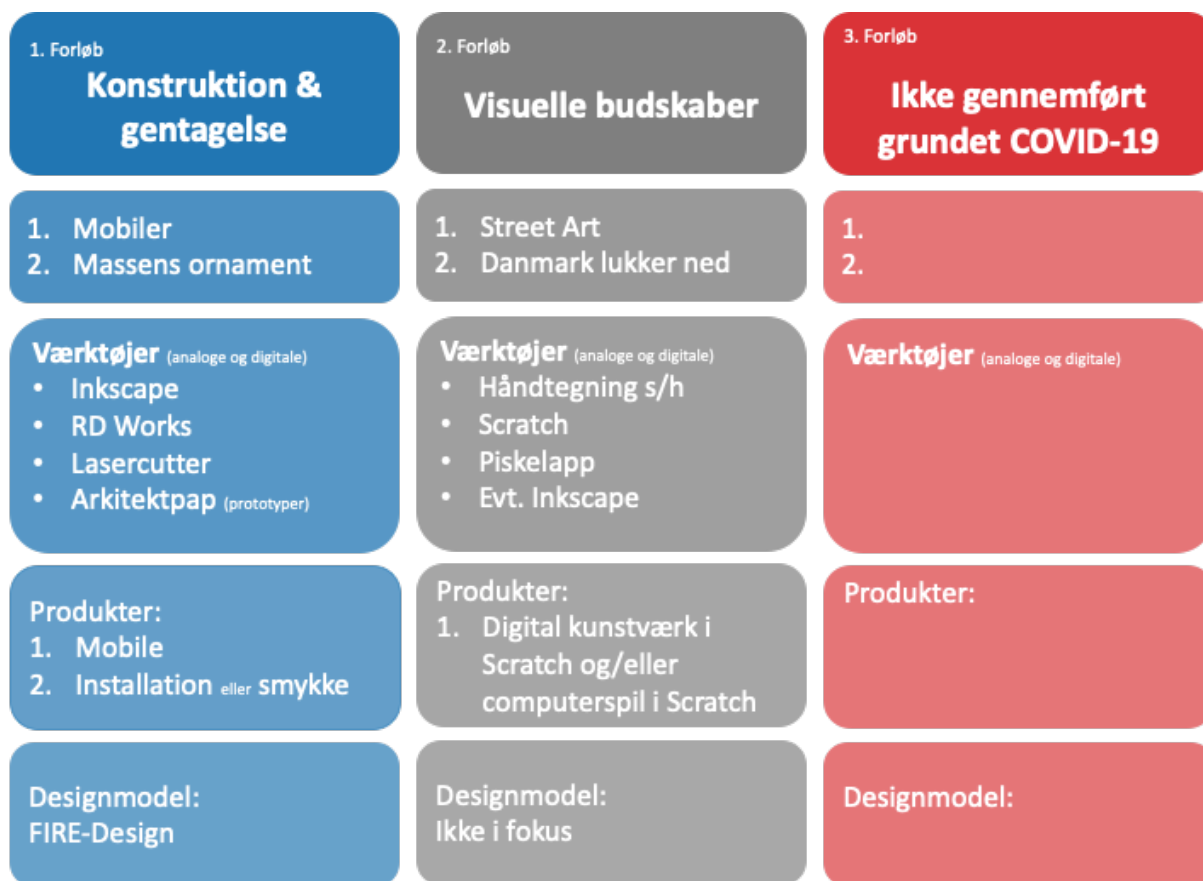
I andet forløb, **Visuelle Budskaber**, skulle de studerende introduceres for folieskæreren, og de tillærte færdigheder i Inkscape skulle konsolideres og udvides. Derudover skulle fokus være på overlocker og broderimaskine for de HD-studerende, mens de studerende i billedkunst skulle arbejde med trykteknikker og stencils. Ved at fortsætte med at arbejde med Inkscape i andet forløb, var det tanken, at de studerende skulle nå at blive mere fortrolige med Inkscape. Begrundelsen for at vælge folieskæreren var, at værktøjet ligesom lasercutteren arbejder med 2D design, samt at indlæringskurven for folieskæreren erfaringsmæssigt er lav. I dette forløb var det planlagt at arbejde ud fra FabLabs Designcirkel (Aarhus Universitet, n.d.). Det faglige indhold omhandlede street art blandt andet ud fra kunstneren "HuskMitNavn."

I tredje forløb, **Fordybelse, Teknologi & Kreativitet**, skulle de studerende introduceres for Microcontrolleren, Micro:bit, og lære grundlæggende programmering i værktøjet MakeCode samt lære at tilslutte eksterne sensorer til Micro:bitten. Derefter skulle de udvikle deres eget design, som skulle tænkes ind i deres fag (billedkunst eller HD). Her var tænkt et benspænd ind, at de udover Micro:bitten skulle indtænke mindst én af de andre gennemgåede teknologier i deres design. Derudover måtte der frit inddrages andre analoge og digitale materialer, teknologier og værktøjer, som de studerende i forvejen havde kendskab til fra deres fag. I forløbet kunne de studerende selv vælge, hvilken designmodel de ville strukturere deres forløb ud fra.

3.3.3 Undersøgelsesdesign grundet COVID-19

Som nævnt ovenfor, så gjorde COVID-19, at vores masterprojekt undervejs tog en noget anden retning end planlagt, som vi nu vil redegøre for. Der var dele, som vi nåede, men den planlagte gentagelse af programmer og værktøjer blev ikke mulig, som det ellers var planen.

Da COVID-19 ramte landet, var vi ved afslutningen af det første forløb, **Konstruktion & Gentagelse**. Fra vores tidligere erfaringer var vi bevidste om, at det netop var i begyndelsen af et forløb, at de studerende ofte har de største udfordringer, idet de skal tilegne sig nye færdigheder inden for et helt nyt område. Fokus i dette første forløb, **Konstruktion & gentagelse** var netop, at de studerende tilegnede sig færdigheder med bestemte digitale værktøjer, som de efterfølgende skulle sætte mere kreativt i spil i de næste to forløb. Vi havde håbet på derved at kunne se tegn på, at det tekniske omkring disse værktøjer, gradvist ville komme til at fylde mindre i undervisningen og i de studerendes bevidsthed. Da Danmark lukkede ned, var vi i afslutningen af det første forløb og nåede dermed ikke til at se mange tydelige tegn på, at de studerende begyndte at arbejde mere kreativt med værktøjerne.



Figur 3 Realiseret undervisningsdesign grundet COVID-19.

Da undervisningen ikke blev aflyst, var vi forpligtede til at fortsætte undervisningen af de studerende, men virtuelt. Her var udfordringen, at vi arbejdede inden for praktiske fag, hvor det sansemæssige, taktile og håndværksmæssige fylder meget. Så derfor var vores udfordring, at størstedelen af arbejdet de studerende skulle lave, var bundet op på digitale fabrikationsteknologier (lasercut, folieskærer, broderimaskiner og Micro:bits.), som kræver fysisk tilstedeværelse for at få erfaringer med. Ingen af de teknologier havde de studerende selv til rådighed hjemme.

Da landet lukkede ned, havde vi en forhåbning om, at de studerende i løbet af foråret ville nå tilbage på campus og fortsætte deres undervisning og få adgang til maskinerne. Derfor valgte vi at påbegynde andet forløb om **Visuelle Budskaber**, hvor de studerende fik opgaver hjemme.

Det håb blev desværre også slukket med forlængelsen af nedlukningen. Ud fra det valgte vi derfor helt at omlægge andet forløb, Visuelle budskaber. Det kom nu til at omhandle programmering i værktøjet Scratch, som er et webbaseret værktøj, der skulle erstatte det fysiske arbejde med folieskæreren.

I slutningen af april stod det klart for os, at kun studerende med eksamensfag ville komme til fysisk undervisning på campus inden sommerferien. I samråd med vores ledelse blev det derfor besluttet at afslutte specialiseringsmodulet med udgangen af april.

COVID-19 har betydet, at vi undervejs af flere omgange har måttet omdefinere vores projekt, og det er blevet det muliges kunst.

COVID-19 fik den konsekvens, at vi ikke fik muligheden for at se de endelige resultater af de undersøgelser, som skulle medvirke til, at vi kunne svare på vores problemformulering, som lød således:

- Hvordan kan undervisning med makerteknologier bidrage til udviklingen af kreative og innovative processer?
- Hvordan kan man arbejde med, at teknologierne i den sammenhæng bliver positive medspillere i de kreative og innovative processer og ikke den styrende faktor?

For at finde svaret på ovenstående, havde vi fra tidligere undersøgelser erfaret, at tiden til at lære værktøjerne var en vigtig faktor for de lærende. Vores undersøgelse var netop derfor tilrettelagt på en måde, der skulle give deltagerne tiden, og det var nu ikke længere muligt. Vores erfaringer fra tidligere undersøgelser har yderligere vist os, at det at lære de nye værktøjer at kende er meget present i deltagernes bevidsthed i begyndelsen, men gradvist aftager i takt med, at deltagerne gør sig erfaringer og bliver mere rutinerede brugere. Graden af kreativitet og innovation stiger, mens frustrationen over manglende kendskab til værktøjerne falder. Dog viste vores tidligere undersøgelser også, at kreativiteten og innovationen ikke er fuldstændig fraværende i starten, men den bliver meget begrænset af deltagernes manglende færdigheder og viden om værktøjer og materialer. Så konsekvensen af COVID-19 blev, at vi ikke ser sikre tegn på, at deltagerne i stigende grad arbejder mere frit kreativt og undersøgende med værktøjerne, men vi kan se begyndende tegn på det.

COVID-19 fik dermed konsekvenser i forhold til vores planlagte empiriske design, hvor kun ét af tre planlagte forløb kunne gennemføres, inden landet lukkede ned og undervisningen overgik til at blive virtuel. Det er en grundlæggende ændring i et forløb, som omhandler digital fabrikation, og som kræver fysisk tilstedeværelse i værkstedet. Det betød også, at vægtningen af empirien blev anderledes. Studerendes opgaver og virtuelle interviews kom nu til at udgøre det, vi fik vores viden om forløbet fra, hvor vi ellers havde planlagt, at det skulle være observationer fra undervisningen, som skulle være den væsentligste empiri. Dette vil vi folde yderligere ud i følgende afsnit.

3.4 Valg af empiri

3.4.1 Overvejelser omkring empiri

I forhold til indsamling af empiri har vi valgt at have fokus på kvalitative metoder, hvor der er fokus på at forstå, fortolke og nuancere, og som spiller sammen med vores hermeneutiske tilgang. Vi er opmærksomme på, at anvendelsen af kvalitative metoder kan forårsage blinde pletter, da vi både agerer forskere og deltagere i undersøgelsen, og det skal vi naturligvis være selvkritiske på. Vi er opmærksomme på ikke at komme til at tegne et for rosenrødt billede og dreje virkeligheden i en retning, som vi ønsker den. I og med at vi har arbejdet med makerspace og teknologierne inden for området i så lang tid, så har vi en bias i forhold til at være interesserede i nye teknologier og kunne se potentialer i området. Det er en bias, som det ikke er muligt at fraskrive sig, men det er jo netop også den erfaring, som gør det muligt for os at foretage undersøgelserne. Med vores hermeneutiske tilgang er vi også bevidste om, at vi skal sætte os i andres sted, som først lige har stiftet bekendtskab med teknologierne, og at verden ser meget anderledes ud fra deres position. Derfor er vi bevidste om hele tiden at drøfte vore hypoteser og opdagelser med hinanden og med kolleger, der arbejder inden for området omkring teknologi og inden for de fag, som er i fokus i undersøgelsen. Desuden ser vi det som en fordel, at vi har været tre undervisere på modulet, hvoraf den sidste ikke har vores bias inden for arbejdet med makerspace, men blot er naturligt interesseret i forhold til hendes to fag. Derfor har vi også vægtet, at planlægning og gennemførsel af vores projekt hele tiden blev foretaget i tæt samarbejde med hende, så vi var sikre på at få tænkt det meningsfuldt ind i fagene.

Vores egne erfaringer inden for området er også af positiv karakter, idet at vores mange erfaringer med undersøgelser inden for området er medvirkende til at kunne give vores undersøgelse en tyngde, idet vi gennem flere iterationer har undersøgt arbejdet med makerteknologier. Derfor bygger vi heller ikke vores viden fra bunden, de står ovenpå undersøgelser med elever, lærerstuderende, folkeskolelærere og undervisere på LU, og hvor vores undersøgelser hver eneste gang viser de samme tendenser: læring tager tid, færdighedstilegnelsen tager tid og kreativiteten kan opstå med teknologierne. Men det kræver struktur og rammer som kreativiteten kan boltre sig inden for; særligt i begyndelsen, hvor deltagerne er usikre på, hvad værktøjerne kan og ikke kan.

Idet vi nu fortrinsvis har adgang til empirien fra studerende og deres ord omkring forløbet, så er vi heller ikke blinde for betydningen af et asymmetrisk magtforhold, idet vi som undervisere er dem, som skal være med til at godkende de studerende på modulet. Det kan få deltagerne til at føle sig usikre på, om de tør komme med kritik af forløbet. Det var vi bevidste om lige fra begyndelsen af vores undersøgelse. Allerede da vi mødte de studerende første gang, gjorde vi dem opmærksomme på, at vi ud over at være undervisere også var studerende ligesom de, men på universitetet. Vi fortalte dem, at vi her trådte nye stier i noget nyt inden for deres fag og i folkeskolen, og derfor var deres erfaringer og oplevelser vigtige. Der foruden har vi været bevidste om i interviewene at spørge åbent ind og skabe en tryk atmosfære. For at sikre at interviewene ikke kørte ud ad en subjektiv tangent, var der til alle interviews den samme interviewguide, samt det var den samme interviewer, så der blev sikret ensartethed. Der foruden har vi også valgt at interviewe den underviser fra LU, som vi har samarbejdet med i modulet, idet der her er et ligeværdigt magtforhold, og hun i denne sammenhæng er den primære garant for det fagfaglige indhold i forhold til de to fag, som indgår i undersøgelsen.

Empirien er indsamlet efter en bred mixed method (Brinkmann & Tanggaard, 2015) tilgang, hvor vi både før, undervejs og efter afviklingen af undersøgelsen har søgt at dække os empirisk bredt ind.

I det næste vil vi forklare, hvilke typer empiri der blev indsamlet, og hvorledes de blev anvendt i undersøgelsen.

3.4.2 Empiri - før under og efter

Vores indsamling af empiri i forhold til vores casestudie er struktureret ud fra en før- under - efter tilgang, som beskrives i modellen herunder i Figur 4

Før-fasen bestod af interviews med to undervisere fra LU på Professionshøjskolen Absalon, som underviser i henholdsvis billedkunst og HD. Disse interviews havde til formål at udvide og nuancere vores forståelse af de studerende, som er en målgruppe, vi kun har begrænset erfaringer med at undersøge, samt at tilføre os en mere uddybende forståelse af de to fag og deres identitet i en læreruddannelses-kontekst. Interviewene var også med til at give os indsigt i tilgange og holdninger til arbejdet med teknologi og kreativitet i fagene.

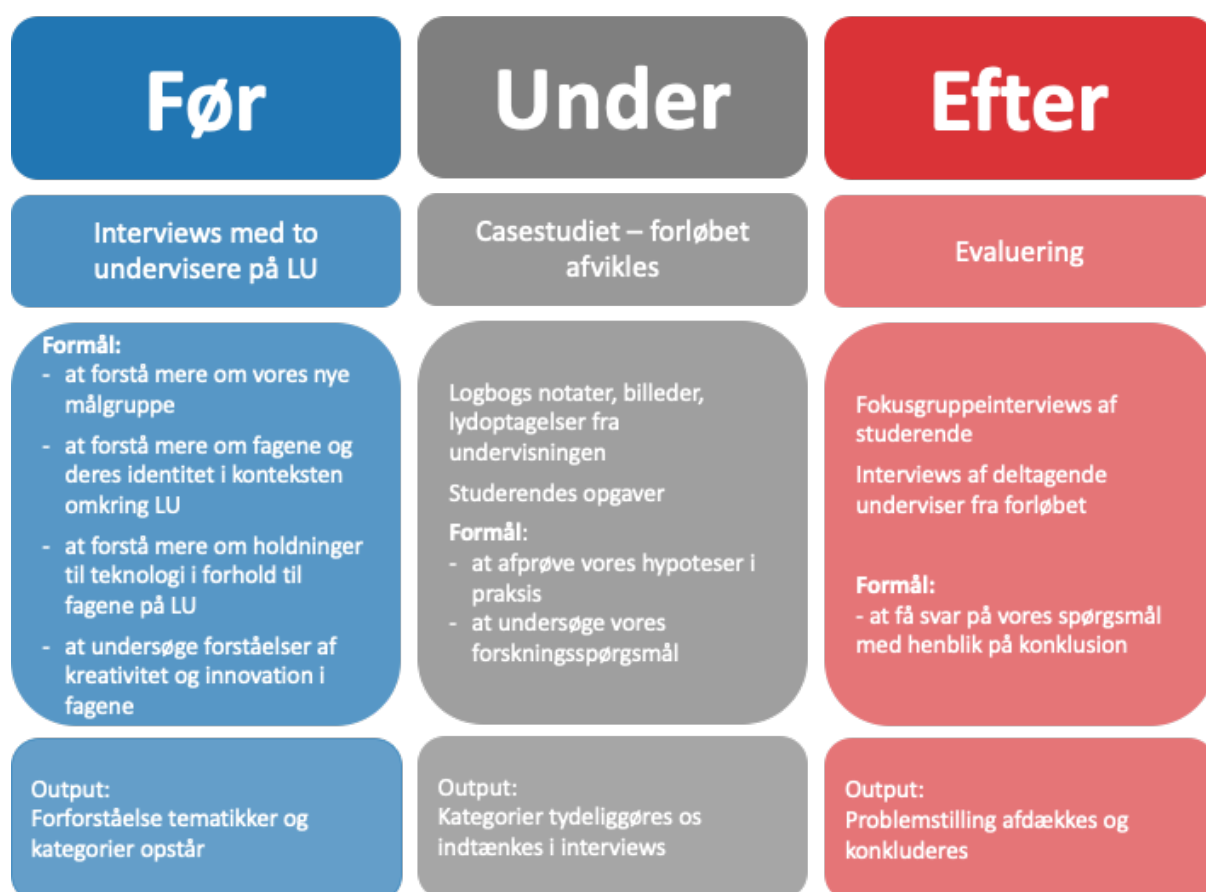
Disse indledende interviews var med til at give os et bedre indblik i de studerende som målgruppe, men gav os også et tydeligere billede af de fag, som vi indirekte arbejdede med i specialiseringsmodulet.

I **under-fasen** bestod empirien i indsamling af billeder taget i undervisningen, som viste arbejde med proces og produkter, vores egne logbogsnotater foretaget efter hver undervisningsgang samt de studerendes opgaver, **Deltagelses Pligtige Opgaver**, herefter kaldet DPO1 & DPO2. I disse dokumenterede og reflekterede de studerende over deres egen kreative og innovative proces samt kom med didaktiske refleksioner i forhold til undervisning af elever i folkeskolen med teknologien i deres fag.

I under- fasen blev der indsamlet flere typer af empiri, fordi vi i processen havde vanskeligt ved at afgøre, hvad der ville blive relevant senere. Særligt i de studerendes opgaver og vores egne logbogsnotater kan vi se tydelige spor af de studerendes læ-reproces, mens den forløb.

I **efter-fasen**, hvor der skulle evalueres på forløbet, blev foretaget fokusgruppeinterviews med de studerende. Underviseren fra LU, som vi havde samarbejdet med under modulet, blev også interviewet.

Empirien her var med til at give et retrospektivt billede af forløbet samt perspektivere erfaringerne i forhold til den indirekte målgruppe; elever i folkeskolen.



Figur 4 Før - Under -Efter

Da vi også har måtte gennemføre alle interviews via videokonferencesystemer (Zoom), har det tilføjet en ekstra dimension i forhold til vores interviews; nemlig manglen på præcist at kunne læse kropssprog og mimik gennem en skærm. Vi valgte derfor udelukkende at forlade os på lyddelen af interviewet.

I de virtuelle interviews, har vi vægtet, at deltagerne kom til at føle sig tryk ved interviewsituationen. Det stillede særlige krav til os som interviewere om at skabe et trykt rum, hvor alle kunne komme til orde.

I næste kapitel vil vi gå over til teoriafsnittene af opgaven.

4 Teori

For at komme frem til hvordan man i makerspace kan lære at arbejde kreativt og innovativt, så bliver vi nødt til først at komme til en forståelse af, hvordan vi forstår begreberne for derefter at sætte dem i spil i forhold til den kontekst som undersøgelsen omhandler; nemlig billedkunst og HD.

Derfor vil vi i følgende afsnit forklare kreativitet og innovation, og hvordan disse kommer til udtryk i en håndværksmæssige kontekst. Herefter vil vi forklare hvilke typer af læring, som er på spil i et makerspace og i arbejdet med digital fabrikation. Efterfølgende vil vi afdække tegn og indikationer på kreative og innovative processer i spillet mellem fagene og teknologi, så vi har tegn at se efter i vores undersøgelse.

Til sidst i afsnittet vil vi nå frem til en didaktisk model, som vores design struktureres ud fra.

4.1 Kreativitet og innovation

Kreativitet og innovation er i hverdagens praksis i høj grad sammenvævede begreber, og det er vanskeligt at afgøre, hvornår kreativiteten ender og innovationen starter eller omvendt. Derfor forholder vi os til begge begreber. I billedkunst fylder kreativitet meget, mens innovationen indgår som et af de tværgående temaer. HD-faget er et fag gennemsyret af innovationstanken, og hvor kreativiteten også fylder.

For at komme til en dybere forståelse af kreative og innovative processer i undervisningen, så afdækker vi først, hvordan vi forstår begreberne kreativitet og innovation for herefter at kunne vise, hvorledes vi forstår processerne i undervisningen i makerspace.

Vi definerer begreberne kreativitet og innovation ud fra Lotte Darsøs forståelse. Hun beskriver kreativitet som *"[...] evnen til at lege med ideer, tanker, muligheder og materialer."* Mens innovation handler om *"[...] en nyskabelse, der tilvejebringer økonomisk værdi"*. (Darsø, 2011, pp. 25–26).

Hun forklarer videre, at kreativiteten ofte omhandler en proces eller inspireret aktivitet, hvor resultatet evalueres af brugeren selv, mens der i innovationen mere ligger en strategisk retning eller handlen. Innovation handler dermed mere om produktet, der skal evalueres af nogle brugere. I praksis hænger de to begreber ofte sammen, og innovation kan udvikles til at blive mere original gennem kreative processer og ved at anvende kreative teknikker (Darsø, 2011).

Hvor innovationsbegrebet er et nyt begreb, der kobler sig til moderne tider og industrisamfundet, så har kreativitetsbegrebet en oprindelse, der fortæller sig langt bagud i historien.

Kreativitetsbegrebet anvendes i flæng i almen tale, hvilket betyder at begrebet på mange måder er blevet udvandet og upræcist. Er man kreativ, når man eksempelvis laver perleplader efter en skabelon? Handler det om at være god til at tegne? Svaret ender her nemt ud i smagsdommeri. For handler kreativiteten om "det skønne", handler det om dygtigt håndværk, handler det om det geniale, eller er det noget helt andet som er på spil?

For at komme nærmere på begrebet, må vi se tilbage i tiden for en kort bemærkning. Ordet kreativ stammer i sin oprindelse fra latin *creativus*, afledt af *creare* 'skabe'. (Den Danske Ordbog, n.d.) På den måde handler kreativitet altså om at skabe noget, der kan være et fysisk udtryk, men det behøver det ikke være. Gennem tiden har der eksisteret mange forskellige traditioner, som alle har forstået begrebet på deres måde. Lige fra den mystiske tradition, som mente at kreativiteten opstod gennem en guddommelig inspiration, som i Platons forståelse fik inspiration via en guddommelig muse (Tanggaard, 2010, p. 38). Sternberg har i sin bog: *The Creativity Conundrum : A Propulsion Model of Kinds of Creative Contributions* (Sternberg, Kaufman, & Pretz, 2002, Chapter 10) afdækket otte tilgange til at studere kreativitet, hvoraf de fire er aktuelle og forskningsbaserede (Hammershøj, 2012, p. 47). Disse forklares i det nedenstående.

Den psykometriske tilgang: Tilgangen er udbredt i dag; særligt i USA. Kreativitet er noget der kan måles og testes for. Sternberg nævner blandt andet Torrance' test af kreativitet, "The Torrance Test of Creative Thinking", som er udbredt på mange amerikanske skoler. Testens fokus forskydes dog fra at forstå kreativiteten til at se på tegn og karakterisere den, som eksempelvis fra selvhjælpsbøger til at udvikle sin kreative personlighed.

Den sociale – personlighedsmæssige tilgang: Denne tilgang minder på flere måder om den psykometriske, idet der igen er en forskydning fra at forstå kreativiteten til nu at undersøge de personlighedstræk, kreative mennesker besidder. Denne tilgang har eksisteret langt tilbage. I mere nutidige kontekster udførte Howard Gardner (Hammershøj, 2012) et større casestudie omkring store kreative personligheder for at undersøge særlige træk, mens Csikszentmihalyi (Hammershøj, 2012) har interviewet en række kreative personligheder for at nå frem til at kunne pege på nogle fællestræk, der omhandlede at elske det, de lavede og at nå frem til en lystfuld tilstand i deres arbejder, som han benævner flow.

Den kognitive tilgang. Den kognitive tilgang handler om at forstå kreativiteten ud fra kognitionsvidenskaben. Her søges altså en forståelse af de kognitive repræsentationsformer hos den enkelte, som finder sted i den kreative proces. Her nås frem til, at kreativitet som fænomen er karakteriseret af helt almindelige kognitive processer. I den forståelse findes også J. P. Guilford med sin konvergente og divergente tænkning. Den divergente tænkning åbner op og ser de mange muligheder, mens den konvergente tænkning lukker ned og fokuserer (Tanggaard, 2010, pp. 34–36).

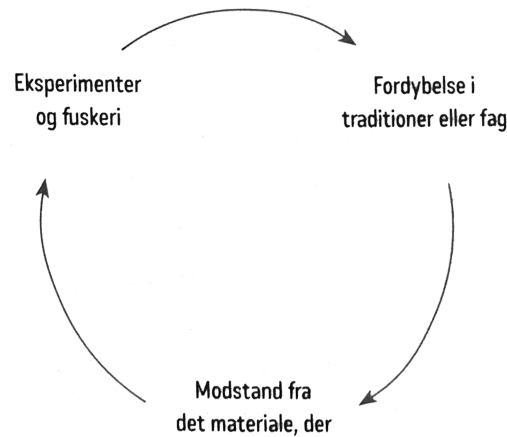
Den konfluente tilgang - tilgangen er en blanding af de tre foregående tilgange. Her inddrages forskellige tilgange og perspektiver og når frem til, at kreativiteten er en blanding af særlige personlighedstræk, at det er almenmenneskelige kognitive processer, som ligger til grund for kreativiteten og derfor er noget, man kan arbejde med at udvikle. I dansk sammenhæng er det her vi ser Lotte Darsø og Lene Tanggaards undersøgelser af kreativiteten.

På samme vis lægger vi os op af den konfluente tilgang og forstår kreativitet som et komplekst begreb. Der er mennesker, som har lettere ved at arbejde kreativt end andre, men alle kan lære at være kreative på et eller andet plan. Kreativitet kan ikke måles, men vi kan se efter tegn på, at kreative processer finder sted. Kreativitet hænger sammen med kognitionen. Her lægger vi os op ad Tanggaards forståelse, at kreativitet handler om et dialektisk samspil mellem af åbne op (divergent tænkning) og at lukke ned og fokuserer (konvergent tænkning).

Tanggaards undersøgelser af kreativiteten er brugbare for os, idet hendes undersøgelser blandt andet er foregået omkring håndværk og uddannelser med et håndværksmæssigt fokus. Da makerspace har mange fællestræk med håndværk og værkstedstraditionen, udgør hendes forståelse en vigtig del af grundlaget for vores forståelse af kreativitet i undersøgelsen. Fordi der arbejdes med billedkunst og HD, hvor arbejde med værktøjer og materialer er i fokus, så spiller sansninger, værktøjer og materialer i høj grad ind i vores forståelse af den kreative proces.

Med Tanggaards forståelse af kreativitet når vi til en forståelse af, hvordan vi kan arbejde med kreativitet i praktiske fag som i vores undersøgelses tilfælde. Hun er nået frem til det er kendetegnende at kreativitet ofte udspringer af:

- 1) " Fordybelse i traditioner og fag
- 2) Fuskeri og eksperimenterende læring
- 3) Modstand fra det materiale, der arbejdes med.". (Tanggaard, 2010, p. 14)



Figur 5 Tanggaard 2010 p. 14

De tre elementer er tæt forbundne og visualiseres af Tanggaard i ovenstående model.

Fordybelse i traditioner og fag handler om, at kreativitet ofte udspringer af solid og relevant viden inden for et givent fagligt domæne. Altså at kreative mennesker ofte er nogle, som har færdigheder inden for deres område, og som har øvet sig for at kunne det; altså at de besidder domænespecifik viden. I vores kontekst giver den forståelse god mening, da vi arbejder ind i to håndværksmæssige fag, og i den sammenhæng udspringer kreativiteten blandt andet fra de håndværksmæssige og billedkunstnarmæssige færdigheder.

Fuskeri og eksperimenterende læring handler om vigtigheden af eksperimenter og leg med materialer og værktøjer, og at kreativiteten kan udspringe herfra.

Modstand fra materialet der arbejdes med handler om, at materialerne også vil noget med os. For at folde begrebet ud kan vi nuancere det med Bent Illums begreb om Processens dialog (Illum, n.d., p. 86), hvor materiale, menneske og værktøj og hensigten/produktet indgår i en dialog undervejs i den håndværksmæssige proces. Illum bruger eksemplet fra en proces med at hamre et søm i; altså en sansende proces. I flere henseender vil vi argumentere for, at denne proces også kan finde sted i et makerspace, hvor teknologien også bliver et værktøj, som spiller med og mod materiale og hensigt i processens dialog. Man kan tale om at gå i partnerskab eller dialog med materialet eller værktøjet, og at det kan være en indgang til den kreative proces. På den måde udvider vi Tanggaards materialets modstand til at omhandle **materialets og værktøjets modstand og spillo ind i forhold til processen**.

Hvor kreativiteten handler om legen med ideer, tanker, muligheder og materialer, så tilføjer innovationen det en retning i form af nyskabelse, som både kan omhandle store revolutioner i verden, men også i det små, hvor nyskabelsen handler om at kombinere kendte ting på nye måder. (Rohde & Olsen, 2013, p. 13)

I det næste vil vi sammenligne den kreative og innovative proces for herefter at sammenligne dem med designmodellen FIRE-Design, som der arbejdes med i undersøgelsen. De tre processer er sat op over for hinanden i tabel 1.

4.1.1 Kreativitet, Innovation og FIRE-Design

Inden for kreativitetsforskningen er der overordnet enighed om, hvordan den kreative proces forløber. I nogle udgaver arbejdes med fire faser, andre med fem faser. Men det handler om små variationer. Hos Darsø kaldes faserne undren, informationsøgning, inkubation og illumination, verifikation (Darsø, 2011, p. 61).

Om innovationens proces siger Darsø, at den gennemløber faser, der på mange måder minder om dem i den kreative proces. Processen starter som regel ud med et brændende spørgsmål eller vigtigt emneområde, hvor der skal udforskes muligheder. Processen gennemgår derefter faserne indhentning af information og diskussion af vigtige information og relevant viden. Dette mønster fortsætter i en iterativ proces til et koncept er fundet, og der sker en udkrystallisering. Herefter efterforskes om løsningen passer til problemet. (Darsø, 2011, p. 60).

Inden for innovation arbejdes med forskellige modeller, som kan være med til at stilladssere processen. Da vi i makerspace arbejder med digital design, er det naturligt at tage udgangspunkt i design thinking, som er en metode til at arbejde med design. Metoden er udviklet af IDEO, men en enkelt person kan ikke tilskrives dens opståen. Der findes derfor heller ikke en enkel definition, men mange. IDEO siger selv:

"For IDEO, design thinking is a way to solve problems through creativity." ("IDEO DESIGNTHINKING," n.d.)

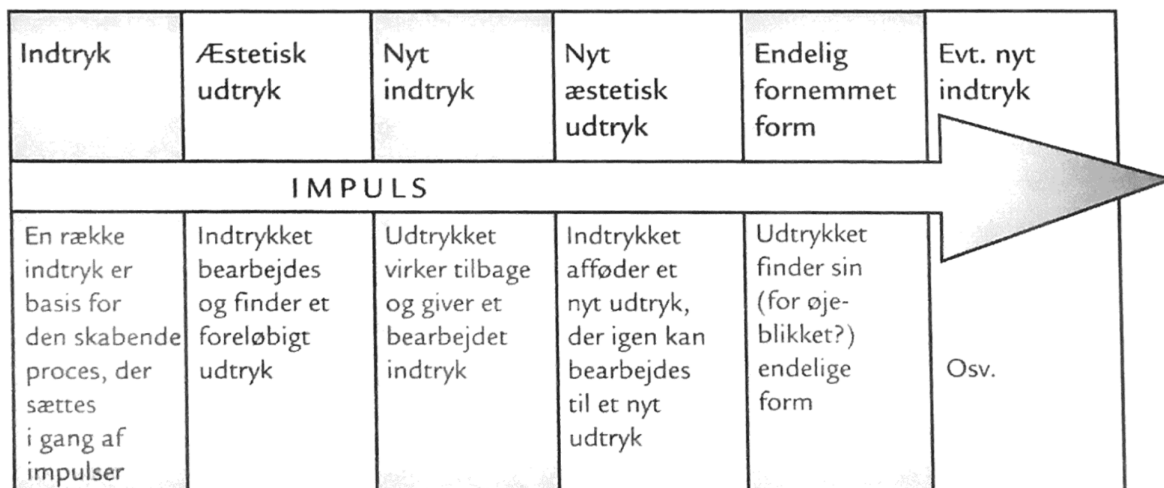
Vi har valgt at arbejde med modellen FIRE-Design, som er en model baseret på design thinking. Modellen arbejder med fire faser, som på mange måder ligner beskrivelsen af Darsøs beskrivelse af den innovative og kreative proces. FIRE-Design indeholder de fire faser: Forstå, idéudvikle, Realisere og Evaluere. Den femte fase, som modellen ikke medtager, er den første, som omhandler spørgsmålet eller emnet, som igangsætter det innovative arbejde.

Tabel 1 inspireret af Darsø 2011 p. 63

Den kreative proces	Den innovative proces	FIRE-design
Undren	Spørgsmål, emne	Spørgsmål, emne
Informationssøgning	Informationssøgning Vidensopbygning	Forstå
Inkubation	Iterativ proces, mætning	Idéudvikling
Illumination	Innovativ udkrystallisering	Realisering
Verifikation	Tjekke om konceptet tilfredsstiller mål og forventninger	Evaluering

Herover har vi valgt, at opstille de forskellige skabelsesprocesser i en tabel (tabel 1) inspireret af Darsø (Darsø, 2011). Her ses, hvordan den kreative, innovative proces og FIRE-design alle minder om hinanden. Det er vigtigt at påpege, at modellerne ikke skal tænkes lineært, men mere cirkulært. I processen kan der itereres frem og tilbage mellem flere af faserne.

For yderligere at forklare de ydre faktorer, som spiller ind i de kreative og innovative processer i billedkunst og HD, kan vi anvende Malcolm Ross' (Austriug & Sørensen, 2006) didaktiske model til arbejde med æstetiske læreprocesser, hvor **indtryk** bliver basis for og igangsætter impulser, der bearbejdes og fører til et **udtryk**. Dette udtryk virker tilbage, forårsager et nyt indtryk, der igen bearbejdes og fører til et nyt udtryk. Processen foregår over flere omgange eller iterationer, indtil udtrykket finder sin endelige form. I denne proces ser vi igen Tanggaards materialets modstand eller spillo ind i den kreative og innovative proces, og Illums Processens dialog. Ross' model går dog mere i dybden i forhold til at påpege, hvordan indtryk, refleksion og udtryk bliver en vigtig del af processen.



Figur 6 (Malcolm Ross didaktiske model, (Austring & Sørensen, 2006, p. 149)

Ross' model har et lineært udtryk med en start og en slutning. Men i virkeligheden kunne den tænkes mere cirkulært, dog vil innovationen på et tidspunkt angive, at nu er noget færdigt; nu er målet nået. Om kreativiteten og innovationen så udspringer af en idé om noget, man vil lave, eller om man vælger en anden indgang, hvor man mere går i dialog med materialet eller værktøjet, så viser Ross os, at processen hele tiden ændres eller guides af de indtryk, man får fra værket, materialet og det digitale værktøj. Alt i alt er det med til at guide processen i en retning, som i sidste ende kan føre til et endeligt udtryk, som er værket eller produktet i dets endelige form.

Efter at have defineret vores forståelse af kreativitet og innovation, vil vi i næste afsnit forklare vores syn på læring i konteksten omkring makerspace i billedkunst og HD.

4.2 Læring i Makerspace

I både billedkunst og HD er omdrejningspunktet for undervisningen i høj grad læring gennem den skabende proces med forskellig fokuser; det kan være et kunstnerisk, håndværksmæssigt eller designmæssigt fokus.

Ud fra et konstruktivistisk perspektiv forstår vi læreprocessen som en konstruktionsproces, hvor den lærende modtager indtryk fra omverden, som gennem en konstruktion hos den lærende til og omsættes til kognition. Det den lærende skal lære, kan ikke overføres direkte til vedkommende, men skal altid konstrueres i den lærende i interaktion med dennes omverden (Ackermann, 2001). I hvilken grad denne konstruktion lykkes handler om, den lærendes tidligere tilegnede viden og erfaringer, men også i hvordan interaktionen med omverdenen både den sociale, kulturelle og historiske foregår. Konsekvensen bliver derfor, at læring altid er indirekte. Underviseren kan altså ikke helt kontrollere, hvad de studerende lærer, men gennem tilrettelæggelse af undervisningen muliggøre, at det intendede vil ske.

4.2.1 Læring med sanserne i spil

I både billedkunst og HD spiller sansemæssige indtryk og udtryk i høj grad ind, i den læring som foregår. Det handler dels om det taktile og kinæstetiske i arbejdet med værktøjet og materialer, men dette foregår i et samspil med det visuelle, som hele tiden spiller ind i den skabende proces. Derfor vil vi for en kort bemærkning forholde os til særligt det visuelle.

Perceptionen fra omgivelserne, altså den måde vi erkender verden gennem vores sanser, forstås ligeledes som en aktiv konstruktionsproces. Med Rudolf Arnheims ord: *"The world casts its reflection upon the mind, and this reflection serves as raw material, to be scrutinized, sifted, reorganized, and stored"* (Arnheim, 1997, p. 14). Perceptionen er dermed koblet uløseligt sammen med kognitive funktioner i mennesket. Hvis hjernen ikke får information fra sanserne og særligt synssansen, så har den ikke noget at tænke med (Arnheim, 1997). Når du ser på noget, kan du ikke undgå at forholde dig til det. Ud fra det perspektiv bliver perceptionen, den måde vi erhverver viden om verden på (Arnheim, 1997). Vi starter altså ikke, som Plato forestillede sig i hulelignelsen, ude i ideernes verden, men i den fysiske verden, og herfra opstår vores viden. Perceptionen er en avanceret funktion, og der foretages løbende en aktiv selektion, kategorisering og relatering af de input perceptionen modtager. Når data er mangelfuld, så "fyldes hullerne ud," så data kommer til at give mere mening. Men i den proces er også risiko for en fejlfortolkning.

På den måde baserer læring sig på et samspil mellem sansning og refleksion over det som sanses. Og da sansningen kan tage fejl, og fordi kognitionen baserer sig på tidligere tilegnede erfaringer og forestillinger om verden, så får studerende forskellige opfattelser og forståelser af det de lærer, selvom de har siddet til nøjagtig samme undervisning. I forhold til arbejdet med digital design på computer er der også en risiko for, at det man ser på skærmen fejlfortolkes af perceptionen. Så noget opleves som stort på skærmen, fordi der er zoomet ind på objektet, men at det ikke er designet stort; altså en oversættelsesfejl.

Sansningen er en vigtig faktor i læring, som ikke bør underkendes, særligt ikke når vi har med praktiske fag at gøre, som i vores undersøgelse. Her handler sansningen om sammenspillet mellem deltager, materiale, værktøj og i det hele taget sansningen af den verden, som er omkring os. Dette samspil har et skabende formål om det være sig kunstnerisk eller håndværksmæssigt.

I arbejdet med digital fabrikation er det ikke anderledes, vil vi argumentere for. Her spiller værktøj, maskiner, programmer og materialer på samme måde ind, og bliver en del af den skabende proces.

Dog er der ofte være en tidsmæssig forsinkelse i arbejdet med digital fabrikation, da det visuelle indtryk som oftest medieres via en computer fx et program til digital design. Det den lærende ser på computeren, er ikke det egentligt produkt, men en 2D skitse af det. Der er altså ikke feedback fra materiale, mens man designer, hvilket kan påvirke forløbet af arbejdsprocessen.

Men læring i makerspace handler også om tilegnelse af færdigheder, som vi vil vise i næste afsnit.

4.2.2 Fra novice til ekspert

Når vi arbejder med kreativ og innovativ læring i makerspace, så er der læringsmæssigt flere ting på spil. Der er dels tilegnelsen af nye færdigheder og kompetencer, og så er der læring gennem skabelse. Vi er gennem flere iterationer nået frem til en erkendelse af, at vigtigheden ved færdighedstilegnelse ikke bør underkendes. Det er vanskeligt at være kreativ og skabende, hvis du ikke har de færdigheder der skal til.

Som vi tidligere har nævnt, så tager den læring tid. Det tager tid at få initialiseret grundlæggende nye færdigheder, og arbejdet med digitale teknologier er en ny måde for mange studerende at arbejde med disse værktøjer på. Det tager tid fra, man har lært et værktøj til, at det bliver automatiseret i en grad, så man ikke længere tænker over værktøjet. Man begynder at arbejde med musen som en forlængelse af ens egen arm, man kan navigere på skærmen med. Men i begyndelsen kan kreativiteten forekomme fjernt.

Færdighedstilegnelsen ser vi fra Brødrene Dreyfus (Dreyfus & Dreyfus, 1999) og deres taksonomi, som giver os en forståelse af, hvorledes progressionen i tilegnelsen af færdigheder foregår.

I vores forståelse er computeren og lasercutteren sammen et værktøj, som dog har nogle kognitive udfordringer fx ved, at de studerende skal designe i en 2D brugerflade. At bruge sin computer til at designe med, er for mange en meget anderledes måde at arbejde på. For eksempel skal der arbejdes mere bevidst med musen, fordi navigationen med den er en vigtig del af at kunne designe i værktøjerne. Det er så at sige den digitale pensel. Vanskelighederne omkring at tilegne sig disse færdigheder, var omdrejningspunktet for vores tidligere opgave Melin og Stub 2018 (Stub & Melin, 2018). Her så vi med elever i en 5. klasse, at navigationen i CAD-værktøjet Fusion 360 var vanskeligt for dem at lære, og det bremsede dem i deres kreative arbejde. Grunden herfor lå dels i et for komplekst værktøj, målgruppen og for kort tid. Men undersøgelsen viste os, at færdighedstilegnelsen er en vigtig del i arbejdet med makerteknologier som lasercutteren. Dreyfus brødernes taksonomi anvendtes for nærmere at forstå tilegnelsen af færdigheder. De beskriver 5 niveauer fra novice til ekspertise. I Melin og Stub 2018 beskrives de fem niveauer således:

- 1) **Novicen** er en beskrivelse af en studerende, der ikke har noget forudgående kendskab til området [...]
- 2) **Den avancerede begynder**, har begyndende grundlæggende forståelser for området og kan begynde at anvende deres nye viden.
- 3) **Kompetence**, den studerende har tilstrækkelig viden til at kunne analysere og en begyndende deduktion til forståelse af forhold omkring opgaven, men vil stadigvæk opleve ikke helt at kunne overskue alle aspekter af opgaven. Den studerende skal stadigvæk bruge megen energi til at kunne forstå og handle korrekt.
- 4) **Dygtighed** arbejdsprocesserne er nu internaliseret. De overvejelser og refleksioner som studerende foretager sig, bygger på de erfaringer, som denne har fra tidligere.
- 5) **Ekspertise** den studerende behersker et stort repertoire inden for området - således at denne instinktivt ser på flere mulige løsninger og vælger eller kombinere løsninger til et endeligt produkt.

(Dreyfus & Dreyfus, 1999; Stub & Melin, 2018)

I denne undersøgelse har vi fokus på at undervise de studerende med et mål om de første tre stadier af taksonomien: Novicen, Den avanceret bruger og Kompetence. At de studerende vil kunne nå op til tredje stadie, begrundes ud fra Dreyfus brødre, idet de skriver:

"(...) at hvis ens subjekter kan forstå sprog og instruktioner, dvs. hvis der ikke er tale om dyr eller spædbørn, kan man fremskynde processen med at blive ekspert ved at starte med færdighedsmodellens første tre niveauer" (Dreyfus & Dreyfus, 1999, Chapter 3)

Vi har dog ikke en forventning om, at de studerende kommer til de to sidste niveauer (Dygtighed og Ekspertise), da dette kræver langt mere tid og vejledning, end forløbet i vores specialiseringsmodul varer. De studerende forventes ikke at skulle blive eksperter i modulet. Det er heller ikke formålet for deres fag. De studerende skal ikke udvikle sig til kunsterne eller professionelle håndværkere. De skal dog besidde nok færdigheder til at kunne agere som professionelle undervisere i deres fremtidige pædagogiske praksis.

Grundet vores erfaringer fra tidligere forløb, er vi i planlægningen særdeles bevidste om at begrænse sværhedsgraderne i værktøjerne og at give tid til, at de samme værktøjer bruges hele vejen igennem forløbet, så de studerende kan nå at få arbejdsprocesserne internaliseret.

Arbejdet i værkstedet eller makerspace bygger på en tradition af mesterlære og sidemandsoplæring (Dreyfus & Dreyfus, 1999), hvor det at lære at anvende eksempelvis lasercutteren ofte foregår bedst ved, at en kompetent bruger står ved siden af og i stigende grad lader den lærende overtage i takt med, at denne evner at tage over. Det er en proces, som tager tid. Processen kan ikke forceres, men skal have lov til at nedfælde sig og blive en del af at arbejde med værktøjet.

Men alt handler ikke kun om at lære at bruge maskinen. Parallelt med denne proces, skal der også ske en læringsproces i forhold til at designe, tænke og agere. Nigel Cross beskriver det således: *"Developing greater expertise generally means developing a broader and more complex understanding of what has to be achieved."* (Cross, 2011, op. 140). Han beskriver, at forskellen mellem novicen og eksperten er, at novicen kun kan overskue at fokusere på enkelte elementer i designprocessen ad gangen. Eksperten arbejder mere intuitivt med alle dele af den digitale og analoge designproces og derved kommer med et mere samlet overblik over løsninger. I vores undervisning vil de studerende ikke opleve disse indsigter endnu, men vi er bevidste om, at det med tiden læres.

4.2.3 Legende læring

Som nævnt forstår vi læring som en konstruktion, og det gør sig også gældende for kreativ læring. Men kreativitet opstår, som vi tidligere har beskrevet ikke af sig selv. Det skal kobles på tilegnelsen af færdigheder, der kan være såvel håndværksmæssige som kognitive. Men kreativitet opstår netop ikke kun ud af færdigheder. Lyst, inspiration og motivation er også vigtige faktorer. Her er vi inspireret af Mitchel Resnicks (Resnick, 2019) tanker, hvor idéer udspringer af legen, undersøgelser og eksperimenter. Læring kan på den måde i høj grad motiveres af en legende tilgang til læring, og at man går undersøgende til værks. Dog er vi af den holdning, at tilgangen skal kobles på noget egentligt færdighedstilegnelse uden blot at forblive der. Færdighederne skal efterfølgende sættes i spil i arbejdet med skabelsen af kreative og innovative produkter.

Den kreative læring tager sig på mange måder anderledes ud end traditionel færdighedstilegnelse, og læringen kan udspringe af leg og eksperimenter eller simpelthen af en god idé. Som Mitchel Resnick siger: *projects, passion, play, peers* (Resnick, 2018, 2019) Med det menes, at læring foregår med udgangspunkt i legens eksperimenter og undersøgelser(play), at det kan ske ved, at de lærende har projekter (projects) der skabes, disse skal gerne være forankret i en passion eller indre motivation, og at denne skabende proces foregår bedst sammen med andre(peers).

Så nogle gange opstår kreativitet og innovation også fra idéer, at man har en indre motivation om at skabe noget; altså hvad der motiverer læring. Som Resnick siger: *"(...) at eksperimentere, tage chancer og afprøve grænser"* (Resnick, 2019, p. 133). På flere måder minder det om Tanggaards eksperimenter og fuseri.

Samtidigt kobles læringen med Resnick til det at skabe: *"learning - through - making"* (Resnick, 2019, p. 43), som handler om, at børn lærer bedst, når de konstruerer ting i verden; det kan være et sandslot, en robot eller en model over universet. Men når mennesker konstruerer noget i verden, så konstruerer de også nye idéer i deres hoveder (Resnick, 2019, p. 45). Den læringstilgang, som Resnick her har afsat i er konstruktionismen, som er udviklet af matematikeren og pædagogen Seymour Papert (Papert, 1993). Papert ses på mange måder som det læringsmæssige udgangspunkt, som makerbevægelsen og makerspaces bygger på. Papert udviklede sine teorier om læring fra 1970'erne og frem. Hans tanker var et opgør med den instruktionsistiske tilgang til læring. Han siger om konstruktionismen, at det er det bedste alternativ til instruktionsismen. Desværre er hans ord ofte blevet fortolket som, at han ser instruktionen som noget skidt, som man læringsmæssigt skal afholde sig fra. Men det er en mistolkning af hans tanker. Han siger herom: *"I do not mean to imply that constructionists see instruction as bad."* (Papert & Harel, 1991, p. 7).

Til gengæld taler han mod umotiverende og dekontekstualiseret undervisning, der ikke kan motivere børn til at lære. Han taler for en undervisning, som motiverer til at få lyst til at vide mere og undersøge nærmere, og deraf udspringer læringen. Både Papert og Resnicks undersøgelser har børn som deres primære målgruppe. Men eftersom vores undersøgelser har afsæt i lærerstuderende, så giver deres tanker mening at inddrage, eftersom vi i vores undersøgelse hele tiden må have et dobbelt didaktisk blik for øje. Vi er dog bevidste om, at mange af både Papert og Resnicks undersøgelser er foretaget med børn i børnehaver og i frivillige projekter, hvor læringen udspringer af den enkeltes interesse, hvilket er en anden læringssituation, end inden for formelle uddannelsesmæssige institutioner.

Makerspaces i formelle læringskontekster som i en skole eller på en læreruddannelse vil have det svært, hvis læringen udelukkende skal drives frem af den enkeltes motivation og interesse. Det bliver vanskeligt at arbejde med fælles målsætning. Det bliver i høj grad meget tværfaglige projekter, hvor det er vanskeligt at afgøre, hvilket fagligt indhold studerende vælger at arbejde med, og det vil blive en overordentlig stor opgave for underviserne. Makerspace inden for institutionelle rammer som en folkeskole eller på LU må derfor være anderledes, end det oprindeligt var tænkt. Frivilligheden er begrænset og sat i rammer. Hvis man skal lade den indre motivation hos den enkelte studerende drive læringen frem, så risikere vi, at efterlade de usikre, som vil opleve denne opgave som uoverskuelig. Derfor mener vi, at når vi taler makerspace i institutionelle rammer, så bør der være perioder med færdighedstilgængelse og perioder, hvor der dykkes ned i kreative og innovative projekter, som kan være mere eller mindre rammesat. Det vi kan tage med fra Papert og Resnicks tanker er idéen om god inspirerende undervisning, som giver den enkelt lyst til at dykke ned, eksperimentere og undersøge mere. Derfor arbejder vi i vores tilgang inspireret af Resnicks tanker om **low floor, high ceiling and wide walls** (Resnick, 2018, 2019). Det handler om at strukturere undervisning således, at der er "low floor" dvs. alle kan være med og få succes. "High ceiling" betyder, at for dem der har lyst og evner til at løbe hurtigt af sted, så er der også en mulighed. Wide walls betyder, at projektet skal tilbyde mange forskellige typer af løsningsmuligheder. På den måde har alle mulighed for at se sig ind i undervisningen.

Paperts konstruktionisme arbejder med at lære ved at konstruere ting. Ifølge Edith Ackermann, så har Papert fokus på:

"(...) learning through making rather than overall cognitive potentials, Papert's approach helps us understand how ideas get formed and transformed when expressed through different media, when actualized in particular contexts, when worked out by individual minds." (Ackermann, 2001, p. 4)

Men Ackerman bygger videre på Paperts tanker. Papert forklarer om processen med at konstruere og skabe, at man bliver embedded i sit projekt ved at "dive in" og blive en del af det. Det minder på mange måder om det, som i kreativiteten benævnes flow. Et begreb udviklet af Csikszentmihalyi (Hammershøj, 2012, p. 122), beskrevet af Hammershøj, som den lystfulde tilstand, hvor ens kreative arbejde flyder ubesværet, og man fortaber sig i sit projekt eller værk og glemmer alt om tid og sted. Ackermann argumenterer, at læring på denne måde, også kræver perioder af "stepping back", hvor den lærende træder tre skridt tilbage og kigger ind på sit projekt udefra, hvilket vi kun kan tilslutte os.

Ackerman siger om det:

"To conclude, both "dwelling in" and "stepping back" are equally important in getting such a cognitive dance going. How could people learn from their experience as long as they are totally immersed in it. There comes a time when one needs to translate the experience into a description or a model. Once built, the model gains a life of its own, and can be addressed as if it were "not me." From then on, a new cycle can begin, because as soon as the dialog gets started (between me and my artifact), the stage is set for new and deeper connectedness and understanding". (Ackermann, 2001, p. 10)

Når den lærende træder tilbage fra det, som denne har konstrueret, er det her der sættes ord på oplevelse, som kan deles med andre.

Så vi arbejder altså med en forståelse af læring som en konstruktion, som foregår i de lærende. Læringen kan tage form af færdighedstilægnelse, men arbejdet med eksperimenter og afprøvninger kan være en måde for de lærende at konsolidere og forankre deres viden, samtidigt med at det i højere grad drives frem af indre motivation.

Dermed kan man sige, at læring i vores forståelse altså en kobling af flere forskellige processer, og det handler om at balancere en tilpas mængde af færdigheder og samtidig at give plads til undersøgelser og eksperimenter, som motiverer og kan være med til at udvikle idéer. Perioderne med færdighedstilægnelse må ikke blive dekontekstualiseret fra perioder, hvor den enkelte arbejder kreativt og skabende. Af-sættet for at kunne arbejde kreativt og få en idé, som man gerne vil udføre, udspringer ofte af de færdigheder, man lige har lært. Derfor er det væsentligt, at de færdigheder, som den lærende tilegner sig sættes i spil i friere rammer.

Det fører os over i, hvordan man mere konkret kan stilladsere de skabende processer i makerspace.

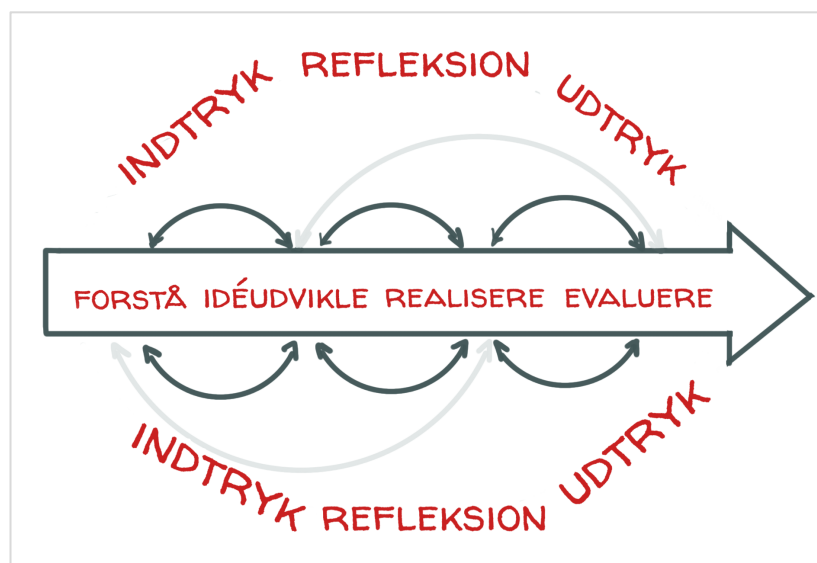
4.3 Kreativ og innovativ undervisning i makerspace

Når man taler om kreativ og innovativ læring, så arbejder vi med en forståelse af kreativ tænkning, som ikke er en særlig form for tænkning for de udvalgte. Kreativ tænkning er en grundlæggende egenskab ved det at være menneske.

Vi forstår læring som en konstruktion, og det gør sig også gældende for kreativ læring. Men kreativitet opstår, som vi tidligere har beskrevet ikke af sig selv. Det skal kobles på tilegnelsen af nogle færdigheder, der kan være såvel håndværksmæssige såvel som kognitive. Færdighedstilegnelse er en vigtig brik i det kreative i makerspace, som ikke bør negligeres, idet der ikke er noget så frustrerende, som at have en god idé, men ikke færdighederne til at udføre dem. Denne færdighedstilegnelse tager tid hos den enkelte. Fra vores tidligere undersøgelser (Stub & Melin, 2018) har vi erkendt, at det er en proces, som ikke kan forceres. Men det bør den heller ikke, fordi det netop er ud fra læringen om værktøjer, materialer, programmer, deres muligheder og begrænsninger, at vi har erfaret den kreative læring ofte opstår.

Men kreativiteten og innovationen udspringer ikke udelukkende fra arbejdet med værktøj og materialer. Derfor inddrager vi Mitchel Resnicks tanker, hvor den kreative og innovative læring kan opstå ud af en legende tilgang til læring. Denne tilgang kan styrke læringen i makerspace ved at den kan kobles til motivation. I vores forståelse, så kan denne tilgang gå hånd i hånd med tilegnelsen af færdigheder.

Det fører os frem til, hvordan arbejdet med kreativitet og innovation kan stilladseres. Når vi påtænker, at vi arbejder med en uddannelsesmæssig kontekst, så giver det



Figur 7 Vores model af FIRE-Design

mening at lade arbejdet med kreative og innovative processer stilladseres via en designmodel. Her har vi valgt FIRE-Design, som de studerende arbejdede ud fra i vores undersøgelse. Modellen har vi videreudviklet siden, så den dels tydeligere viser de iterative loops, men også antyder, hvordan indtryk, refleksion og udtryk påvirker processen. (Austring & Sørensen, 2006, p. 149)

Vores model er en udbygning af FIRE-Design, hvor de fire faser er placeret i midten. Pilene angiver, at der løbende arbejdes iterativt med spring frem og tilbage i faserne. Uden for modellen ligger de indtryk, som man påvirkes af i sin proces, den løbende refleksion over processen, mens den finder sted og også de udtryk, som ikke kun er tænkt som produktet, men også udtrykkene, som løbende opstår i løbet af processen. Modellen er udviklet på baggrund af vores empiri, og de studerende er ikke introduceret for den, men for den oprindelige FIRE-Design. Senere vil modellen anvendes til at analysere de skabende processer, som de finder sted i vores undersøgelse.

I det næste afsnit vi vil argumentere for vores didaktiske design, hvor ovenstående tanker om kreativitet, innovation og vores forståelse af læring i makerspace er tænkt ind.

4.4 Didaktisk design - Kreative processer og digitale teknologier

Vores undersøgelses omdrejningspunkt omhandlede et specialiseringsmodul på LU. De opdagelser vi i tidligere undersøgelser nåede frem til, er herefter udviklet i en iterativ proces og efterfølgende tænkt ind i et nyt didaktisk design.

Fra disse tidligere undersøgelser og på baggrund af Dreyfus brødrene og deres taksonomi tager vi med os, at håndværk skal læres, og at det er en proces, som tager tid. Hvorfor tid til fordybelse og gentagelse var et vigtigt element. Denne tilgang hænger også godt sammen med Tanggaard tanker om, at kreativitet udspringer af domænespecifik viden.

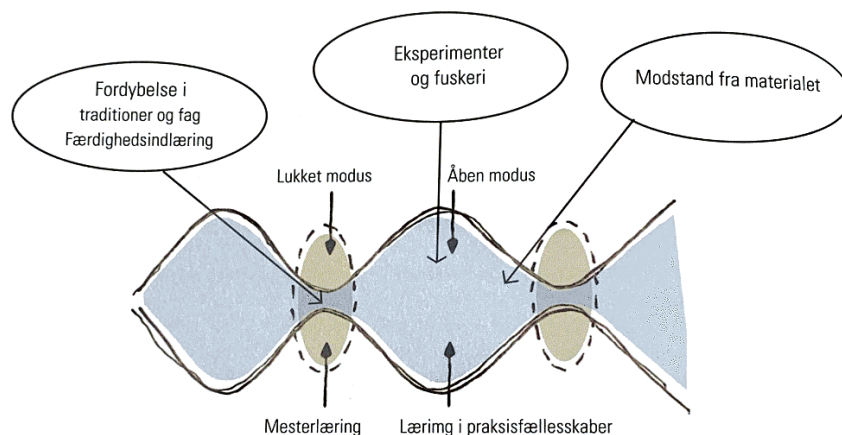
Endvidere udvider vi forståelsen af kreativitet med Tanggaards tanke om, at kreativiteten gøres mere tilgængelig og overskuelig, når der opstilles rammer; altså at arbejde på kanten af boksen i stedet for ud af boksen (Tanggaard & Stadil, 2015) Det vil sige, at vi i øvelserne opstiller rammer og benspænd, som de studerende skal arbejde indenfor. Dette spiller også godt sammen med Resnicks tanker om *low floor, high ceilings and wide walls, som også indtænkes* i designet (Resnick, 2018, 2019)

I forhold til at rammesætte de studerendes kreative og innovative arbejde anvendes FIRE-design, for dermed at have en ramme at bygge de studerendes arbejde over. For at en reel innovativ og kreativ undervisning for alvor skal finde sted, så kræver det at, man som underviser i sit design ikke lader de studerende gå med deres første indskydelse, men tilrettelægger undervisningen, så den fordrer at de bliver i de forskellige faser i længere tid.

Derudover stilles som et eksplicit krav til de studerende, at de skal reflektere over deres proces og produkter i deres refleksionsopgaver ud fra Akermanns tænkning om, at det ikke er nok at "*dive in*", men at man også skal træde tilbage og reflektere eller evaluere processen. Det foregår via de studerendes opgaver kaldet DPO.

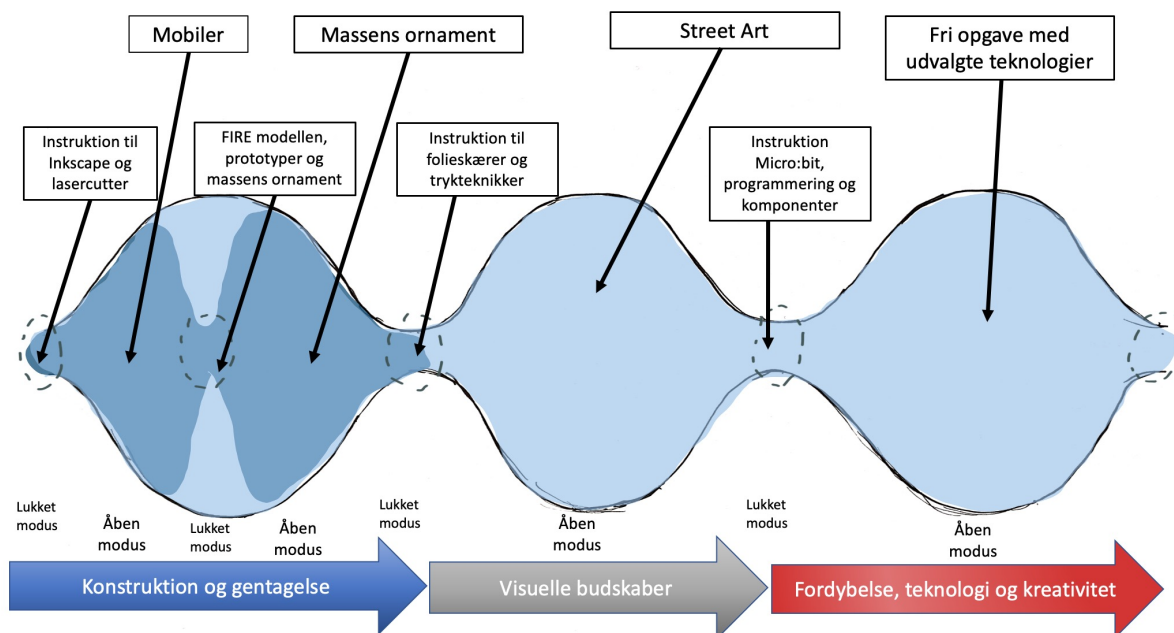
Ovenstående indtænkes i vores didaktiske design.

I vores didaktiske design arbejder vi ud fra en tænkning, som både skal tillade tid til at lære færdigheder, men også tid til at designe mere frit ud fra stillede opgaver for at sikre en tæt kobling mellem færdighedstilegnelse og designdelen. Modusmodellen udviklet af Zachariassen og Eskildsen (Zachariassen & Eskildsen, 2016) er den didaktiske model, som vi har struktureret vores didaktiske design ud fra. Modellen er bygget op med henholdsvis åbne og lukkede modi eller perioder. Hvor de lukkede modi indeholder perioder med færdighedstilegnelse både håndværksmæssige og faglige. Det lærte fra de lukkede modi, sættes efterfølgende i spil i de mere åbne modi, hvor der lægges op til mere åbne projekter.



Figur 8 Zachariassen og Eskildsen. 2016. p 110

I de lukkede modi er undervisningen præget af undervisningsprincipper med afsæt i mesterlæreprincipperne dvs. fælles instruktion i de digitale værktøjer eller maskine, videovejledninger, tastevejledninger, vejledning fra undervisere, små færdighedsorienterede øvelser. Men der arbejdes også med perioder med eksperimenter og fuskeri. I de åbne modi arbejdes med egne designs og mere frit. Undervisningen baseres på sidemandsoplæring, vejledning fra undervisere og medstuderende. Graden af åbenhed i de åbne modi kan variere, alt efter hvilke færdigheder de studerende har tilegnet sig, og hvor øvede de er i forhold til håndværket.



Figur 9 Model af vores didaktiske design

I ovenstående model er vores didaktiske design udfoldet ud fra modusmodellen. I vores version er den håndværksmæssige gentagelse tænkt tydeligere ind, end der lægges op til fra Zachariassen og Eskildsen, idet vi har erkendt, at de fabrikationsteknologier og de digitale værktøjer, som anvendes i makerspace tit har en høj grad af kompleksitet, og de kræver mere af deltagerne af sætte sig ind i. Endvidere er der ofte mere end håndværk på spil. Her forstået på en måde som håndens arbejde med materialer og værktøjer. Fabrikationsteknologierne kræver derudover også en stor viden dels om maskinerne, men også viden om digital design, og hvordan man navigerer rundt i værktøjerne på en anden måde, end de studerende er vant til. Derfor er der i modellen indtænkt en logisk progression, hvor det digitale værktøj Inkscape er gennemgående i hele forløbet fra start til slut.

Vi vælger desuden at forblive i fabrikationsværktøjer, som arbejder med 2D design (X og Y – akse) og fravælger at arbejde med digitale værktøjer, der arbejder i et 3D plan (X, Y og Z-akse), fordi vores tidligere erfaringer har vist os, at dette spring til at indtænke det rummelige element i processen er vanskeligt for begyndere. Det er dog stadig muligt at arbejde 3D for de studerende, de skal bare indtænke den tredje dimension på en anden måde fx ved at lave prototyper i pap, hvor de afprøver deres design.

I forhold til maskinerne startes med lasercutteren, da den tager længst tid at sætte sig ind i, og den åbner op for mange muligheder for at arbejde både i bløde og hårde materialer. Desuden planlægges, at alle studerende skal nå igennem at få et sikkerhedsbevis, som giver dem mulighed for at arbejde med maskinen selvstændigt og uden for almindelig undervisning.

Efter lasercutteren introduceres de studerende for folieskæreren, som ligesom lasercutteren arbejder i et 2D plan og også kan skære. Men hvor lasercutteren skærer med varme (laserstråle), så skærer folieskæreren med en kniv. Folieskæreren kan skære i forskellige bløde materialer, men har den fordel fremfor lasercutteren, at den ikke brænder og soder materialets kanter. Derudover er maskinen lille, og man kan nemt have flere i gang på samme tid i et undervisningslokale, hvor man som oftest kun har én lasercutter. I sidste modi bliver de studerende introduceret for Mico:bit og programmering i MakeCode (programmeringsværktøj). Efterfølgende skal de udvikle et projekt i grupper eller individuelt, hvor mindst én af de tidligere introducerede teknologier tænkes sammen med Micro:bitten.

I næste afsnit redegøres for, hvordan forløbet i praksis blev afviklet med studerende.

5 I Praksis – hvad der så skete

5.1.1 Før opstart af specialiseringsmodulet

Denne undersøgelse startede ud med møder med underviseren fra LU, hvor modulbeskrivelsen, formål med modulet og en beskrivende tekst blev forfattet. Der blev aftalt et formelt samarbejde mellem CFU (Center for undervisningsmidler) og LU, og rammerne omkring deltagelsen blev aftalt. Underviseren fra LU havde hovedansvar for det fagfaglige indhold på modulet og sikrede, at det blev tænkt meningsfuldt ind i forhold til fagene og de krav, som ellers er på LU. Her er det vigtigt at notere, at hun modsat os havde indgående kendskab til målgruppen og havde undervist flere af deltagerne i forbindelse med deres linjefag i billedkunst eller HD eller i forbindelse med andre specialiseringsmoduler, samt at hun havde kendskabet til værkstedet, hvor undervisningen foregik. Som CFU-konsulenter deltager vi til tider på LU, men det er ikke vores primære målgruppe.

Som en del af modulet blev aftalt, at de studerende skulle have et sikkerhedskursus til lasercutteren, så de kunne bruge den uden opsyn og uden for undervisningstiden og på den måde blive mere fortrolige med den.

Da modulbeskrivelserne blev sendt ud, kunne de studerende melde sig på modulet. Dette specialiseringsmodul har ikke været udbudt før, hvorfor der ikke blev forventet mange tilmeldinger. Men 25 studerende meldte sig på, hvilket var på grænsen af, hvad værkstedet kunne rumme, og hvor megen teknologi vi havde til rådighed i lokalerne. Det blev planlagt, at de studerende først måtte anvende lasercutteren, når de havde bestået et sikkerhedskursus i brugen af denne.

Inden selve opstarten blev grovplanlægningen af modulet aftalt med underviseren. Krav om deltagelse, formalia og selve rammerne omkring undervisningen blev lagt op på LMS'et Its Learning, som er det LMS de studerende anvender i forbindelse med deres uddannelse.

5.1.2 Undervisningen i specialiseringsmodulet

5.1.2.1 Konstruktion og Gentagelse

Undervisningen startede ud den 19. februar med introduktion til modulet med os som undervisere. Der blev brugt tid på at sætte rammerne for specialiseringsmodulet og lavet øvelser, som skulle være med til at sætte rammerne omkring det kreative rum. De studerende skulle gennem blindkontur tegne hinanden på kort tid, mens de introducerede sig for hinanden. Det blev gjort med henblik på at sætte fokus på det, at turde fejle som værende en vigtig brik i kreative processer ud fra devisen om, at fejlen er min læremester. De studerende blev derudover introduceret for det vigtigste digitale værktøj, som de skulle arbejde med i modulet, Inkscape. De blev efter en kort introduktion til brugerfladen i Inkscape delt i to hold, hvor gruppen som havde brug for megen hjælp, fik mulighed for at gå langsomt frem, mens det andet hold arbejdede med at blive introduceret for udvalgte funktioner og derefter arbejde mere frit at undersøge og eksperimentere med dem. Det blev omtalt som at gå på opdagelse.

Den næste gang var der introduktion til lasercutter og til forløbet **Konstruktion & Gentagelse**, som var det første af tre forløb de studerende skulle igennem på specialiseringsmodulet. Her skulle de studerende designe en **Mobile** med nonfigurative figurer inspireret af kunstneren Alexander Calder.

Desværre var der problemer med lasercutteren, som denne dag ikke kunne skære. Så allerede her begyndte vi at komme bagefter i forhold til, at de studerende kunne få erfaringer med at skære deres ting ved lasercutteren.

Den tredje undervisningsgang, var lasercutteren klar og kunne skære. Nu var i stedet oparbejdet en pukkel af studerende, som alle gerne ville have deres figurer skåret, så de kunne komme videre med at montere deres mobile. Der var lang kø til lasercutteren, og i løbet af denne time og de næste gange begyndte de studerende at blive frustrerede over ikke at kunne få deres designs skåret, når de havde designet klar på computeren.

Der blev lagt læringsressourcer på It's Learning med instruktionsvideoer og dokumenter med oversigt over genvejstaster mv. På den måde kunne de studerende gå til arbejdet med at lære værktøjerne på den måde, som passede dem. Derudover blev undervisningen i værkstedet struktureret således, at der var én underviser ved lasercutteren, en som hjalp med de digitale værktøjer og én som hjalp med andet som fx. at vise de studerende, hvordan de skulle arbejde med metaltråden i monteringen af mobilene.

Efter arbejdet med mobilen gik de studerende over til at arbejde med **Massens Ornament** og en designopgave, hvor de enten skulle designe smykker eller en installation. Det arbejdede de med de næste gange. Et benspænd i opgaven var, at de skulle arbejde med gentagelsen, og de skulle arbejde ud fra designmodellen FIRE-design. De skulle desuden udarbejde prototyper i arkitektpap, så de kunne opnå en rumlig opfattelse af deres design. I opgaven blev der desuden stillet krav om at reflektere over deres proces gennem FIRE-design i en skriftlig opgave (DP01). Der blev løbende afholdt korte individuelle prøver om sikkerhed ved lasercutteren. Den del tog lang tid og bremsede yderligere adgangen for at andre kunne komme til lasercutteren og bruge den.

Den 13. marts skulle de studerende fremlægge deres projekter for hinanden, men det var den dag landet lukkede ned pga. COVID-19. Forløbet blev derfor afsluttet med, at de studerende afleverede deres refleksionsopgave (DP01) på Its Learning, og undervisningen overgik til at blive virtuel.

5.1.2.2 Visuelle budskaber

De første dage efter COVID-19 ramte landet, brugte vi undervisere tiden på at få tilrettelagt et forløb, som var virtuelt. Vi valgte at holde fast i det planlagte tema, fordi vi håbede på muligheden for hurtigt at komme tilbage til campus og fortsætte forløbet. Men som tiden gik indså vi, at det ikke kunne lade sig gøre, og vi valgte at omlægge forløbet, så teknologien overgik fra folieskæring og overlocker til at blive et forløb med det digitale værktøj Scratch.

Den 25. marts overgik forløbet til at blive rent virtuelt. Der blev afholdt møde med de studerende på Zoom. På mødet introduceredes de studerende til Scratch, og de planlagte læringsressourcer i forløbet blev gennemgået. De studerende virkede ved godt mod. De spurgte aktivt ind til programmet og opgaverne. Der blev afholdt endnu et virtuelt møde, hvor studerende med behov for hjælp, delte deres skærm og fik hjælp af andre studerende og underviserne til at løse deres problemer. Derudover var der indimellem individuel vejledning over Zoom for studerende, som havde brug for det. Den 6. maj afsluttedes forløbet med studerende på Zoom.

De studerende udarbejdede en refleksionsopgave over deres arbejde i forløbet kaldet DP02.

5.1.3 Efter specialiseringsmodulet

Efter modulets afslutning blev foretaget tre fokusgruppeinterview med studerende og et interview med underviseren fra LU.

6 Empiri

6.1 Indsamling af empiri

I dette afsnit vil vi redegøre for de indsamlingen af empiri, og hvorledes det blev anvendt og var med til at guide os i forhold til at udvikle tematikker for vores analyse.

- Interviews af to undervisere fra LU i henholdsvis billedkunst og HD
- Studerendes to afleverede deltagelsespligtige opgaver (DPO1 & DPO2)
- Vores logbogsnotater
- Fokusgruppeinterviews (3 interviews med i alt 9 studerende)
- Interview med deltagende underviser på specialiseringsmodulet

6.2 Empiriske opdagelser

6.2.1 Interview af undervisere på læreruddannelsen, som ikke deltog i vores case

I begyndelsen af forløbet valgte vi at afholde to interviews med undervisere på LU, som ikke var deltagere i vores specialiseringsmodul. Formålet var at få mere indsigt i fagene og målgruppen. I interviewet blev spurgt ind til holdninger til arbejdet med digitale værktøjer og fabrikation i deres fag som et udtryk for generelle holdninger til dette på LU.

Da interviewene blev foretaget virtuelt, valgte vi på forhånd at fremsende interviewguiden (bilag 4) til de to deltagere, så de havde mulighed for at forberede sig på interviewene. Undervejs i interviewene kan man indirekte høre, at den ene underviser, LU1, har læst det tilsendte og skrevet fyldige noter, mens det i det andet interview forekommer, at LU2 ikke har læst det tilsendte, hvorfor dennes udsagn kan virke en smule mere uovervejede.

Begge undervisere fortæller, at de har en del års erfaring inden for deres to fag.

LU1 underviser i billedkunst. Hun fortæller, det vigtigste de studerende skal tage med fra hendes fag, er lysten til at kommunikere visuelt gennem forskellige redskaber. Hun vægter evnen til at kunne give udtryk for sine meninger i billedkunst. At børn også gennem faget lærer at ytre sig om deres livsverden.

LU1: *Ja ja. Øhh, og det er jo.. at de kan lære børnene eller give videre.. det her med.. at det er spændende og interessant at kommunikere visuelt... og kunne give udtryk for meninger og holdninger igennem.. igennem kreative processer og med varierende redskaber. Ikke kun verbalt men men men .. netop visuelt. Det er så selvfølgelig også den dannelsestænkning, vi har rigtig meget fokus på i faget i de her år øhm.. som som går på det her med at ytre sig. Det her med at at.. give sine holdning til kende. (bilag 5, page 3)*

Så LU1 beskriver, at hun vægter den visuelle kommunikation, som en del af den dannelsestanke, som er som vigtig i faget.

LU2 som underviser i HD, forklarer til samme spørgsmål:

LU2: *Altså, noget af det, jeg synes er vigtigst, i hvert fald set fra min vinkel, og også med det nye fag, det er evnen til at kunne problemløse. Evnen til at kunne definere et problem og ikke øh.. altså ikke fortvivle over, at der opstår et problem. Men et problem i virkeligheden er en energikilden til...til den videre vej. At man definerer et problem, og man prøver at løse det problem. Og så arbejder man videre, og så opstår der et nyt problem. Øh, og det løser man. Og på et bredere perspektiv, så vil det kunne bruges i en fremtidig verden ikke, at man er åben over for øh... at kunne problemløse. (bilag 5, page 21)*

LU2 forklarer videre om faget, at fordi det stadig er et meget nyt fag, så har det ikke helt fundet sine ben, og der er stadig forskellige fraktioner inden for faget, som trækker i forskellig retning.

Det vi kan tage med videre er, at fagene omend de begge på nogen måde minder om hinanden, så er det analoge håndværk og problemløsning vigtig i HD, mens i billedkunst i højere grad har fokus på at kommunikere visuelt. At børn skal lære, at de har en stemme i samfundet.

6.2.1.1 Kreativitet og innovation

I forhold til spørgsmål om, hvordan der tænkes kreativitet og innovation i deres fag, så er LU2 optaget af, at der efter hans mening stilles alt for store krav til eleverne i folkeskolen om at opfinde noget fuldstændigt nyt, som aldrig før er set. Den holdning agiterer han voldsomt mod. Til spørgsmålet om hvorvidt børn skal opfinde noget nyt og aldrig set før svarer han:

LU2: *Kan man det? Nej, al design udspringer jo af noget, der er lavet før. Så jeg egentlig mest optaget af, at man har noget, som man forholder sig til, også prøver at redesigne eller prøver at nytænke det. (bilag 5, page 28)*

Undervejs i interviewet udtrykker LU2 flere gange sin store respekt for håndværkeren og ingeniøren. Folk som kan finde på løsninger af praktiske problemer. På den måde mærker man med LU2 en person, som er dybt forankret i håndværket.

Til samme spørgsmål siger LU1, at hun tænker meget over at sætte scenen for det kreative rum i sin undervisning, fordi hun har erfaring for vigtigheden af det. I arbejdet med designmodeller og innovationsmodeller, hvor de studerende arbejder med at idégenerere, beskriver hun, at de studerende ofte er svære at få til at blive i processerne. De går gerne efter deres første indskydelse.

Så det vi kan tage med fra de to interviews med LU2 og LU1 om kreativitet og innovation er, at det kreativiteten i undervisning har bedst af at have rammer at spille op af, og at de studerende kan have en tendens til at negligere processerne og gå i eksekveringsmode. En opmærksomhed vi tog med os i udarbejdelsen af det didaktiske design.

6.2.1.2 Digitale fabrikationsteknologier

Omkring erfaringer med digital fabrikationsteknologi på LU har både LU2 og LU1 en smule erfaring. LU1 forklarer, at hun vælger at have gæster på besøg i undervisningen til at undervise i det, hun ikke selv kan. Men begge ser de mange muligheder i arbejdet med digitale fabrikationsteknologier. LU1 oplever, at hun mangler tid til at sætte sig ordentligt ind i området.

LU1: Jah, men, men jeg synes bestemt, der er nogle muligheder. Jeg ser nogle muligheder både i forhold til ...jah arkitekturforløb.. byggerier.. At bruge teknologier der. Men også også mønsterdesign. Det har vi to talt om tidligere ikk'?. Der er virkelig mange muligheder for at få ført de her mønsterdesign ud i livet. At man ikke bevidstløst skal sidde og, og og trykke en grim pige eller tegne det, hvor det bliver en kedelig proces på den her måde. Hvor teknologien kan blive en spændende proces. Og resultatet igen - warw. Ikk'? (bilag 5, page 15)

Flere gange taler hun igennem interviewet om warw-effekten, som teknologien har i hendes fag. Det kan både være noget, man kan blive lidt bekymret over, men omvendt, så kan det jo også være en motivation for nogen til at komme i gang. Men der skal arbejdes med, at det ikke kun bliver en warw-effekt.

LU2 har kun sparsomme erfaringer med digital fabrikation, men han er interesseret i området. Særligt maker-delen inspirerer ham, og han taler gerne om sine rejse til Avind Gupta i Indien.

Så de er begge positivt stemt for arbejdet med digital fabrikation i deres fag, men har ikke mange erfaringer med at stå for undervisning inden for område. De oplever rammerne for deres ansættelse ikke gør det muligt at udvikle sig i den retning, som det er på nuværende tidspunkt.

6.2.1.3 Teknologiforståelse

Begge er de positive over for det nye teknologiforståelsesfag. LU2 forklarer, at han nok har en lidt anden indgang til det, men at det stemmer godt overens med den fagopfattelse han har.

LU2: Men jeg synes teknologiforståelse er kanonspændende. For det ligger jo, de ligger inden for det felt, ikke dér hvor jeg har mit udspring, men jeg synes jo, det her er utroligt spændende og åbner for noget. Jeg har sådan et lidt andet syn på det. (...) Så jeg synes dér, hvor man har tingene i sine hænder er, ... altså er udgangspunktet. Dertil stiller vi interessant med de to. De to fag vil nu smelte sammen, i hvert fald det med den fagopfattelse, som jeg har af håndværk og design. (bilag 5, page 15)

LU1 synes teknologiforståelse er spændende, men er lidt bekymret for, om faget nu bliver en realitet. De afprøvninger, hun har set indtil videre inden for faget, har efter hendes mening været mindre nytænkende, end det hun havde forventet.

LU1: Altså det lidt jeg har set endnu, der har været lavet har ikke nødvendigvis været... øhm.. været så nyt. Altså det er nyt på det teknologiske felt, men men de resultater der kommer ud af det. Den kommunikation, den faglighed ind i mit eget fag der kommer, kunne lige så godt have ligget for 25 år siden.

Begge ser altså frem til et evt. nyt fag med nysgerrighed. Men som LU1 siger, at lige nu er det nyt med de digitale teknologier, men fagfagligt er det endnu ikke nyskabende. Hun udtaler sig kun om sit eget fag, og hun er bevidst om, at det nok er en del af processen. Men vigtigheden af, at det skal tænkes meningsfuldt ind i fagene, tager vi med som en vigtig pointe.

6.2.2 Logbog over specialiseringsmodulet

Logbogen (bilag 1) over specialiseringsmodulet indeholder vores refleksioner over undervisningen og giver et billede af processen set med vores briller, mens den foregik. Logbogen kan dermed give os et billede af processen. I logbogen kan vi se, at der som forventet er megen fokus på tilegnelse af færdigheder de første gange af undervisningen.

Den første undervisningsgang, d. **19. februar**, skrives følgende om de studerendes introduktion til Inkscape:

“Jeg oplevede at mange hurtigt stod af på introduktionen til Inkscape. Efter en intro på ca. 20 min. oplevede vi at lidt over halvdelen af de studerende havde fået lidt styr på det gennemgåede og gerne ville i gang med at designe deres egne mobiler, mens en lidt mindre gruppe stadig havde vanskeligt ved det, og fik en langsommere gennemgang med Tom.

Jeg gik med første gruppe ovenpå og de arbejdede videre, mens jeg gik rundt og vejledte individuelt og “stak dem lidt flere lunser” af værktøjet, hvor jeg fornemmede hvor de var.”

Det skal her nævnes, at holdet var på 25 studerende, som alle var til stede den dag. Hele holdet var placeret ved et langt bord, hvilket var den eneste måde vi kunne få alle til at kunne se skærmen. Derfor kobled de bagerste hurtigt af. Samme dag noteredes desuden om de studerendes tilgang til arbejdet med Inkscape: *“Min oplevelse var at det var teknologien som styrede deres proces, fordi de var meget usikre på værktøjet.”*

Næste undervisningsgang, **d. 21. februar**, bemærkedes det allerede, at frustrationen over Inkscape er i aftagende:

“Der var god stemning selv om det var surt at de ikke kunne få noget skåret. Oplever at de føler sig mere og mere fortrolige med Inkscape og allerede nu selv kan styre hvad de skaber. Sidste gang var det i høj grad teknologien, der styrede hvad de kunne skabe.”

Lasercutteren var desværre blevet skadet i transporten til campus, og de studerende kunne derfor ikke få skåret denne dag. Det betød ekstra pres på maskinen de efterfølgende gange.

Da de studerende **d. 26. februar** endeligt kunne komme til at skære på lasercutteren, måtte flere af dem erkende, at det også krævede kendskab til maskinen og mange oplevede, at der var ting de ikke havde taget højde for ved computeren, som fik betydning, når de stod ved lasercutteren.

“Det handlede om:

- *At designet var for stort til at kunne blive skåret på lasercutteren*
- *At havde glemt at lave indstillingerne for skæring på laseren korrekt.*
- *Man havde gemt filen forkert, så den kunne ikke findes på lasercutteren.*
- *Huller sat for tæt på kanten*
- *Træet (pladen af birkefiner) var skæv, så dele af figurerne blev ikke gennemskåret.”*

Så en del studerende iterede frem og tilbage i processen mange gange.

Den næste gang, **28. februar**, gik meget med at skære de studerendes arbejder, imens andre arbejdede med at montere og efterbearbejde dem. Her reflekteredes primært over, hvordan de studerende skulle få lært at arbejde selvstændigt ved lasercutteren.

“Min erfaringer fra nu er at de har lært det på mesterlære facon, altså ved at stå ved siden af mig eller Tom og i stigende grad selv overtage mere og mere med mig som back up, hvis de gik i stå eller blev i tvivl. Et par af de studerende er allerede nu så fortrolige med maskinen, at de er blevet sat til at hjælpe de andre ved maskinen nogle gange, så de fik erfaring i at lære videre.”

Den **4. marts** lærte de studerende om designprocesser og modellen FIRE-Design. Desuden blev de introduceret til arbejde med prototyper.

Den **6. marts** var der igen frustrationer over manglende basale it-kundskaber, og hvordan det kom til at spille negativt ind i processen.

“Frustration over ikke at kunne Inkscape spiller ind. Manglende it kompetencer spiller negativt ind i processen. De studerende kan være usikre på, om de får gemt deres filer de rigtige steder. De kan ikke orientere sig i hvordan deres mappestruktur er opbygget. De kender ikke basale genvejstaster fx. kopier og indsæt, som på daglig basis vil gøre deres studie lettere.”

Samme dag var der også frustrationer over, hvordan de manglende kundskaber, bremsede de studerende i arbejdet med den mere frie opgave. De kunne ikke længere nøjes med at anvende de funktioner, vi havde lært dem. I processen med at designe opstod behovet for at kunne andre funktioner, som så måtte læres oveni.”

“Generelt var min oplevelse i går at rigtigt mange havde nogle idéer, men kæmpede med at kunne udføre dem i Inkscape fordi de endnu ikke var nået til at beherske det helt. Det er en fri opgave, og det svære er når teknologien bliver en barriere.”

Den **10. marts** bliver den sidste undervisningsgang, hvor studerende udtrykker frustration over, ikke at kunne komme til lasercutteren, når de har behovet for det.

“Maskinkursus for en del af de studerende og færdiggørelse af flere mobiler. Der er stadig stor frustration over ikke at kunne komme til maskinen, når man har brug for at skære noget. Der er hele tiden kø. Men det er jo netop maskinkurset, som gør at de studerende bliver i stand til at bruge maskinen uden for undervisningstiden og uden vi er til stede.”

Den **13. marts** skulle de studerende have fremlagt deres projekt og være blevet introduceret til det nye forløb med Konstruktion og Gentagelse. Men undervisningen blev lukket ned fra den dag grundet COVID-19. Undervisningen overgik herefter til at blive virtuel, hvilket kort noteres i logbogen.

6.2.3 De studerendes DPO-opgaver

De studerendes afleverede DPO -opgaver (Deltagelses Pligtige Opgaver) giver os et indblik i refleksioner og tanker, de gjorde i og omkring teknologierne, deres proces med at lærer værktøjer at kende og deres evne til at arbejde kreativt og innovativt med værktøjerne.

Af de tre opgaver, som de studerende afleverede, vil vi analysere de to af dem. Den sidste er ikke relevant og består mest af billeder af street art fra deres lokalområde og derfor fravalgt som empirisk materiale.

6.2.4 DPO - opgave - Konstruktion og gentagelse

I slutningen af det første forløb, Konstruktion og gentagelse, udarbejdede de studerende en DPO-opgave (bilag 02), hvor de reflekterede over deres proces ud fra FIRE-Design, som de var blevet introduceret for i dette forløb. De studerende reflekterede i opgaven over hele forløbet, som indeholdt to øvelser: **Mobilen og Massens Ornament**.

Efter gennemlæsning af opgaver kunne udledes følgende overordnede tematikker, som kan give os uddybende viden om vores problemstillinger:

- Den kreative proces
- Eksperimenterende og legende tilgang
- Prototypearbejde
- Færdigheder (maskine og program på computeren)
- Frustration

Følgende beskrivelse er struktureret ud fra disse tematikker.

6.2.4.1 Den kreative proces

I arbejdet med både mobilen og Massens ornament kan vi konstatere, at de studerende havde forskellige indgangsvinkler til deres kreative arbejde. Vi så studerende, som havde en klar idé, og som målrettet forfulgte den. Vi så studerende, hvis indgangsvinkel var at gå i dialog med materialet eller det digitale værktøj og lod deres produkt opstå undervejs. Men mest så vi studerende som havde en idé, men som valgte at skifte retning undervejs grundet nye erkendelser.

“Jeg prøvede at tegne den ind og endte med at gøre det af flere omgange. Det var en svær teknisk proces som udfordrede min tålmodighed, da jeg ikke havde valgt en forholdsvis nem figur. Samtidig med, at jeg blev frustreret over at skulle starte forfra flere gange, blev jeg ligeledes stædig og fastholdt min idé. Jeg oplevede dog afslutningsvist en stor succesfølelse, da jeg blev færdig, hvilket indikerede, at det var godt jeg fastholdt min idé og ikke skiftede til en nemmere figur.” (bilag 2, S1, page 4)

Den studerende nåede delvist i mål med opgaven og lærte meget undervejs både om det digitale værktøj Inkscape, om at arbejde med vektorer og om lasercutteren og dens muligheder. Hun udtalte, at det oplevedes som en succes at komme i mål med sin idé.

Andre studerende valgte at have en langt mere diffus idé, og gik i dialog med materialer og det digitale værktøj og dets muligheder. En studerende var inspireret af COBRA-malerne og deres tilgange til den kreative proces. Hun skrev om arbejdet med sin mobile:

“Arbejdet med mobilen var meget at føle sig frem og prøve noget som materialet nu tillader. Jeg var glad for opgaven med mobiler da den tillader mange forskellige løsningsmuligheder og udtryk.” (bilag 2, S19, page 106)

Andre igen havde en idé, men tillod den at ændre sig undervejs.

“Min færdigproduceret mobile består af tidligere skåret figurer i forskellige materialer, da der var pres på i forhold til at komme til at skære. Hvilket ikke genere mig, da jeg godt kan lide at tænke om at være miljøbevidst, ved at bruge materialer som andre eventuelt har kasseret eller haft i overskud.

Så jeg fandt alle stumperne frem, lagde dem på bordet foran mig, sorterede dem ud fra hvad der ligner mest min skitse” (bilag 2, S4, page 19)

Vi så dermed tegn på, at den kreative proces kunne tage form på mange forskellige måder og med forskellige indgange.

En del studerende beskrev at FIRE-design modellen var en god model til at stilladsere deres kreative proces over, mens det forekom at andre anvendte den, fordi det var et krav.

6.2.4.2 Eksperimenterende og legende tilgang

I planlægningen af undervisningen havde vi på forhånd tænkt den eksperimenterende tilgang ind, som en indgangsvinkel til at lære nye funktioner i de digitale værktøjer med henblik på at få idéer til deres videre arbejder. Om det fortalte en studerende:

“Det var en spændende proces at arbejde i programmet på computeren og lærer omkring flere forskellige funktioner til at udvikle, redigere og videreudvikle figurerne. Jeg kunne have brugt en masse tid på at sidde og lege med at ekstra montere på figurerne i programmet.” (bilag 2, S4, page 18)

En anden fortalte: *“Programmet gav mulighed for at man kunne “lege” med formerne på figurerne”* (bilag 2, S21, page 112)

Denne eksperimenterende tilgang blev også nødvendig i andre dele af processen, hvor en del kæmpede med at få deres mobile i balance og her måtte eksperimentere med mange opstillinger for at lykkes.

“Og hvordan bygger man så en mobile op, min tanke var jo at det ikke var nemt at skabe balance da materialerne ikke er ens i vægt.” (bilag 2, S21, page 113)

Efterfølgende forklarede hun processen med at montere og balancere mobilen og fotodokumentere undervejs processen. Hun blev så betaget af opgaven, at hun valgte at arbejde videre med mobiler i øvelse 2, Massens ornament.

Flere studerende nævner eksperimenter.

6.2.4.3 Prototypearbejde

En af de opdagelser, som vi på forhånd ikke havde forventet var, hvor meget arbejdet med prototyper kunne betyde for de studerendes designs. En studerende havde planlagt at arbejde med en skulptur inspireret af den snoede form i en DNA-streng.

“Da jeg gik i gang med at lave min DNA-streng i arkitekt papir, gik det op for mig at man primært kun kan lave “2D”-print i lasercutteren, og derfor ville det ikke kunne lade sig gøre at lave de kugler som findes i DNA’et, samt hvordan det skulle sættes sammen. Jeg prøvede derfra at gøre formen mindre kompleks og uden de tredimensionelle former, hvor jeg først endte med et ‘timeglas’, og dernæst en ‘propel’. Da jeg satte mine former sammen begyndte det mere at ligne en rygrad med et enkelt design, og derfra gik jeg med idéen om en rygrad. Jeg prøvede derefter at lave rygraden i forskellige størrelser og tykkelser.” (bilag 2, S9, page 36)

Den studerende havde i sit indledende arbejde ikke erkendt, hvilke muligheder og begrænsninger, der lå i måden lasercutteren arbejder på. Gennem prototypearbejdet med arkitektpappet gik det op for hende, at hun måtte arbejde med udgangspunkt i 2D.

En anden studerende lavede en “reolstol”, og i arbejdet med prototypen fik hun en rummelig udgave af sin idé, som hun ellers kun havde set i 2D.

“Efter jeg skabte min prototype (...), begyndte min medstuderende og jeg, at rotere i prototypen således, at vi så den fra flere forskellige vinkler – måske fandt vi en vinkel på stolen, som kunne gå igen.

Her fandt vi ud af, at hvis man så stolen fra siden af, skabte det en figur/form, som kunne gentage sig og til sidst blive til ét endeligt værk.” (bilag 2, S18, page 98)

Samme studerende reflekterede videre i sin opgave over prototypematerialet, som hun så udfordringer i, hvis hun eksempelvis havde villet lave noget småt som et smykke.

Her oplevede nogle studerende, at prototypematerialet bremsede dem i deres idéer. Særligt de studerende, som lavede små ting som smykker, oplevede at arktitektpapir var vanskeligt at skære i og lave pænt.

Inden opstarten på vores case havde vi ikke særlige forventninger til arbejdet med prototyper, da vi ikke havde gjort os mange erfaringer med det. Men underviseren fra LU arbejdede ofte på den måde og introducerede metoden. Med prototypen kunne de studerende i 3D se deres design, som ellers kun havde været 2D på en skærm eller et stykke papir i skitsebogen.

6.2.4.4 Færdigheder – maskine og program på computeren

I afleveringen af denne første opgave blev ikke spurgt direkte ind til færdigheder i programmer på computeren eller færdigheder i forhold til lasercutteren. Men alligevel gjorde en del sig overvejelser i den retning. En studerende oplevede det som en proces med mange steps, som man skulle huske.

“At arbejde i inkscape og RDWorks er en besværlig process og der er mange arbejdsgange man skal huske og arbejde sig igennem før man står med det endelige produkt” (bilag 2, S3, page 15)

Eller en studerende som udtrykte frustration over manglende viden til at kunne udtrykke det, som hun havde i hovedet.

“Jeg følte mig lidt frustreret undervejs i mit arbejde i inkscape, fordi jeg ikke følte at jeg havde nok viden om programmet til at lave de ting som jeg havde forestillet mig”. (bilag 2, S20, page 109)

Men der var også studerende som i opgave 2, Massens Ornament, begyndte at føle sig mere fortrolige med programmer og maskinen.

“Jeg havde kendskab med Inkscape fra min forrige opgave med mobilen, hvilket gjorde det mere overskueligt at tilgå denne opgave om ”massens ornamenter”; idet jeg var mere tryk ved programmet Inkscape, gav dig mig en ny indsigt at lære på.” (bilag 2, S18, page 100)

Andre reflekterede over, at både programmerne og maskinen (lasercutteren) skulle i hænderne, for at man kunne huske de mange tryk.

“Min didaktiske reflektion over min egen proces er at jeg har skulle lave alt selv, men med lidt hjælp fra Tom og Helle, hvis det var problemer med Inkscape. Men jeg har selv skulle have tingene i hænderne som har gjort at jeg har lært at bruge Inkscape og RD-works. Jeg synes laserskæren har været svær og bruge. Men jo mere jeg fik laserskæren mellem hænderne, jo nemmere blev den og bruge. Jeg synes desværre stadig den er lidt svært at bruge, i forhold til hvilke knapper man skal trykke på hvornår.” (bilag 2, S10, page 53)

Flere omtalte det at lære, hvordan materialerne opførte sig i maskinen. De fremhævede både maskinkendskab og materialekendskab. Det nye var, at teknologierne var digitale.

“Første forsøg på lasercutteren med birkefiner. Jeg var lidt for hård ved min figur da jeg skulle slibe de lidt brændte kanter. Derfor konkluderede jeg at mobilen skulle bygges med akryl figurer.” (bilag 2, S2, page 7).

De studerendes refleksioner er det øjebliksbillede af, hvor de var, mens de var i gang med lasercutteren. Der var i begyndelsen høj frustration hos flere, som dels handlede om, at det var en helt ny proces for dem, og at der var to nye digitale værktøjer, de skulle lære.

6.2.4.5 Frustration

Flere studerende udtrykte frustration som en del af forløbet.

En studerende reflekterede over det. Hun virkede bevidst om, at frustration er en del af den kreative proces, men hun følte sig her i forløbet på daværende tidspunkt frustreret i en grad, som hun ikke var sikker på, var kreativ befordrende.

“Man siger at man bliver bedre i processen når man bliver frustreret. men for første gang blev jeg det faktisk ved at jeg ikke kunne komme til laserskæreren når jeg var klar til det og jeg var frustreret over de blade jeg skulle tegne i inkscape for de ville ikke lige altid som jeg ville. det kan godt være enormt frustrerende når et program ikke lige vil som man gerne vil have det til at virke.” (bilag 2, S16, page 90).

Flere uddybede deres tanker til didaktiske overvejelser over, hvordan de ville strukturere undervisning med elever for ikke at nå ud i for megen frustration.

6.2.5 Visuelle budskaber

De studerende arbejdede i deres sidste opgave (DPO2) (bilag 3) med temaet Visuelle budskaber.

Følgende tematikker er udledt af DPO2:

- Visuelle budskaber om COVID-19
- Læring på afstand er svært
- Andre tilgange til at lære

Opgaven hed: Danmark Lukker ned. De studerende udførte et street art produkt på papir, inspireret af kunstneren "HuskMitNavn". Et benspænd var, at de studerende skulle have en satirisk/ humoristisk / ironisk tilgang, og de skulle arbejde med strengen som udtryksform, og kun i sort og hvide farver. Dette forarbejde skulle bruges til det egentlige produkt i Scratch, hvor de efterfølgende skulle designe et spil eller et interaktivt billede.

6.2.5.1 Visuelle budskaber om COVID-19

Indholdsmæssigt bar alle de studerendes opgaver præg af, at de var lavet lige i begyndelsen af perioden, hvor COVID-19 kom til landet. De studerende var optagede af håndsprit, toiletruller, hamstring og virussen, som angreb landet. Enkelte formåede at brede temaet en smule ud, så det omfattede fx. holdninger i samfundet omkring unges opførsel under epidemien.

"Første inspiration var i medier fra verden omkring os i starten af Corona krisen. Der var hamstring af toiletpapir så jeg tænkt over at give liv til en toiletrulle og blev resten af ideer født derfra." (bilag 3, S7, page 12)

"Jeg lavede opgave 1. Mit Danmark lukker ned projekt var et fængsel hvor Corona flyver rundt uden for fængslet hvor Danmark er inde i fængslet. I mit Scratch-projekt har jeg taget fængslet for mit projekt og sat det ind, også flyver corona rundt. Jeg har ændret på det så i spillet gælder det om at samle corona virusserne ind i fængslet." (bilag3, S10, page 22)

6.2.5.2 Læring på afstand er svært

Som tidligere nævnt var det didaktiske design i den virtuelle periode i høj grad præget af det muliges kunst og hurtige beslutninger i processen. Mange studerende gav udtryk for det vanskelige ved at tilegne sig viden om og færdigheder i at bruge værktøjet Scratch, fordi en stor del af den proces blev overladt til dem selv derhjemme. Mange brugte den læringsressource, som vi havde lavet til dem i Padlet (Bilag 10), og særligt videoerne brugte de flittigt. Men flere af dem udtalte også, at de havde svært ved at arbejde selvstændigt uden videoerne.

“Jeg havde dog ikke mulighed for at være kreativ ift. hvordan spillet skulle virke da jeg ikke kunne andet end at følge guiden, som fortalte præcis hvad jeg skulle gøre. Derfor gjorde jeg mig heller ikke tanker om hvordan jeg kunne gøre spillet mere svært eller om hvordan man kunne vinde spillet. Derfor var min arbejdsproces helt styret af hvad videoerne forklarede, at jeg skulle gøre.” (bilag 3, S13, page 29)

På trods af at der blev holdt tre undervisningssessioner med Zoom, og vi undervisere holdt virtuel vejledning for studerende, som havde behov for hjælp, så udtrykte flere alligevel, at det var svært at sidde og lære det digitale værktøj selv.

“Min udfordring var nok også den – den mindre kloge kunne få hjælp af den mere erfarne. Face to face i den virkelige verden, i et rigtigt klasseværelse havde været det helt optimale.” (bilag 3, S15, 35)

Denne studerende efterspurgte her muligheden for sidemandsoplæring eller masterlære. Flere løste problematikken selv ved hjælp af en kæreste, lillesøster eller en studerende, som fik hjælp fra naboens søn.

6.2.5.3 Forskellige tilgange til at lære

Andre valgte at gå eksperimenterende til programmet.

“Denne måde at arbejde på er blot endnu en ny og kreativ del af undervisningen, og som alle andre kreative projekter fortrækker jeg, at sætte mig ned foran det og “lege” med det. Efter en periode med “leg” af projektet lægger jeg det fra mig, og går i tænkeboks, omkring den kreative del af det. Dette resulterer i at jeg igen sætter mig foran projektet og “legere” videre. Denne proces fortsætter til jeg er færdig med et produkt.” (bilag 3, S5, page 8)

De studerendes tilgang til at lære værktøjet var altså forskellig. Nogle ville gerne have en manual, andre så videoer, og igen andre valgte at få hjælp fra personer i deres omgivelser eller fra vejledere via Zoom. Nogle byggede Scratchprojekterne fra bunden, mens andre remixede (tinkering). Men overordnet set udtrykte alle, at de følte sig begrænsede i, hvad de formåede at udtrykke med deres interaktive billede eller spil, fordi de stadig manglede basal viden om værktøjet.

“Det hæmmer min kreative proces meget, når jeg skal arbejde med et digitalt værktøj. De designmæssige ideer jeg har, kan ikke løses pga. min digitale inkompetence. Det er frustrerende for min proces, at jeg hele tiden går i stå, for at skulle søge hjælp i guides eller videoer. Det at jeg er så dårlig til selve programmet gør, at jeg mister lysten for opgaven, selvom jeg faktisk synes at designdelen er sjov.” (bilag 3, S3, page 6)

Denne studerende oplevede helt at miste lysten til opgaven, fordi frustrationen over ikke at have færdighederne blokerede. Hun reflekterede videre over, at det ærgrede hende, fordi designdelen var sjov. Følelsen af begrænsning udtalte flere studerende.

“Jeg synes min kreative proces er blevet begrænset. Jeg føler ikke Scratch giver mig mulighed for at gøre det, jeg gerne ville, da jeg ikke kendte programmet ordentligt.” (bilag 3, S1, page 3)

Denne frustration over manglende kompetencer, som blokerede for de studerendes evne til at være kreativ, er vigtig. De evnede ikke at udtrykke det, de ønskede. Så at besidde basale færdigheder er en vigtig brik i processen med at kunne designe kreativt med et digitalt værktøj. Vi så det i forbindelse med det første forløb om Konstruktion og Gentagelse, og nu gentog det sig i forløbet om Visuelle budskaber.

6.2.6 Fokusgruppeinterviews

Fokusgruppeinterviewene blev afholdt virtuelt i tre omgange inden for en uge. De studerende blev delt i grupper på 2 til 4 personer. Da interviewene var virtuelle, var det vigtigt at få skabt en ramme for de studerende, som de kunne føle sig trygge i. Derfor valgte vi inden interviewet at sende deltagerne en grafisk faciliteret plakat (bilag 6A), som viste den rejse, vi skulle på gennem specialiseringsmodulet undervejs i interviewet. Plakaten blev det styringsredskab, som interviewet blev struktureret over i en præsentation (bilag 6B), som var vores interviewguide.

Afsnittet er struktureret efter overskrifterne fra interviewguiden, hvor de væsentligste pointer fra alle tre interviews trækkes frem.

- Hvordan tog arbejdet med teknologierne form (forløbet med lasercutter)?
- Hvordan påvirkes den kreative og innovative proces af arbejdet med teknologien?

- Arbejdet med digitale teknologier - Scratch
- Digitale fabrikationsteknologier i dit fag
- Andet

Deltagerne i interviewene er:

Interview 1: S15 & S7

Interview 2: S20, S3, S18 & S9

Interview 3: S18, S1 & S13

6.2.6.1 Introduktion

I begyndelsen af interviewet spørges ind til de studerendes alder, linjefag og interesser, som kan have relevans. De studerendes alder er repræsentativ for resten af holdets studerende, alle er kvinder, hvilket passer med, at 92% af holdet var kvinder. Alle deltagere er i gang med eller planlægger senere at tage linjefag i HD eller billedkunst.

6.2.6.2 Hvordan tog arbejdet med teknologierne form (forløbet med lasercutter)

6.2.6.2.1 Interview 1:

Til spørgsmålet om hvorfor de studerende har valgt modulet, svarer S7, at hun er interesseret i teknologi. S15 svarer, at hun er blevet overrasket over så meget digitalt, der er i modulet. Hun regnede med, at det var lettere.

Omkring hvordan det var at arbejde med Inkscape og RD Work fortæller både S7 og S15, at det var svært. S15. synes, der var mange ting at holde styr på. S7. oplevede, de andre studerende var meget hurtigere end hende. Begge oplever, at de lærte mest om de digitale værktøjer ved fælles gennemgang. Til spørgsmålet om at eksperimentere med værktøjerne svarer S15:

S15: "Nej. Altså jeg havde ligesom nok i det som jeg skulle holde styr på. Så jeg skulle ikke yderligere på opdagelse. (...) Altså jeg sådan skulle holde det, sådan meget adskilt. Nu kan jeg det, og så skal jeg. Det vil jeg beholde... i mit hoved. Så så jeg skal ikke blande det med noget andet, for så bliver det for meget." (bilag 7, page 4)

Til spørgsmålet om arbejdet med mobilen fortæller S7, at hun kæmpede med at få lavet huller i sine figurer. De blev med ikke at komme med i skæringen på lasercutteren. Men da hendes produkter var blevet skåret, blev hun overrasket over, hvor flotte de var.

S15 beskriver, hvordan hun ikke turde udfordre sig selv for meget på sværhedsgraden, da hun ellers var bange for ikke at nå det til deadline. Om arbejdet med Massens Ornament fortæller S15, at det blev nemmere for hende. Hun beskriver det som at blive mere professionel.

6.2.6.2.2 Interview 2:

Til spørgsmål om hvorfor de oprindeligt valgte specialiseringsmodulet, svarer S20 og S9, at de gerne vil lære nye værktøjer til billedkunst og bygge ovenpå faget. S18 har valgt det for at få adgang til et linjefag. S3 har taget modulet, fordi hun ikke kunne få det specialiseringsmodul, hun havde ønsket sig.

Angående erfaringer med værktøjerne så har S9 stiftet en smule bekendtskab med lasercutteren i et andet specialiseringsmodul, og S18 og S3 har arbejdet med Micro:bit før dog uden den store begejstring. S20 har ingen erfaring.

S20 fortæller om at eksperimentere med værktøjerne:

"Fordi det gjorde, at altså at jeg hurtigere fik en sådan en fornemmelse af hvordan man gjorde det sådan på egen hånd. Uden at det var... altså ...sådan du ved nogle punkter, jeg skulle igennem, eller sådan. Det var ... altså så lærte jeg det ligesom at kende.(bilag 7, page 4)

S9 giver udtryk for lignende glæde ved at måtte lege med værktøjerne. Det gjorde, at hun følte sig mere tryk ved dem.

Omkring første opgave med Mobilen fortæller S3, at det var godt, at opgaven var så rammesat, fordi så skulle hun ikke tænke så meget over at designe, men kunne fordybe sig i at lære teknologien.

Flere af deltagerne udtrykker dog, at teknologierne var svære, og de begrænsede deres kreativitet.

S18: Men jeg bare ikke, om jeg bare skulle tænke anderledes. Altså at jeg var i en situation, som jeg slet ikke var vant til. (bilag 7, page 24)

Omkring øvelsen med Massens ornament beskriver flere af deltagerne, hvordan deres design blev anderledes end planlagt, fordi de måtte foretage ændringer undervejs. S20 forklarer det med, at det var en ting at have en idé i hovedet, men noget andet at se den udført. S18 fortæller om det gode i at arbejde med prototyper, og hun beskriver, hvordan hun og en studiekammerat sad og hjalp hinanden i processen.

6.2.6.2.3 Interview 3:

Som svar på hvad deres grund var for valg af specialiseringsmodulet fortæller de studerende i dette interview følgende. Én har haft et andet modul, hvor de arbejdede lidt med lasercutteren, og som har inspireret hende. For to andre handler det om, at modulet kan åbne op for linjefag. S13 vil blot gerne supplere sit linjefag med noget mere.

Omkring kendskab til teknologierne på forhånd så kendte en enkelt RD Works fra arbejdet med lasercutter og en anden Scratch fra en praktik.

I begyndelsen var det sværeste i Inkscape, at størrelserne forskubbede sig på figurerne i overførslen mellem programmerne.

S19 har brugt en anden type lasercutter tidligere, og hun finder det svært at aflære den gamle arbejdsmetode. Hun oplever, at den nye maskine er mere besværlig og omstændig.

Både S1 og S19 oplever Inkscares brugerflade som overskuelig og intuitiv.

I arbejdet med mobilerne beskriver S19, at hun gerne ville noget andet end opgaven var defineret som. Som hun beskriver det, fik hun trumfet det igennem.

Flere fortæller om arbejdet med mobilen, at det analoge spillede ind i processen. Det være sig maling på figurerne eller stængerne som mobilen var opbygget af. Men også balance og tyngdekraft spillede ind i designet.

6.2.6.3 Delkonklusion:

Deltagerne vælger modulet af forskellige årsager, og deres erfaringer med teknologierne inden forløbet er forskellig. De fleste har på forhånd kendskab til enten lasercutteren eller Micro:bitten.

Mange oplever, at design på lasercutteren var svært i begyndelsen. Der var meget at huske. Nogle få lærer bedst ved tavlegennemgang, en del var glade for videoer til at understøtte dem, mens en større gruppe synes om den legende tilgang til at lære.

6.2.6.4 Hvordan påvirkes den kreative og innovative proces af arbejdet med teknologien?

6.2.6.4.1 Interview 1:

Da der spørges ind til, hvordan deres kreative og innovative proces blev påvirket af teknologien, beskriver S7, hvordan hun i sin proces kæmpede med at få styr på størrelsesforholdene og fik hjælp af en underviser.

Omkring arbejdet med FIRE-design modellen, så kendte de den begge på forhånd. S7 fortæller, at den var en god guide for hende. S15 beskriver, hvordan hun i sin proces springer mere rundt mellem faserne.

6.2.6.4.2 Interview 2:

S3 fortæller, at arbejdet med prototyper var med til at give hende et 3D perspektiv på sit produkt. Hun oplever, at hun i øvelse 2 var ved at få en smule mere styr på det.

Omkring arbejdet med FIRE-Design modellen så kendte flere af de studerende til den. S3 fortæller om sin proces med at erkende værdien af modellen:

S3: Men, men guderne skal vide at det virkeligt har været en lang proces for mig at komme dertil at acceptere, at det at være i processen i virkeligheden kan lige så meget, som det at have et færdigt produkt. (bilag 7, page 33)

S9 kender også modellen, mens den var ny for S18. Hun beskriver dog, at den minder hende om hendes egen arbejdsproces, hvor hun hopper rundt mellem forskellige faser.

Omkring hvad teknologierne kan i deres fag, er S18 lidt bange for, om frustrationen i arbejdet med teknologierne vil kunne få elever til at opgive.

S9 overvejer om teknologien i fagene kunne være med til at åbne op for de børn, som er mere hjemme med computeren og åbne op for deres kreative tilgang.

6.2.6.4.3 Interview 3:

S19 oplever, at den kreative proces var anderledes, fordi man ikke havde materialet i hænderne. S13 beskriver, hvordan den kreative proces blev styret af teknologien.

S13: Altså jeg føler, at når det har været noget som vi har gjort her, hvor det er et program, jeg ikke rigtigt kender. Så er det måske egentlig det, der sådan ... tager over og styrer hele min kreative proces. I forhold til at jeg ikke rigtigt ved, hvad jeg kan så jeg gør bare det ja, som programmet tillader mig. Jeg eksperimenterer måske ikke lige så meget, som jeg måske ville have gjort, hvis det var noget, som jeg havde haft i hænderne, sådan fysisk. (bilag 7, page 9)

S1. synes, at der særligt opstod barrierer i det sidste forløb om Massens Ornament.

Omkring designmodellen FIRE-Design fortæller S1 og S13, at de ikke har arbejdet med den før. Og S1 siger, at hun faktisk gjorde det samme som i modellen, men hun tænkte ikke over det, når hun var i faserne. Desuden mener hun, at den var god sammen med elever. S19 kender modellen, og modellen beskriver måden hun arbejder på.

Omkring arbejdet med Massens ornament fortæller S1 om sit arbejde med en hovedløs dame, som forårsagede en del problemer.

S18 beskriver, hvordan hun gik meget i proces, og ikke var egentligt optaget af produktet.

S1 og S13 arbejdede begge med prototyper. S13 kæmpede lidt med prototypematerialet.

I forhold til fordele /ulemper ved teknologien, så kan den få flere med, fortæller S1. S13 er enig med S1.

6.2.6.4.4 Delkonklusion:

Overordnet set oplever alle deres kreative proces som begrænset eller meget rammesat af teknologien. Prototypematerialet var lidt svært at skære pænt, men det kunne tilføre den 3D forståelse, som Inkscape ikke kan. Omkring arbejdet med FIRE-design er nogle bekendt med den andre ikke. Men de fleste er glade for den, fordi den gjorde deres designproces overskuelig.

6.2.6.5 Arbejdet med digitale teknologier – Scratch

6.2.6.5.1 Interview 1:

S15 fortæller, at det havde været svært for hende at komme i gang med Scratch. Det tog for lang tid at sætte sig ind i. Hun har forsøgt at gå i gang uden vejledninger, men måtte erkende, at hun var nødt til at tage en dag og starte helt forfra og lære det fra bunden for at komme i gang.

S7 har brugt lang tid på det hjemme. Hun fortæller om at sidde med det en hel dag og ikke kunne slippe det. Hun har også fået alle sine børn i gang med det, og hun har set, at de lærer det meget nemmere end hende.

"S9: Men ellers jeg det er noget der virkelig fanger ens opmærksomhed. I sidste ende så endte det med at alle i huset skulle lave et spil. Og jeg skulle se, hvad de laver (griner) Og de kunne bare lave det." (bilag 7, page 13)

6.2.6.5.2 Interview 2:

S9 fortæller om Scratch forløbet, at hun godt kunne lide måden, det analoge håndværk blev koblet med det digitale. Hun forklarer videre, at hun fik hjælp med kodningen af kæresten, som viste hende nogle gode simple måder at gøre det på. S18 fik hjælp af sin lillesøster. S3 fortæller om, at hun havde modstand på fra starten, fordi hun havde haft dårlige erfaringer med det i et andet specialiseringsmodul. Hun forklarer, at værktøjet ikke rører noget i hende.

6.2.6.5.3 Interview 3:

De studerende beskriver tiden med COVID-19 som svær for dem, fordi det er vanskeligt at være alene og skulle lære. S19 mangler motivation og feedback fra andre studerende. De synes alle programmet er svært, og de tror det ville være lettere, hvis de havde været fysisk til stede.

6.2.6.5.4 Delkonklusion:

De fleste oplever Scratch som svært at sidde med selv og lære. Flere får hjælp fra familien til at løse opgaven.

6.2.6.6 Digitale fabrikationsteknologier i dit fag

6.2.6.6.1 Interview 1:

I forhold til arbejdet med Scratch vil både S7 og S15 sagtens kunne se sig selv bruge det med børn i folkeskolen. S15 fortæller, at hun selv ikke havde så meget forstand på det, men hun er sikker på, at børn vil elske at arbejde med det. Hun udtrykker tiltro til, at børnene selv vil finde ud af programmet.

S7 mener, at arbejdet med Inkscape kan give børn lyst til faget, som ikke synes de kan tegne i hånden. De kan begge se, at børn i folkeskolen kan have stor glæde af det også i andre fag. Til spørgsmålet om faget ødelægges af teknologierne, svarer S7:

"For jeg ved, at der er nogen der synes, der er for meget teknologi. Men jeg har det sådan, at det er jo den verden vi lever i. Og hvis vi skal fange alle eleverne, så er det den måde, at man skal fortsætte med." (bilag 7, page 11)

Omkring arbejdet med lasercutteren oplever begge, der var meget de skulle huske og holde styr på. Der var mange knapper, man skulle trykke på.

Om arbejdet med Inkscape og RD Works lærte de mest ved gennemgang ved tavlen. S15 ville gerne have haft en manual i papir.

I forhold til om der er ligheder eller forskelle i arbejde med det analoge og digitale håndværk siger S7, at teknologierne jo er helt nye for hende, mens det andet kender hun mere til. Det får hende til at være mere forsigtig med det digitale. Hun beskriver at være bange for, at ting forsvinder fra computeren. S15 ser mest forskelle, fordi man i det ene skal bruge hovedet og i det andet sine hænder.

Begge ser dog muligheder i forhold til at bruge det i folkeskolen. S7 mener, at det potentielt kan aktivere nogle af de drenge, som kan være svære at få med i fagene.

6.2.6.6.2 Interview 2:

Om arbejdet med lasercutteren siger S9:

"Men jeg synes det var fedt at få mulighederne til at lære en ny maskine og så kunne bruge den i fremtiden. Fordi jeg tænker, der er rigtig mange fede projekter man kan lave med en lasercutter. Det har jeg været rigtig glad for, at vi har fået muligheden for det." (bilag 7, page 41)

S18 fortæller, at der var meget at huske, og hun var endnu ikke blevet fortrolig med maskinen. De mange klik var svære at huske. S3 er enig og siger, at hun ikke mener, at hun endnu kan betjene maskinen. Hun reflekterer videre og siger, at det kræver træning, træning og atter træning.

Omkring hvordan de bedst lærte i processen beskriver de forskellige tilgange blandt andet videoer. S18 fremhæver vigtigheden af kammerater for hende, når hun skulle lære.

Omkring forskelle og ligheder mellem det digitale og analoge siger S9, at i arbejdet med lasercutteren er der lighedspunkter. Hun forklarer, at man skal have fingrene ned i det. S3 ser mest forskelle, fordi hun i det analoge trækker på erfaringer. I det digitale har hun ingen erfaringer.

I forhold til fremtidig brug i folkeskolen er S9 og S18 positive, mens S3 godt kan se mulighederne, men ikke ønsker at være en del af det.

6.2.6.6.3 Interview 3:

Om arbejdet med Inkscape fælles i klassen oplever S1, at hun stod lidt af. Hun havde brug for selv at have fingrene på tastaturet. S1 fortæller videre, at hun fik meget ud af, da vi delte klassen i to grupper, så kunne man lære programmet på det niveau, man var på.

Om forskelle og ligheder mellem at lære et analog og et digital håndværk siger S13, at hun var mere nervøs ved det digitale. S1. fortæller, at hun synes, at det er hurtigere at lære det digitale håndværk end et analogt håndværk.

6.2.6.6.4 Delkonklusion:

Overordnet set synes de fleste at teknologien, de har arbejdet med, er spændende, men det tager tid at lære, og det digitale an gøre dem usikre. De ser potentialer for børn i folkeskolen, kun S3 ser ikke sig selv arbejde med det fremadrettet. De fleste ser forskelle i arbejdet med det analoge og digitale. Nogle få oplever det at stå ved maskinen som en kropslig oplevelse.

6.2.6.7 Andet

6.2.6.7.1 Interview 1:

S15 siger, at selv om S15 og S7 er ældre end de andre studerende, så kan de godt se potentialerne i værktøjerne, og de er ikke bange for at bruge dem, selvom de ikke har helt styr på dem. Omkring frustrationen ved at være i processen med at lære teknologien fremhæver hun:

”Og det kan du ikke gøre på en video. Der skal du have et menneske, der lige omfavner dig der (...) Og at det bliver rummet. Altså at vi bliver rummet med vores frustration.” (bilag 7, page 19)

6.2.6.7.2 Interview 2:

S9 fortæller om savnet i COVID-19 tiden, mens S18 efterspørger yderligere simplificering på antallet af programmer (Inkscape og RD Works).

6.2.6.7.3 Interview 3:

Ingen af deltagerne har kommentarer

6.2.6.7.4 Delkonklusion:

Der bliver talt om, at man som lærende kan rummes, når man var frustreret. Her er det vigtigt at være til stede fysisk i rummet. Tiden alene har været svær.

6.2.7 Interview med underviser i undersøgelsen

Det afsluttende interview var med vores medunderviser på specialiseringsmodulet. Formålet med interviewet var at få hendes syn på de to fag samt hendes oplevelse af vores fælles modul med i undersøgelsen. I interviewet spurgte vi ind til hendes holdning til brugen af digitale værktøjer og fabrikation mest i forhold til dette modul, men også alment på LU. Da interviewet ligesom de andre blev foretaget virtuelt, valgte vi at fremsende interviewguiden til underviseren inden interviewet. Afsnittet er struktureret efter overskrifterne fra interviewguiden, hvor de væsentligste pointer trækkes frem:

- Introduktion
- Konstruktion og gentagelse - et forløb med lasercutter
- Visuelle budskaber - virtuelt forløb med Scratch
- Innovation og Kreativitet
- Digitale fabrikationsteknologier
- Teknologiforståelse

6.2.7.1 Introduktion

LU3 fortæller i interviewet, at det vigtigste hendes studerende skal tage med fra hendes fag er, at fagene er et billede på, den verden vi lever i, og derfor ændrer fagene sig hele tiden.

LU3 beskriver, at mange studerende kommer med en forståelse, hvor de har udgangspunkt i dem selv. Hun forklarer, at hun gerne vil skubbe til deres forståelse. Billedkunst handler ikke om at sidde og hyggetegne, men om at kommunikere om den verden vi lever i, hvor teknologien er en del af. Desuden ønsker hun, at de bliver fuldstændigt begejstrede for fagene.

I forhold til forskelle og ligheder i at lære et analogt håndværk siger LU3, at mange inklusiv hende selv har lidt berøringsangst over for det digitale. Hun mener, at man er mere berøringsangst, fordi man ikke har brugt så megen tid på det som det analoge. Hun sammenligner det digitale og analoge og beskrev processen med at strikke:

“Altså jeg tænker.. øh når nu jeg sidder .. og altså sådan helt enkelt. Hvis nu jeg sad og arbejder med et strikketøj, så kan jeg mærke, når jeg strikker for stramt. Det funker ikke for mig. (...)Øh så jeg har sådan nogle kropslige erfaringer på en eller anden måde, som jeg ikke helt synes at jeg får med de digitale teknologier.” *(bilag 9, page 3)*

Så håndværket giver feedback undervejs. Til sammenligning kommenterer hun, at man kan designe længe i Inkscape uden at opdage, at man har glemt at indstille størrelsen eller gjort noget andet forkert. Hun mener ikke, at det digitale tager længere tid at lære end det analoge håndværk. I det analoge er der også masser at huske og lære.

6.2.7.2 Konstruktion og gentagelse – et forløb med lasercutter

Om det første forløb, Konstruktion og gentagelse fortæller LU3 om den første opgave, Mobilen. Hun mener, at det var godt tænkt at starte ud med Mobile øvelsen, fordi opgaven var tilpas simpel. Hun havde ikke forudset, at de studerende ville begynde at tegne så mange forskellige former, og på den måde kom opgaven til at tage mere tid end først beregnet. Om det at det nonfigurative kom til at blive en stor barriere i de studerendes hoveder siger hun, at det har hun ikke fortrudt. Det er en del af læringen. Ellers havde vi endt med 25 uroer til at hænge over puslebordet i stedet for mobiler.

Omkring arbejdet med prototyper forklarer hun, at det var med til, at de studerende kunne fornemme noget med proportioner og sammenhænge, som blev tydeligere for dem. Men hun fortæller videre, at det var svært for hende at få de studerende til at blive i processen og undersøge mere. Hun oplever desuden, at det først er i arbejdet med prototypen, at de studerende ofte forstår værdien af det.

Omkring barrierer i forløbet nævner hun ventetiden som den væsentligste, fordi den stoppede den kreative proces.

Altså at man har en idé og så afprøver man det som en prototype. Så afprøver man det så i det rigtige materiale. Så går man tilbage og justerer. Altså frem og tilbage. Den proces blev jo svær, fordi der var ventetid. Fordi de var mange studerende. Og det kan vi jo ikke gøre så meget ved. Men det bliver lidt en barriere i forhold til den, den kreative proces, kan man sige, ikke? (bilag 9, page 7)

Hun nævner også it-tekniske barrierer, men oplever at de studerende fik fantastisk support.

Omkring teknologiens spillover ind i forhold til den kreative og innovative proces, oplever LU3, at det var de studerendes manglende it-tekniske kompetencer, som bremsede dem. Men hun beskriver også, at man skal gå i dialog eller partnerskab med teknologien og lade det være med til at bestemme produktet. Det er en del af den kreative proces at være open minded.

I forhold til om teknologien fyldte for meget forklarer LU3:

"Og der tænkte jeg bare, at den fyldte meget for de fleste. Men jeg tror, at den der plan med, vi ligesom grundlæggende havde bygget det op omkring Inkscape, altså også hvis vi var blevet på Campus. Så havde vi også arbejdet med stencil-cutteren og sådan noget. Så tænker jeg bare, at det gør ikke noget at teknologi fylder meget. Slet ikke hvis man ligesom får den gentaget rigtig mange gange. Så til sidst, så sidder den jo fast. Og det tænker jeg egentligt var godt, at vi havde tænkt det. At det så ikke helt lykkedes. Det var så noget andet ikke? (bilag 9, page 10)

6.2.7.3 Visuelle budskaber – virtuelt forløb med Scratch

Om det virtuelle forløb siger LU3, at de jo var mange studerende på holdet, og dem som havde været sådan lidt *on and off* var svære at få med over i den virtuelle del. Hun oplever de studerende som dygtige til at omstille sig, men igen oplever hun, at det trådte frem, at de studerende gerne ville se resultater hurtigt. Hun beskriver, hvordan hun også selv har tendens til bare at gå i gang, og så finde ud af, at det kan hun ikke, og så må hun tilbage og lære det grundlæggende.

Omkring Scratch synes hun det var fint, men hun ser det nok mest ind i billedkunst, men er åben for, at det kan være, det også kan bruges i HD. Hun kan bare ikke lige se det så tydeligt.

Omkring forløbet reflekterer hun, at her var indgangen til arbejdet det analoge (tegning), som så blev digitaliseret. I det første forløb med lasercutteren var indgangen modsat.

Hun synes, de virtuelle sessioner fungerede rigtig godt, hvor de studerende blev supporteret online. Hun forklarer om oplevelsen, at det var godt at sidde så tæt på skærmen, og når de studerende delte deres skærm, fik hun nærmest lyst til at trykke på skærmen. Hun oplever, at hun kom tættere på de studerendes arbejder end på campus.

6.2.7.4 Innovation og Kreativitet

I starten beskriver LU3 sine tanker om, vigtigheden af at iscenesætte det kreative og innovative rum. Hun forklarer, at det tænker hun meget over og laver oplevelser og inspiration for de studerende i forstå-fasen. Hun beskriver, hvordan hun hænger noget op i rummet, eller viser en video, når de studerende kommer ind i rummet, som også kan være provokerende for ligesom at vække deres opmærksomhed.

Omkring arbejde med designmodeller fortæller LU3, at hun mener, det er noget, som kan bruges i alle fag. Omkring arbejdet med FIRE-design modellen oplever LU3, at det er en model de studerende føler sig fortrolige med og kan forstå. Samtidigt lægger hun vægt på, at man ikke altid *"[...] skal tæske sig igennem sådan en designmodel[...]".* (bilag 9, page 16) Det bliver ikke bedre af, at lave alle øvelserne i bogen, men det skal ind i ens DNA, så man er bevidst om, hvad det er man gør.

LU3. fremhæver en studerende fra modulet, som elsker at gå i partnerskab med materialerne. Hun beskriver, hvordan denne studerende i forløbet med lasercutteren lavede en ordentlig bunke former, som hun ikke helt vidste, hvordan skulle bruges. Hun forklarer videre, hvordan denne studerende legede og eksperimenterede med materialet, og mobilen opstod igennem denne proces. Hun er af den holdning, at det kræver lidt et mindset at arbejde kreativt. Hun fortæller videre, at teknologierne spiller ind i den kreative og innovative proces på fuldstændig samme linje som alt muligt andet.

6.2.7.5 Digitale fabrikationsteknologier

Omkring arbejdet med digitale fabrikationsteknologier fortæller LU3, at hun ikke har så megen erfaring. Hun havde håbet på selv at have nået mere i modulet, men kunne ikke rigtigt finde roen. Det er gået op for hende, hvor meget det betyder for hende, at de studerende har det godt. Hun mener, at hvis hun skal nå og sætte sig ind i det, så bliver hun nødt til at blive smidt et sted hen en uge for at få ro. I det hele taget mener hun, at hvis LU skal arbejde mere med det, så skal det implementeres mere i uddannelsen, og der skal ske en prioritering. Samtidigt kan hun se vigtigheden af, at maskinerne er i den fysiske nærhed, som nu hvor de har en lasercutter og en folie-skærer (kalder den stencilskærer).

Da der bliver spurgt ind til, om de studerende har svært ved at få adgang til lokalerne uden for undervisningen, svarer hun, at de har rigtigt gode muligheder, men at det vælges fra af de studerende.

6.2.7.6 Teknologiforståelse

LU3 fortæller, om teknologiforståelsesfaget, at det giver rigtigt god mening i hendes forståelse. Hun forklarer videre, at vi skal være glade for de gamle håndværksmæssige teknikker, men vi skal også skabe vækst og kreative mennesker. Det vigtige for hende er, at det ikke ender ud med, at teknologierne bruges til at skabe noget præfabrikeret fx. julehjerter eller Disney-prinsesser. Hun forklarer, at hun ser meget mere dannelse i teknologiforståelse, end fra andet hun har set fra regeringen de seneste par år.

7 Analyse

7.1 Strategi for analyse af empiri

Vi har i analysen af vores case hovedsageligt udgangspunkt i en induktiv tilgang til analyse af vores empiri. Men inden for de overordnede forskningsprocesser, er der i praksis ikke altid tale om fuldstændig rene opdelinger inden for analysemetode (Brinkmann & Tanggaard, 2015). Fra tidligere DBR-undersøgelser har vi udviklet erkendelser og guidelines, som vi tog med over i denne undersøgelse. Disse blev bygget ind i vores nye design, og det kan siges at lægge sig op ad den deduktive tilgang. Omvendt udviklede der sig på baggrund af empirien nye erkendelser, som medførte, at vi måtte udvikle på vores teoretiske forklaringer, som vi så efterfølgende anvendte på empirien i analysen. På den måde zigzaggede vi inden for vores undersøgelse ofte frem og tilbage fra empiri til teori.

Vi starter analysen ud med at afdække, i hvilken grad de studerende tilegnede sig viden om og færdigheder i brugen af de digitale fabrikationsteknologier, som efterfølgende ville sætte dem i stand til at arbejde kreativt med værktøjerne.

Dernæst følger en analyse af de studerendes kreative og innovative proces. Her anvendes vores udvidede udgave af modellen af FIRE-Design.

Den sidste del af analysen omhandler, hvorvidt det didaktiske design undervisningen var bygget op omkring, understøttede de studerende i at nå frem til at kunne arbejde skabende med teknologierne på en måde, hvor teknologierne ikke blev den styrende faktor.

Her analyseres også, om de guidelines vi opstillede i starten, har fået den tilsigtede virkning:

- At give tid til at lære at anvende de digitale fabrikationsteknologier
- Reduktion af sværhedsgraden var nødvendig, så teknologien ikke bliver styrende og der kan åbnes op for kreative processer

Analysens hoveddele er inddelt som følger:

- Analyse af tilegnelse af færdigheder inden for den digitale fabrikation
- Analyse af kreativitet og innovation
- Analyse af det didaktiske design

Analysens enkelte underafsnit er struktureret med udgangspunkt i de kategoriseringer, som i gennemlæsningen af empirien er uddraget.

Vi kan ikke fuldstændigt adskille anvendelsen af de enkelte teoretikere i analysens tre dele, men for hver del har enkelte teoretikere mere fremtrædende roller. Brødrene Dreyfus' taksonomi i tilegnelsen af færdigheder, suppleret med Resnicks tanker om en legende tilgang til læring. I analysen af de kreative og innovative processer er det Darsø og Tanggaards forståelser, der er fremtrædende. I det didaktiske design er det modusmodellen, der samler teorierne i en model, der beskriver vores undervisningsstruktur og organisering, sammen Resnicks tanker om low floor, high ceiling, wide walls.

Hvert afsnit under analysen afsluttes med en delkonklusion, som samler op på hovedpointerne for afsnittet.

7.2 Analyse af tilegnelse af færdigheder

I dette afsnit vil vi analysere de studerendes tilegnelse af færdigheder ud fra vores guideline: At give tid til at lære at anvende de digitale fabrikationsteknologier, for på den måde give mulighed for at kreative og innovative processer kan spire. I analysen anvendes Hubert og Stuart Dreyfus' taksonomi for færdighedstilegnelse, som suppleres med Mitchel Resnicks tanker om at have en legende tilgang til læring.

Analysen har afsæt i Dreyfus brødrenes taksonomi, hvor de studerende starter som novicer, uden færdigheder. I takt med at de tilegner sig færdigheder både med de digitale teknologier og fabrikationsdelen ved lasercutteren, så stiger de i taksonomien. Vi havde i planlægningen af forløbet håbet at se studerende, som tilegnede sig færdigheder svarende til Dreyfus' 2. og 3. niveau, men det fik naturligvis negative konsekvenser for graden af deres tilegnede færdigheder, at vi ikke nåede at gennemføre hele forløbet.

Først analyseres de studerendes arbejde med de digitale værktøjer. Så analyseres den todelte arbejdsproces med digital design og efterfølgende fabrikation, til slut samles op på afsnittet.

7.2.1 I gang med Inkscape

I opstarten af forløbet, Konstruktion og gentagelse, var der som forventet en del frustration. Der var meget, der skulle læres. De skulle lære at bruge Inkscape. De studerende fandt følgende svært i begyndelsen: navigationen i menuerne i Inkscape, åbne og lukke funktionsbestemte menuer og brugen af den eksterne mus.

For at tilgodese at de studerende havde forskellige behov og udgangspunkt i forhold til at lære Inkscape, delte vi holdet op i to grupper. Gruppen med de usikre brugere fik grundkursus tilpasset deres læringskurve. De mere sikre studerende fik små bidder, som udvidede deres brug af Inkscape, og herefter fik de mulighed for at eksperimentere med disse funktioner; vi omtalte det som at gå på opdagelse.

Vi overraskedes over de mange studerende, der ikke besad grundlæggende it-kompetencer som at åbne og gemme filer eller almindelige genvejstaster som kopiere (ctrl+c) og sæt ind (ctrl+v). Vi oplevede, at grundlæggende færdigheder eller mangel på samme påvirkede de studerende i, hvor langt de kom i deres kreative og innovative proces.

H: *... men var det sådan, at I sådan ligesom selv også gik på opdagelse? Eller hvordan? Eller...*

S15: *Nej. Altså jeg havde ligesom nok i det som jeg skulle holde styr på. Så jeg skulle ikke yderligere på opdagelse. (griner)*

(...)

S15: *Altså jeg sådan skulle holde det, sådan meget adskilt. Nu kan jeg det, og så skal jeg. Det vil jeg beholde... i mit hoved. Så så jeg skal ikke blande det med noget andet, for så bliver det for meget.*

(...)

S15: *Jah. Altså først så startede vi jo i Inkscape, og så gik vi over i RD Works bagefter. Og der var jeg lige ved at sige... aj, kan vi ikke bare blive ét sted? Hvorfor skal vi også det der? Men det skulle man jo så. For ligesom at komme videre. Øh... (bilag 7, page 4)*

Vi ser her et eksempel på en studerende, der har svært ved at overskue de mange nye rutiner og tryk, som program og brugerflade kræver. Hun har svært ved at skulle forholde sig til to programmer, som minder lidt om hinanden. Hun har brug for i sit hoved at systematisere sine opdagelser til nye rutiner, som hun bagefter kan huske. På det tidspunkt var det en overvældende oplevelse for hende. I Dreyfus' forståelse er hun på vej fra novicen over imod Avanceret begynder, men hun har ikke oplevet nok til helt at kunne skabe sine egne mønstre eller regler.

To studerende blandt den mere sikre gruppe, oplevede introduktionen anderledes:

S9: *Øhh, jamen jeg synes egentligt, at det var ret fedt at prøve at eksperimentere i det...ja tekniske. Fordi igen, som de andre siger, det plejer vi ikke rigtigt at gøre. Og når vi så har gjort det, så har det været meget sådan... en mere firkantet struktureret. Sådan nu skulle vi lidt selv prøve at lege med det. Så det, det var lidt udfordringer. Og igen kreativiteten blev sat på prøve og sådan... Altså det var meget fedt at prøve. (bilag 7, page 25)*

En anden udtaler:

S18: *Jeg tror, jeg, jeg tror jeg var rigtig glad for, at der var... Jeg kan ikke huske, hvor lang tid vi fik, men at vi måtte lege med det. Altså før vi sådan rigtigt kom i gang med det. Altså at så man blev lidt tryk ved det. Og kunne altså sådan gøre hvad man havde lyst til. Altså ja, det jeg bare var vigtigt for mig, at jeg fik sådan frie tøjler.. en kort stund (griner). (bilag 7, page 25)*

Begge studerende fortæller, at det var godt at der var tid til at lege og eksperimentere. Her ser vi Resnicks tanker om den legende tilgang og Tanggaards eksperimenter og fuseri i sat i spil. Det virker som en ny og spændende oplevelse for dem begge, at det kunne være en del af undervisning.

Nogle studerende oplevede, ikke lasercutteren og processen som vanskelig. Men de gav udtryk for, at der var rigtigt mange ting, som skulle huskes. For eksempel var processen fra at tegne på computeren til at stå med det endelige produkt lang og med mange delprocesser, som skulle huskes. Dette eksemplificeres herunder.

Tegne i Inkscape > bearbejde deres tegning i RD Works > gemmes på et USB stik > indlæses på lasercutteren > valg af materiale(r) > sikkerhed med lasercutteren > skæring > efterbehandling af produktet (maling, slibning m.m.)

Det er rutiner, som novicen jf Dreyfus oplever som uoverskuelige og med mange regler eller steps, som blot skal læres.

S7: *Jeg synes det var lidt skræmmende i starten. Især det der T. forklarede at der går ild i det.. Og så tænkte jeg: Åh nej. Med mit held så ... så brænder jeg det hele ned.(griner) så trykke på knapperne. Så er det ligesom S15. siger. Det mere man lærer at arbejde med en maskine, det bedre bliver man fortrolig med den. Så som tiden gik, så, så blev det lidt nemmere.*

H: *Ja.*

S7: *og så også det man skulle huske. Så det endte med, at jeg hver gang kiggede ned på det der vand...der var ...hvad var graderne på den.*

H: *Nåh..ja*

S7: *Så der var nogen ting, der ligesom efterhånden sætter sig på rygraden. Og man skal huske, vinduet skal være lukket, og man skal tænde for blæseren og sådan noget. Så det synes jeg var fint. (...). (bilag 7, page 14)*

S7 beskrev de mange procedurer, som brugerne af lasercutteren skulle være opmærksomme på. Hun beskrev, hvordan det oplevedes som mange steps, men at hun med tiden blev mere fortrolig med det. Som S7 også beskrev, så skal disse steps sidde på rygraden og blive til rutiner, man ikke længere tænker over.

Overordnet set så vi i første forløb kun studerende, som nåede til kompetenceniveauet avanceret begynder. Men det havde vi planlagt med i vores design. Det var netop gennem gentagelsen i de næste forløb, med Visuelle budskaber, at de studerendes færdigheder skulle konsolideres, fordi vi her havde planlagt, at de skulle fortsætte med at designe i Inkscape, men nu med en anden maskine som output – nemlig folieskæreren. Det blev som sagt ikke gennemført som planlagt pga COVID-19, hvorfor vi ikke så studerende, som nåede et højere færdighedsniveau.

7.2.2 Digital design og lasercut – en todelt arbejdsproces

De studerende skulle udover at lære Inkscape også lære, at respons eller udtryk forsinkes i processen. Det endelige udtryk opnåedes først, når materialet lasercuttedes på maskinen. Det er en anderledes proces end ved mange analoge håndværk, hvor materialets udtryk opstår undervejs i processen. Denne forsinkelse medførte, at studerende, som fx S13 kunne opleve, at hendes størrelse på designet var en anden, når den blev skåret på maskinen, end hun havde planlagt i sit digitale design på computeren.

S13: *Og når det så kom ud på den der lasercutter, så synes jeg, det havde en helt anden størrelse end hvad man havde regnet med. Så jeg synes det hele var sådan lidt.... Men det blev nemmere anden gang, da vi skulle lave med det. Det der Massens ornament. (bilag 7, page 52)*

S13 oplevede, at størrelsen så rigtig ud på computeren, men da det blev skåret på lasercutteren, passede dimensionerne ikke med det, hun så på computeren. Hun giver udtryk for, at hun oplevede det flere gange. Hun forklarer videre, at da undervisningen kom til Massens Ornament, begyndte hun at kunne overskue processen.

S13: *(...) men jeg synes i den anden der med Massens Ornament, der, der havde man ligesom lært det basis. Så kunne jeg, så prøvede jeg sådan andre måder at tegne på og sådan noget. (bilag 7, page 52)*

Hun havde lært basis, med det mener hun have fået mere styr på at designe i Inkscape. Nogle af de fejl som hun oplevede første gang, forekommer ikke så meget. Hun var altså ikke længere novicen, men den avancerede begynder. Men generelt oplevedes flere gange, at de studerende særligt i begyndelsen af forløbet havde vanskeligt ved at overskue størrelserne på deres designs. Vi hørte tit kommentarer ved lasercutteren som: *Nåh, ser den sådan ud? Den blev mindre/større, end jeg regnede med.*

Særligt i begyndelsen fandt de studerende det vanskeligt at overskue størrelserne fra digitalt design, til at det blev lasercuttet. Så det de studerende designede digitalt på computeren, fejlfortolkedes af perceptionen jf. Arnheim. Hvis de eksempelvis zoomede ind på noget, så det så stort ud på skærmen, så var de studerende af den opfattelse, at det også blev stort, når det blev skåret på lasercutteren, hvilket ikke var tilfældet. Der skete altså en oversættelsesfejl. Indtrykkene, som de studerende modtog fra programmet, fortolkedes forkert. Det de troede, var virkeligheden i programmet fx størrelsen mistolkedes pga. uerfarenhed, og indirekte kom det til at påvirke deres skabende proces.

7.2.3 Forsinkelse mellem computer og fysisk produkt

Fejlfortolkningerne i den digitale del af arbejdet med de digitale fabrikationsteknologier gælder ikke kun lasercutteren. Det går igen, når det handler om andre digitale fabrikationsteknologier. For de fleste af dem gælder det, at der designs ved hjælp af computeren og et foreløbig udtryk (skitse) medieres gennem computeren. Men udtrykket på computeren er netop ikke produktets endelige udtryk, da det til slut overføres til en maskine, som skaber det endelige udtryk. Denne oversættelse kan vanskeliggøres af, at det kan være svært helt at forestille sig det endelige fysiske udtryk, hvorfor processen ofte må iterere frem og tilbage af nogle omgange.

Processen forekommer også i analogt håndværk, men her kommer indtrykket tilbage med det samme. Jeg maler et billede, og undervejs får jeg løbende feedback fra billedet, som jeg reagerer på og tilretter i processen. På den anden måde kan man designe længe i et digitalt værktøj uden at være bevidst om, at det man designer ikke var det, man havde forestillet sig. Den del af den kreative og innovative proces tager tid at lære, og kan til en vis grad afhjælpes gennem erfaring, men også vha skitser og prototyper. Denne oversættelse eller forsinkelse gælder ikke kun lasercutteren, men alle de designprocesser, hvor en computer bruges til at lave et design, som efterfølgende skal produceres på en maskine. Se oversigt over, hvordan processen foregår ved andre makerspaceteknologier i bilag 11.

7.2.4 Delkonklusion

Vi observerede som forventet megen frustration i begyndelsen af forløbet, pga. af alt det nye, de studerende skulle lære. Der var mange nye og lange arbejdsprocesser, hvor den studerende forventedes, at itrere frem og tilbage flere gange. Vi oplevede situationer, som er typiske for novicen, der ikke er sikker i sin viden. Efterhånden som de studerende fik prøvet funktioner i Inkscape og på laseren, var der flere som følte sig mere sikre og kunne overskue processen. De studerende nåede i dette første forløb kun til kompetenceniveauet, avanceret begynder i Dreyfus' taksonomi, men det havde vi heller ikke forventet i første forløb, men først senere. Vanskeligheden med at lære overgangen fra digital design til at få det fabrikerede ud i virkeligheden var en overraskelse for os. Men det at vi nu forstår mere om karakteren af vanskelighederne gør, at vi nemmere kan hjælpe og guide på det område fremadrettet.

7.3 Analyse af arbejdet med kreativitet og innovation

I dette afsnit vil vi med baggrund i Darsøs og Tanggaards forståelse af kreativitet og innovation analysere tegn på, om de studerende formåede at arbejde kreativt og innovativt med de digitale fabrikationsteknologier, som i vores tilfælde var lasercutteren.

Det må pointeres, at vores undersøgelsesdesign netop var struktureret på en sådan vis, at vi ikke forventede at se høj grad af kreativt og innovativt arbejde i det første forløb om Konstruktion og gentagelse. Netop gentagelsen i andet og tredje forløb skulle medføre, at opmærksomhederne omkring færdighederne ville være i aftagende, mens der åbnedes mere op for opmærksomhed omkring det kreative og innovative arbejde med værktøjerne. Denne gentagelse blev ikke mulig, og vi oplevede som forventet, at de studerendes opmærksomhed primært var rettet mod at tilegne sig færdigheder, mens kreativiteten og innovationen var til stede, men blev sekundær.

De studerendes skabende proces analyseres i forløbet om Konstruktion og Gentagelse ud fra vores egen udgave af FIRE-Design modellen. Her anvendes tre studerendes DPO1, som eksempler på studerendes kreative og innovative arbejde i forløbet.

Derudover ser vi efter tegn på kreativitet i form af:

- Kreativt og innovativt arbejde, som udspringer fra fordybelse i et fagligt område (deres linjefag og deres viden om den digitale fabrikationsteknologi i vores tilfælde lasercutteren)
- Eksperimenter, fuseri og leg som en del af deres proces
- At den kreative og innovative proces påvirkes af materialet og værktøjernes modstand og spillo ind i processen

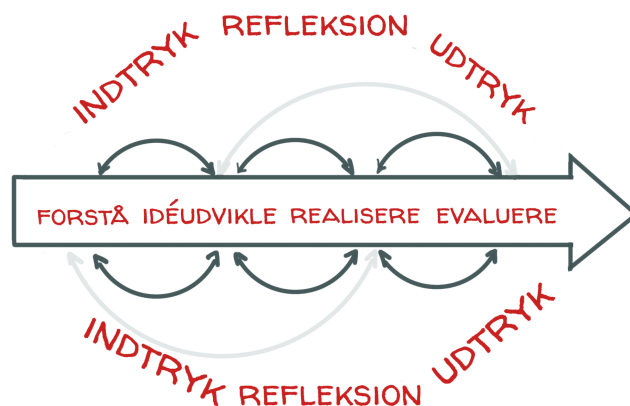
7.3.1 Designmodellen FIRE-Design i arbejdet med Massens Ornament

FIRE-Design blev valgt som designmodel, fordi mange af de studerende har kendskab til den fra deres undervisning, og den er tilpas enkel, så den er nem at lære. Som LU3 siger i interviewet, så oplever hun, at de studerende er fortrolig med den.

I første opgave anvendtes modellen af os undervisere til at sætte den didaktiske ramme i planlægningen af undervisningen.

Modellen blev først introduceret for de studerende i anden opgave, Massens Ornament ud fra perspektivet om at begrænse mængden af information, de skulle forholde sig til.

I DPO1 reflekterede de studerende efterfølgende over deres arbejde ud fra FIRE-design, som den er forklaret i bogen Innovative Elever (Rohde & Olsen, 2013). De brugte modellen som en ramme til at sætte ord på deres proces. Med DPO1 (bilag 02) får vi et indblik i deres proces, oplevet af dem selv med deres egne ord. I det efterfølgende er udvalgt tre studerende, og deres proces forklares ud fra vores videreudvikling af modellen FIRE-Design. Modellens fire faser er forkortet til forbogstaverne F.I.R.E. I analysen af de studerendes proces er de centrale ord, som anvendes i modellen fremhævet, for at tydeliggøre, i hvilken grad de forekommer i de studerende skabende proces.



Figur 10 Vores model af FIRE-Design

7.3.1.1 Studerende 9

F: Med baggrund i COVID-19 i samfundet på daværende tidspunkt **reflekterer** den studerende over at lave et Coronavirus, men oplever det bliver for ømtåleligt et emne. Hun **reflekterer** videre til bakterier, mikrobiologi og ender med DNA.

I: Hun vil lave en DNA-streng. **Iterer** frem og tilbage mellem forstå- og idé-fase og finder billeder på nettet (**indtryk**). Hun laver prototype i arkitektpap (**udtryk**) og erkender (**refleksion**), at hun ikke kan lave kuglerne i DNA'et på en lasercutter (2D ikke 3D). Hun forenkler og udvikler på sin model, så den bliver mere propel-lignende (**iterer**). Den ligner nu mere en rygrad (**udtryk, refleksion**). Hun skærer rygraden i forskellige størrelser i arkitektpappet og eksperimenterer med forskellige størrelser mellemrum mellem propellerne (**iterer**).

R: Hun skærer sit design på lasercutter, i hvad hun tror er hvid akryl. Det er dog klar akryl dækket af hvid beskyttelsesfilm (**udtryk**). Hun erkender (**refleksion**), at rygraden kommer til at stå stærkere i den klare akryl. Hun kommer til at tænke på ord-sproget: Rygrad som en regnorm.

E: Hun **reflekterer** efterfølgende over, at hun kunne være dykket længere ned i forstå-fasen. Hun oplever det dog som fedt at begynde ét sted og ende et helt andet. Hun **reflekterer** over, hvor vigtig prototypen blev i hendes proces, som bragte hende en stor forståelse.

7.3.1.2 Studerende 13

F: På baggrund af Corona vil denne studerende arbejde med noget, der kan fremme sammenhold og arbejder ud fra konceptet: at give en hjælpende hånd. **Indtryk** fra og **refleksion** over det, som sker i samfundet på tidspunktet.

I: Hun får idéen til at arbejde med hænder og finder inspiration i billeder af hænder (**indtryk**), som holder hinanden. Hun laver håndtegnede skitser og prototyper(**udtryk**). Hun **reflekterer** over at finde den rette størrelse til hænderne og forsøger flere gange (**iterer**).

R: Hun tegner sit design i Inkscape (**udtryk**), og må igennem flere forsøg, hvor hun arbejder med at få de rette runde former og buer (**iterer**). Hun skærer på lasercutteren, men den skærer ikke ordentligt gennem materialet, og figurerne er en smule større end planlagt (**udtryk**). Men hun har pt. tre hænder, som hun har malet i forskellige farver. De illustrerer forskellige hudfarver (**udtryk**).

E: Hun er endnu ikke færdig med sit design, men **reflekterer** over lasercutteren, som hun erfarede skar bedst i den ene side særligt, når materialet var lidt bukket (**indtryk**). Men hun lærte så at lade laseren skære to gange i samme skærespor. Hun **reflekterer**, at hun gerne vil arbejde videre med lasercutteren. Viden om skitser og prototyper tager hun også med videre. Hun har erkendt, at med dem "(...)kommer der flere muligheder og idéer frem."

7.3.1.3 Studerende 18

F: Hun bliver inspireret (**indtryk**) af et oplæg fra LU3 om divergent tænkning. Hun arbejder ud fra en idé om at ville transformere et objekts traditionelle form til noget andet utraditionelt, som har et andet formål. Hun **reflekterer** over sin lille lejlighed, hvor det er vanskeligt at få plads til alle ting. Hun har bemærket spildplads under stolene, og på den baggrund udvikler hun idéen om at sammensætte en reol og en stol, så man kan udnytte stolen til at opbevare ting.

I: Hun tegner diverse skitser i hånden (**udtryk**), og hun når frem til et design på en reolstol. Hun udarbejder en prototype, som hun sammen med en medstuderende arbejder på at tilføje det rette **udtryk (iterer)**. Hun **reflekterer** undervejs og lader medstuderende stille kritiske spørgsmål til sit design. I denne fase iterer hun frem og tilbage flere gange, både ud fra det **udtryk** hun ser i prototypen og fra feedback, hun får fra medstuderende (**indtryk**).

R: Hun tegner sit design i Inkscape (**udtryk**), og efterfølgende får hun sin "reolstol" skåret i birkefiner i en lille udgave (**udtryk**). Hun beskriver ikke, at hun efterfølgende maler sin stol, men det ses på de indsatte billeder af stolen, ligesom hun har Photoshoppet nogle ting ind på et af billederne, så man kan få en fornemmelse af stolens funktion, som den er tænkt i brug (**udtryk**).

E: Hun **reflekterer** over arbejdet med FIRE-design, at hun "(...)var ude af sin tryk-
hedszone"(bilag 2, S19, page 100) i arbejdet med modellen. Hun forklarer, at hun ikke er vant til at følge en bestemt model i sin skabende proces, og har følt sig hæmmet. Hun **reflekterer** lidt over modellen, og kan også se potentialer i den. Den er med til at agere som retningslinje for hende og gøre processen mere overskuelig.

Denne studerende mangler forståelse af, hvad en installation er og ender med at lave et sidde møbel, som hverken er et smykke eller en installation. Her kommer manglende fagfaglig viden frem, da hun mangler linjefaget. Under efterfølgende interview har hun selv indset, at hun misforstod opgaven. Samtidigt arbejder vi jo med "vidde vægge" og ud fra det perspektiv er der plads til at arbejde sig ud af opgaven. Man kunne argumentere for, at hun i forstå-fasen burde have undersøgt mere om, hvad en installation er. Men hun var ikke bevidst om sin misforståelse.

Ovenstående analyse af de studerendes arbejde med massens ornament viser, hvordan de arbejder i deres kreative og innovative proces. For nogle af de studerende kan vi se, at de tydeligt beskriver, hvordan teknologien spiller ind i processen, mens andre mere beskriver deres iterative arbejde inden for modellens faser. Med analysen får vi tydeligere frem:

- hvordan de studerende arbejder inden for FIRE-design
- hvordan alle iterer undervejs og til tider også hopper tilbage i faserne
- hvordan teknologien, både Inkscape og lasercutteren, spiller ind i deres proces
- hvordan indtryk, refleksion og udtryk er en stor del af den kreative og innovative proces.

Vi er bevidste om, at vores model ikke indfanger alt i processen. Men en model er trods alt også en forenkling og en oversættelse. Men modellen får indfanget og tydeliggjort nogle af processerne omkring de studerendes skabende arbejde med den digitale fabrikation.

7.3.2 Refleksioner over arbejdet med FIRE-design

FIRE-design blev for de studerende en måde at strukturere deres skabende proces på, og også et værktøj til refleksion over deres proces i deres DPO 1.

En stor del studerende havde kendskab til modellen, men det var nyt for alle at bruge den i konteksten omkring digital fabrikation. Flere udtaler, at de er glade for modellen, som S3 siger i interviewet:

”Men, men guderne skal vide at det virkeligt har været en lang proces for mig at komme dertil at acceptere, at det at være i processen i virkeligheden kan lige så meget, som det at have et færdigt produkt. (...) Men ved at tvinge sig selv til at forblive i processen, så kommer der som oftest, synes jeg, noget mere ud af det.” (bilag 7, page 33)

Af de studerende, som ikke kendte modellen oplevede vi flere af dem bruge den retrospektiv. Flere udtaler i interviewet, at de kan genkende deres egen skabende proces i modellens fire faser. En studerende udtaler, at modellen var god til at stilladse hendes egen kaotiske proces. Flere giver også udtryk i interviewene for, at de oplever modellen, giver god mening også som en didaktisk ramme, til når de selv skal ud og undervise elever.

Som underviseren der deltog i modulet på et evalueringsmøde efter modulets afslutning forklarede, så oplevede hun ofte, at studerende i begyndelsen puttede deres proces ind i FIRE-design modellen efter processen var færdig. Det er først, når de har arbejdet med modellen et stykke tid, at de erfarer værdien af den i deres arbejde. Billedkunstunderviseren LU1 konstaterer lidt det samme om de studerendes arbejde:

“Det synes jeg er en hurdle altid. Det skal tilrettelægges for dem, hvis man virkeligt vil have dem til at komme med flere bud i stedet for kun at gribe den første idé. De er rigtigt slemme til, og det er vi nok som mennesker måske, vi synes at vi ser lyset øhh.. med det samme. Men det der nemlig med at fuske..[...] Hvad sker der hvis jeg, hvis jeg flyver eller.. eller er visionær her hvor at hvor hvor det hele kan lade sig gøre. Og så kan det godt være at jeg kan holde fast i min første idé, men det kan også godt være den har ændret sig, sådan den bliver mere interessant for den jeg skal dele den med.” (bilag 5, page 74)

Underviseren LU1 beskriver her, de studerendes vanskeligheder med at blive i den divergente tænkning i Idégenereringen. De studerende går gerne med deres første idé. Det var noget af det samme, vi oplevede med flere af de studerende, særligt dem, som ikke havde et af linjefagene endnu, og for hvem modellen var ny.

I interviewet med LU3 og LU1 fortæller de begge, at de studerende nemt springer fra deres første idé til at gå i gang med realisere. LU3 beskriver også, hvordan hun i begyndelsen af et linjefag ofte oplever studerende lave deres skitser, efter de har lavet selve produktet. Så det at arbejde med designmodeller er altså også noget som skal læres, som S3 siger i citatet på forrige side.

FIRE-Design kan altså være et didaktisk greb, der lærer de studerende at blive i faserne længere tid. Men LU3 beskriver også, at det til tider er svært ikke at få dem til at springe videre. Modellen var desuden med til at visualisere deres proces for de studerende, når de iterer frem og tilbage mellem faserne, alt efter de indtryk og refleksioner de får fra de digitale værktøjer og materiale. Modellen fungerede godt i vores didaktiske design. Den var enkel for de studerende at lære, de oplevede at den gav mening for dem og afspejlede deres egen skabende proces, og de kunne se meningen med den også i forhold til at arbejde med teknologierne.

7.3.3 Tegn på kreativitet – faglig viden eller ej

I vores undersøgelse så vi tegn på, at studerende trak på domænespecifik viden. Vi havde håbet på at se, at det var viden om digital design eller fabrikation, de trak på, men dertil var værktøjerne endnu for nye til, at vi kunne se tydelige tegn. Til gengæld så vi, at de trak på deres viden fra deres linjefag. Som en studerende, der er i gang med at lære værktøjet Inkscape at kende skriver:

“Programmet gav mulighed for at man kunne “lege” med formerne på figurerne [...] Jeg kombinerede de to figurer på tre forskellige måder [...] Efter at have skåret figurerne ud på laserskæreren eksperimenterede jeg opstillingen på min mobile”. (bilag 2, S21, page 112)

Her beskriver hun, hvordan hun eksperimenterer med at trække i figurerne, hun kombinerer nogle af dem og nye opstår; altså er legen og eksperimentet udgangspunktet, og ud af det opstår hendes figurer.

Efter at have skåret figurerne, arbejder hun med fysisk at konstruere. Her trækker hun på sin faglige viden fra billedkunstfaget.

“Jeg valgte at gå med denne opstilling, da man indenfor billedkunst vælger at placere det tungeste i venstre side. Derudover tænkte jeg i at lave en trekantskomposition, hvilket jeg ville prøve at komme i mål med i denne opstilling.” (bilag 2, S21, page 113)

Den studerende når efter flere iterationer i mål med en mobile. Hun laver om i konstruktionen flere gange, både for at opnå det udtryk hun ønsker, men også i forhold til balance og tyngdekraftens spillet ind i forhold til hendes værk.

Der kommer antydninger undervejs i interviews og DPO1, hvor studerende taler om, at det blev lettere i anden øvelse, og at det blev nemmere at overskue processen. Men om egentlig kreativitet udsprang heraf, kan vi ikke sikkert afgøre.

På trods af at vi ikke så de tydelige tegn, som vi havde håbet på, så oplevede vi i høj grad eksempler på eksperimenter og fuseri. Mange gav i interviewene udtryk for, at tiden hvor de eksperimenterede eller fuskede med værktøjerne var med til at give dem en følelse af at kunne overskue værktøjet, men samtidigt opstod også spændende og overraskende former i deres fuseri, som de valgte at bruge til deres design. På den måde blev denne eksperimenterende tilgang det sted, hvor færdighedstilegnelsen og de skabende processer gik hånd i hånd og komplementerede hinanden. Så vi kan sige, at den legende tilgang var med til at give flere af de studerende kreative oplevelser, som måske nok ikke endte ud i egentlige produkter. Men det er jo netop kendetegnende ved kreativiteten, at den ikke altid behøver et produkt. I den sammenhæng spillede det digitale værktøj og dets muligheder og rammer spillede ind i processen. Så vi ser kreative tegn, som er på vej til at udvikle sig til noget mere, men samtidigt så vi også, at den ikke holdt længere, end til når de studerende så ville til at designe noget bestemt, som de havde en idé til. Så blev værktøjet igen en barriere, fordi de endnu vidste for lidt til at kunne arbejde mere frit.

At kreativitet forankres i faglig viden ses netop ud fra de studerende, som ikke mestrede værktøjerne, og som endte med at trække på faglig viden fra andre kontekster eller domæner fx. fra deres linjefag i HD og billedkunst.

Om deres frustration over ikke at mestre værktøjerne siger S18:

S18 *(...)det teknologiske (Inkscape) egentlige begrænsede min kreative proces, idet min proces nu skulle følge Inkscapes tilgængeligheder og ikke omvendt. Derfor følte jeg, at min kreativitet først kunne komme til udtryk gennem farverne på mine delelementer ved min mobile. (bilag 2, S18, page 96)*

Denne studerende arbejdede videre med at male sine lasercuttede dele, så hun i stedet gennem farver kunne udtrykke, det hun ikke magtede via teknologien. Manglen på viden om de digitale værktøjer fik altså i stedet de studerende til at trække på andre strategier for at få lavet et produkt. Andre brugte eksempelvis søjleboremaskinen til at tilføje et glemt hul eller pudsede figurerne med sandpapir.

Overordnet set oplevede studerende deres kreative proces bremsat eller meget rammesat af arbejdet i Inkscape, fordi de alle var novicer i arbejdet med værktøjet. For nogle var processen mere frustrerende end andre, dels fordi de stadig øvede sig i at beherske værktøjet, men også fordi flere af dem havde et behov for at iterere flere gange undervejs i processen for at nå deres resultat. Her blev kø ved lasercutteren endnu en bremse for deres proces.

7.3.4 Værktøjer og materialer som medspillere og modspillere

Stort set alle iterede frem og tilbage i processerne med at designe mellem faserne, og oplevede Tanggaards modstand fra materiale og værktøjer spille ind undervejs i designprocessen. Processen blev derfor ikke lineær, men iterede frem og tilbage mellem de forskellige faser under en konstant påvirkning fra indtryk, refleksion som førte til nye udtryk i Ross' forståelse.

I opgaven om Massens Ornament arbejdede de HD- studerende, med smykker. De fleste af dem tog afsæt i dem selv, og smykker de selv ønskede sig. En studerende valgte dog til en start at gå i en helt anden retning og ville lave en taske i akrylplast, som ikke er et gængs materiale til en taske, hvilket netop igangsatte hendes innovative proces.

S3: *Og der havde jeg det bare sådan. Åhh, jeg ville bare gerne lave noget andet. Så, så jeg søgte egentligt du ved på ...Jeg kan ikke huske det. Men jeg søgte omkring noget med.. akryl. Øhh, og så fandt jeg en taske. og så tænkte jeg. Det skal jeg lave. Og det der så var gentagelsen, det var sådan lange lige strenge nærmest, den var sat sammen med. Både vandret og lodret. Og så prøvede jeg egentligt og lave en prototype på den. Og fik også noget, der mindede om en taske. Men jeg kunne bare slet ikke få samlingerne til at mødes. Så den fik det der... Fordi der er jo et meget kompakt materiale at bruge til en taske kan man sige. Så man blev jo nødt til i designet, at lade det få en eller anden form for lethed. Og det kunne det også godt med de her lange lige, altså strenge, både vandret og lodret. Men samlingerne blev bare alt andet end lette og elegante. Så jeg måtte faktisk opgive det projekt. (bilag 7. page 31)*

Hun endte med at frafalde idéen, da hun i prototypearbejdet erfarede at hendes samlinger blev alt andet end lette. Hun gik derfor tilbage til den oprindelige idé og udviklede en idé til et navnesmykke, som kunne sammensættes afhængig af ens familiekonstellation. Igen en innovativ idé, men på et niveau, som hun teknisk kunne mestre.

7.3.5 Flere indgange til den skabende proces

Undervejs i forløbet så vi, at studerende havde forskellige indgange til deres innovative og kreative arbejde. Det startede ikke altid ud med en tydelig idé, som vi havde forventet. Malcolm Ross' model, hvor indtryk fører til refleksion, som fører til et udtryk, kan vi igen her se i spil. Inden vi startede forløbet ud, havde vi nok en forventning om, betydningen af indtryk fx. i form af inspiration fra søgning på nettet eller fra ressourcer på LMS'et, og det som blev gennemgået i undervisningen. Men betydningen af eksperimenterne med de digitale værktøjer overraskede os.

Vi så overordnet set tre type tilgange til den kreative og innovative proces fra at have en klar idé, som man ville udføre over mod mere og mere at gå i dialog med materialerne. Nogle havde en klar idé om, hvad de ville lave fra starten. Man kunne sige, at de sprang direkte fra Forstå-fasen til hurtigt at få en idé, som de uden de store overvejelser begyndte at Realisere, som fx S16, der skriver: *"jeg fandt min inspiration fra nogle smykker jeg virkelig ønsker mig(...)"* (bilag 2, S16, page 89); altså en ret konvergent tænkning. Hun har en idé, den vil hun lave.

I den anden gruppe så vi studerende, som havde en mere divergent tilgang til opgaverne som S19, som gik i dialog eller partnerskab med værktøjer og materialer og gennem denne dialog lod en idé udkrystallisere sig, og som mere prøvede sig frem, som nu materialet tillod det.

S16 starter ud med en klar idé om, hvad hun vil lave, men undervejs udvikler det sig i retninger, som ikke var planlagt. Hun beskriver sit bladsmykke med ribber inden i bladene, som skulle skæres ud. Da hendes smykke blev skåret på lasercutteren, stod hun med indmaden fra smykkerne; egentligt et restprodukt. Her opstod pludselig en ny idé i indtrykket fra materialet, og den studerende så, at hun kunne bruge restproduktet til at skabe en skulptur af. På den måde skete dialogen med materialet også her, men senere i processen. Vi erfarede, at studerende som holdt meget fast i en idé, mødte mest modstand fra værktøj og materialer, hvis de var utilbøjelige til at gå på kompromis med idéen og lade den omforme sig.

7.3.6 Værdien af det sociale i den kreative proces

Som vi tidligere har beskrevet, oplevede vi at det sociale aspekt fyldte mere end vi tidligere havde observeret, det blev tydeligt for os i interviewene, at der var et område, som vi havde været blinde for betydningen af både i planlægningen og i observationen i undervisningen. S1 udtrykker det således:

S1: Når det så ikke rigtigt virker, så tror jeg hurtigere man bliver frustreret, hvis man ikke lige har nogen ved siden af, der så kan sige: Nu skal jeg nok lige vise dig. Bare tag det roligt. (bilag 7, page 68)

Mange studerende fremhæver det. De oplever det som en vigtig del af deres kreative og innovative proces, at de havde nogle at vende deres ideer med og nogle, som var kritiske og udfordrede dem og deres tanker, men det er også vigtigt for dem i forhold til færdighedstilegnelsen. Som en studerende beskriver det i interviewene, så var andre studerende ofte nemmere at spørge til råds, end os undervisere, da vi ofte havde travlt. S18 fortæller om det sociale betydning for prototypearbejdet:

S18: Og det synes jeg bare var mega fedt. Også fordi, jeg følte at jeg kunne tale med, altså mine klassekammerater. Og Det er også rigtigt vigtigt i processen, at man deler hinandens tanker. (bilag 7, page 30)

Specielt i forbindelse med det virtuelle forløb, Visuelle Budskaber, fortæller de studerende om det svære ved at sidde alene med deres idéer, som de mener ikke udvikler sig nær så meget, fordi de ikke har andre studerende at sparre med.

7.3.7 Delkonklusion

Ud fra vores undersøgelse kan vi konkludere, at der i arbejdet med digital fabrikation fandt både kreative og innovative processer sted, men at det i høj grad udsprang af eksperimenter og leg med værktøjerne, da de studerende endnu ikke havde færdigheder nok fra arbejdet med digital fabrikation til at kunne basere deres arbejde væsentligt på det. Teknologien fyldte meget i de studerendes bevidsthed og var med til at rammesætte og nogle gange begrænse deres proces. Det var en forventning, som vi havde planlagt med ville ske, fordi vi har erfaret det fra tidligere projekter. Til gengæld så vi tegn på, at de studerende så trak på viden fra deres linjefag i stedet.

7.4 Analyse af det didaktiske design

I dette afsnit vil vi analysere om vores undervisning, der var struktureret ud fra modusmodellen, havde den intenderede virkning og satte de studerende i stand til at arbejde kreativt og innovativt med teknologierne. Vi ville undersøge om de guidelines, som vi havde opstillet på forhånd, medvirkede til at de studerende ville opleve færdighedstilegnelsen som mere overskuelig.

I designet var vores guidelines indarbejdet, der omhandlede reduktion af sværhedsgraden i de anvendte værktøjer, og at give mere tid til at lære fabrikationsteknologierne.

I afsnittet analyseres:

- Modusmodellen - opbygningen af designet med åbne og lukkede modi
- Havde vores guidelines den intenderede virkning
- Progressionen i vores design
- Prototypen - et didaktisk greb
- Leg og eksperimenter
- Ventetid - en barriere

7.4.1 Modusmodellen

Med udgangspunkt i modusmodellen planlagde vi vores didaktiske design med henholdsvis lukkede perioder med færdighedstilegnelse og mere åbne perioder, hvor færdighederne blev sat i spil i de studerendes arbejde med at designe.

Vi oplevede, at de studerende i de lukkede modi havde stor gavn, af at de kunne arbejde med at tilegne sig færdigheder på forskellige måder, som passede til deres læringsstile, og det niveau de var på.

S7: Og der hvor jeg synes det ligesom gik op for mig lige hvad det her gik ud på. Det var der, hvor T. gik i gang med at stå på skærm, og vi kunne se, hvad han gjorde på skærmen, og så kunne vi følge med og gøre nøjagtigt det samme... på vores computer. Så det var ligesom... ahhh det var sådan man skulle gøre det. (bilag 7, page 3)

Nogle foretrak at lære ved tavleundervisning, nogle ved at eksperimentere, andre ved at sidde med videoer og andre igen havde stor glæde af sidemandsoplæring, hvilket de studerende gav udtryk for i interviewene.

S3: Til gengæld så synes jeg, at jeg havde enormt god brug... Jeg synes der var de der nogen... øh sådan nogle instruktionsvideoer. (bilag 7, page 3)

Så de studerende havde godt udbytte af de lukkede modi, hvori der var indtænkt differentiering, som tog højde for at de studerende havde forskellige behov og læringsstile.

7.4.2 Konstruktion og gentagelse progression

Vi havde valgt at begynde første forløb med Calders mobiler, fordi opgaven designmæssigt ikke rummede de store designtekniske udfordringer. De studerende skulle arbejde med ganske få udvalgte funktioner i Inkscape, så de kunne koncentrere sig om at lære værktøjet og ikke så meget om at designe. Det var et bevidst valg, at denne øvelse var stramt stilladseret. Vi havde eksempelvis havde valgt, at det var Alexander Calder, for at der ikke kom for mange ting, de studerende skulle forholde sig til ud fra perspektivet om, at de endnu var novicer. Ud fra FIRE-design modellen kan man sige, at vi på forhånd havde valgt Forstå og delvist Idé-fasen for de studerende, i og med, at vi havde defineret rammen til at omhandle nonfigurative mobiler ud fra Calder.

Opgaven indeholdt analoge benspænd fx ligevægt og balance i mobilen, valg af farver og materialer, der kunne være med til at præge deres produkt. Her var det planlagt, at det hovedsageligt var her, de studerende skulle eksperimentere med deres design. Men vi oplevede, at mange af dem blev tiltrukket af den eksperimenterende tilgang i arbejdet med Inkscape også, og de kom til at bruge mere tid på deres digitale design end planlagt. Vi valgte at gå med på tilgangen, fordi vi oplevede, at de studerende motiveredes af måden at lære på. I interviewene udtaler de, at det gav dem tryghed, at de følte at kunne overskue værktøjet, og at de kunne mere end blot at følge en instruktion.

Hvor øvelsen med mobilen var stramt rammesat, så åbnedes op for en reel designproces i øvelsen Massens ornament. De studerende introduceredes i et lukket modus for ny viden i form af viden om Massens Ornament, FIRE-Design og arbejdet med prototype.

I loopet blev evalueret, hvor der blev samlet op på, de funktioner som blev oplevet som vanskelige i at designe digitalt (skalere, kopiere og genvejstaster). Nye læringsressourcer blev lagt på Its Learning. Det handlede om supplerende videoer og dokumenter med de vigtigste tastevejledninger i værktøjer.

Det første modus (Mobilen) var stramt stilladseret, mens andet (Massens ornament) var mere fri. Her satte de studerende det lærte i spil i en designproces. I interviewene udtalte nogle studerende om det, at frustrationen over værktøjet var i af-tagende, men vi så også, at de friere rammer gjorde, at nogle af de studerende oplevede det som vanskeligt at skulle designe frit på så lille et fundament af færdigheder. Den frustration fordrede, at de selv arbejdede videre i designprocessen med at lære flere funktioner oveni.

7.4.3 Arbejde med prototyper – et didaktisk greb

I Massens ornament handlede opgaven om at bruge mønstre, der gentager sig i ens design, og i denne opgave introduceredes anvendelsen af prototyper.

S20: *Øhm, så det var lidt svært. Der var det meget godt at have den her prototype. Hvor jeg ligesom kunne måle (utydeligt) ud, for ligesom at få den rigtige størrelse osv. Og størrelsesforholdene til hinanden. For det kunne jeg starte med at gøre her, og så putte det ind i programmet bagefter. (...)(bilag 7, page 29)*

Prototypen var en af de opdagelser, som overraskede os, at den betød så meget i de studerendes arbejdsproces. Vi var godt klar over, at den ville få en betydning, men vores egne erfaringer med prototypearbejde var begrænsede.

Vi erfarede, at prototypen havde flere funktioner, når der arbejdes digitalt:

- 1) Man får et visuelt indtryk på størrelse og form, som computeren ikke kan tilbyde. Det som vises på skærmen, kan være stort, fordi der er zoomet ind, men når designet skæres, kan det vise sig at være meget småt eller omvendt meget stort. Her gav prototypen de studerende en fysisk fornemmelse af størrelsen, og vi oplevede studerende, som målte på prototypen for derefter at overføre målene til deres design.

S20 *(...)Der var det meget godt at have den her prototype. Hvor jeg ligesom kunne måle (utydeligt) ud, for ligesom at få den rigtige størrelse osv. Og størrelsesforholdene til hinanden. (bilag 7, page 29)*

- 2) Som en fortolker fra 2D til det rummelige 3D. Man kan ikke gå rundt om ens digitale tegning, når den er tegnet i 2D og få en fornemmelse af, hvordan den ser ud.

S3: *(...)Æhm ...men det med at lave en prototype. Det gør i al fald noget. At man ligesom får ... det 3 dimensionelle perspektiv på produktet (bilag 7, page 32)*

- 3) Hjælper med at fastholde den grundidé, som den studerende havde fra starten, som nogle gange glemmes i processen, når den studerende inspireres af en eller flere funktioner i Inkscape. Men når de studerende så deres design i prototypen, fik de også nogle gange nogle erkendelser, der gjorde at de måtte ændre i deres design, fordi de gennem prototypen kunne se, at det ikke var det udtryk de søgte.

- 4) Den sidste funktion er mere vanskelig for de studerende at sætte ord på, men LU3 sætter ord på det med et eksempel med at strikke. Her får man undervejs et respons fra strikketøjet, som gør at man retter til. Når man designer på computeren, er responsen anderledes. Skærmens respons er kun en forenklet 2D tegning af det man vil skære, og jf Arnheim er der risiko for en fejltolkning af de informationer i forhold, hvad der så efterfølgende skæres på laseren. Her mener vi, at prototypen kan være en måde at give det første respons, altså før der skæres.

Så prototypen blev altså en vigtig del af didaktikken i forbindelse med at designe. Det blev et værktøj, som kunne lette overgangen mellem digital design og fabrikation.

7.4.4 Leg og eksperimenter

En tilgang til at lære færdigheder, som vi afprøvede, handlede om at arbejde med at eksperimenter og fuske med det digitale værktøj som en del af færdighedstilblækningen.

De studerende kunne vælge om de ville arbejde efter mere traditionel tavleundervisning, hvor alle fulgtes ad, eller om de ville arbejde mere frit. Som nævnt valgt $\frac{2}{3}$ del af de studerende den friere og eksperimenterende tilgang, og flere af dem fremhævede det i interviewene.

De studerende gav interviewene udtryk for, at det at have frie tøjler hjalp dem med at blive fortrolige med værktøjet. Det var en vigtig pointe, at de små modi var afgrænset tidsmæssigt, så frustrationen ikke blev for høj. Man kan sige, at vi arbejdede fra at introducere små udvalgte funktioner, til at åbne op for "fri leg med værktøjerne". Herefter lukkedes ned igen og ny funktioner introduceredes, for herefter igen at åbne op for eksperimenter. På den måde blev det modusmodellen, men i små loop inden for den enkelte undervisningssession.

Vi erfarede, at metoden passede bedst til de studerende, som havde en smule forståelse af værktøjet eller som besad generelle it-kompetencer. De studerende som følte sig meget usikre på arbejde med computeren og værktøjet udtaler som S15 i interview 1, at hun ikke skulle på opdagelse. Hun havde nok at gøre med at holde styr på de nye ting i sit hoved (bilag 7, page 4). Den lille gruppe, som foretrak tavleundervisning udtrykte stor tilfredshed med denne undervisningsform. Det gav dem tryk-

At arbejde på denne eksperimenterende måde handler også om, at have modet til at kaste sig ud i noget, man ikke helt kan overskue. Betydningen af disse eksperimenter kan vi se aftrykkene af i flere af interviewene, hvor studerende fremhæver dem som noget skelsættende for dem. Vi er opmærksomme på, at en sådan undervisningsform stiller krav til underviseren. Men i og med at vi talte om at gå på opdagelse i værktøjerne, så lå der i ordvalget, at vi sammen er på vej ud i noget, som vi ikke helt ved hvor ender. Det betød, at de studerende i den sammenhæng så også accepterede, at man som underviser ikke nødvendigvis kender hele svaret.

Det som kom ud af denne eksperimenteren var, at vi erfarede det gav studerende motivationen til at arbejde videre med Inkscape og skærpede deres lyst til selv at gå på opdagelse. Det var et didaktisk greb, som var med til at gøre det digitale værktøj mindre farligt, og en metode de studerende også kan bruge i andre sammenhænge.

7.4.5 Ventetid – en barriere

En didaktisk udfordring, som vi ikke havde tænkt ind i vores design var, i hvilken grad lasercutteren akkumulerede kø. Dette var forårsaget af, at de var mange studerende, der var det dobbelte af forventet. Men det tog også tid ved lasercutteren, når de studerende selv skulle lære processen med at skære. Sikkerhedskurset, som var planlagt som en del af undervisningen, blev en yderligere årsag til prop. Set retrospektivt skulle vi have lagt sikkerhedskurset uden for den almene undervisning, det ville have kunnet lettet presset noget. Dog kan vi ikke komme udenom, at de var mange studerende.

LU3: Øhm ... altså jeg tænker at... altså ventetiden var jo nok i virkeligheden den største barriere. Det der med, at når man så har lavet en prototype, som man tænker: Det her, det her det ser rigtigt godt ud. Så kunne det være rigtigt skønt, at man bare kunne løbe ind og prøve at få den lavet i træ eller akryl. Og så se ligesom ... ej hvordan fungerer det. Ej det fungerer ikke så godt, fordi der er noget med proportionerne eller materialet. (...) Altså at man har en idé og så afprøver man det som en prototype. Så afprøver man det så i det rigtige materiale. Så går man tilbage og justerer. Altså frem og tilbage. Den proces blev jo svær, fordi der var ventetid. Fordi de var mange studerende. Og det kan vi jo ikke gøre så meget ved. Men det bliver lidt en barriere i forhold til den, den kreative proces, kan man sige, ikke? (bilag 8, page 6)

LU3 beskriver den optimale proces imellem materiale, lasercutter og prototype, hvor den studerende itererer frit uden ventetid. Men hun konstaterer også, at det ikke var muligt grundet de mange studerende. Men at det blev lidt en barriere i det kreative arbejde.

Det fik både de studerende og os til at reflektere over problematikken i forhold til elever i folkeskolen. De er jo stort set altid så mange i en klasse, og helt sikkert ikke så tålmodige som voksne. Det er en erkendelse vi vil tage med videre, og som man godt kan strukturere sig ud af som underviser med forskellige løsninger som eksempelvis gruppearbejde og værkstedsarbejde.

7.4.6 Delkonklusion

Så vi kan altså konkludere, at planen med vores didaktiske design på overordnet plan holdt. At de studerende havde glæde af at arbejde med tilpas få funktioner i det digitale værktøj, og at der var god tid til arbejdet.

Progressionen fungerede som planlagt i forløbet og gav god mening. Fra at starte ud med en stramt stilladseret opgave til at åbne mere op for en egentlig designopgave i næste øvelse, og de studerende tog godt imod arbejdet med FIRE-Design.

Ventetiden ved lasercutteren var der ikke taget højde for i designet, og de studerende oplevede frustration med god grund, da det bremsede dem i deres kreative proces. Det er en barriere, som vi må tænke ind i vores design fremadrettet.

Betydningen af leg og eksperimenter som en del af designet blev en positiv overraskelse, som et godt supplement til andre måder at arbejde med færdighedstilægnelse.

7.5 Analyse af virtuelt forløb om Visuelle budskaber

I dette afsnit analyseres andet forløb, Visuelle budskaber. Idet forløbet ikke var en del af det oprindelige didaktiske design, og det ikke indeholdt fabrikationsdelen, så har vi valgt at vægte det mindre i opgaven. Der er dog pointer fra dette forløb, som kan være med til at understøtte vores pointer i resten af opgaven. I analysen trækkes pointerne frem i form af afsnittene.

Forløbet startede ud, som en del af det intendede design, hvor studerende tegnede street art ud fra "HuskMitNavn". Men da vi ikke havde adgang til campus, måtte vi ændre udtryksformen fra folieskæring, overlocker og broderimaskine til Scratch.

Hurtigt efter overgangen til virtuel undervisning valgte vi at trække vores Scratch opgave ud af LMS'et og over i det digitale værktøj, Padlet (bilag 10), da LMS'et havde vanskeligt ved at fungere med så mange brugere på siden på én gang. På Padlet'en kunne de studerende hurtigt danne sig et overblik over hele forløbet. Vores udgangspunkt var, at det ikke skulle blive en teoretisk opgave, men en opgave, hvor kreativitet og innovation skulle være i fokus. Vi arbejdede her igen ud fra Resnicks tanker om low floor, high ceiling, wide walls (Resnick, 2018, 2019). Opgaverne kunne løses på tre niveauer med stigende sværhedsgrad. Der var vejledninger at følge. For dem som magtede det, eller som havde lyst, var der også mulighed for at øge sværhedsgraden eller at gøre lidt noget andet end det beskrevne, hvilket et par studerende forsøgte.

7.5.1 Forskelle og ligheder

Fælles for forløbene Konstruktion og Gentagelse og forløbet Visuelle budskaber var, at de studerende oplevede igen, at der var meget nyt, de skulle lære, da kun få kendte værktøjet på forhånd. Selv om vi havde samlet og struktureret læringsressourcer inde på Padlet'en, som tilgodeså forskellige læringsstier ind i værktøjet, så oplevede vi alligevel, at flere studerende forventede at kunne begynde at lave deres spil eller interaktive billede uden introduktion og vejledninger. Efterfølgende måtte de ofte gå tilbage og se videoer eller få hjælp fra naboens søn eller kæresten.

En forskel var desuden opstarten af forløbet. I Konstruktion og gentagelse startede processen digitalt og afsluttedes med et fysisk produkt. I dette forløb med Scratch startede de studerende med deres håndtegningstegning fra street art, og efterfølgende blev tegningen anvendt i deres Scratch program. Flere studerende oplevede denne indgang som lettere.

Derudover var en væsentlig forskel, at de studerende var fysisk afskåret fra hinanden, men de oplevede sig også meget alene med denne opgave. Trods virtuel undervisning og individuel vejledning, så oplevede de det som meget svært, da der er ikke var en sidekammerat at spørge.

7.5.2 Kreativitet og innovation

De studerende arbejdede med Scratch på overordnet set to måder. Nogen byggede deres program op fra bunden oftest ved hjælp af de vejledninger, som var på Padlet'en, andre remixede en andens program og tilpassede programmet til deres brug (tinkering). Begge måder har nogle spændende elementer af kreativitet og innovation, men overordnet set kom de studerende ikke længere i deres kreative proces end ved Konstruktion og Gentagelse, fordi deres færdigheder var begrænset til, hvad de kunne lære i vejledningerne. De udtrykte i interviewene og i DPO2, at de ikke kunne gøre andet end at følge vejledningerne. De som alligevel prøvede, oplevede at de vidste for lidt om værktøjet til at kunne løse det. Samtidigt oplevede de, at hjælpen var langt væk. Så igen blev værktøjet styrende for den kreative proces.

7.5.3 Frustrationer

De studerende udtrykte i DPO2 flere gange deres ærgrelser over ikke at kunne få programmet til at gøre det de ønskede, ligesom at de oplevede den sparring, som de normalt fik fra deres medstuderende manglede. Når frustrationerne blev for høje, så valgte de at trække på erfaringer fra andre fagområder og fra andre personer i deres omgangskreds. Vi så også studerende, som helt opgav at lære Scratch, fordi det var tidskrævende, og de fik mange skriftlige opgaver i andre fag i den virtuelle periode.

7.5.4 Sharism

I forbindelse med en af vores online vejledninger talte vi om begrebet sharism. Vi havde forinden været inde og kommentere på deres projekter i Scratch. En af de studerende fortalte med overraskelse, at der netop havde været én inde og kommentere på hendes projekt. Hun var i tvivl om, hvad hun skulle gøre. Det affødte en samtale om det at kommentere og låne fra andres projekter, ligesom vigtigheden om at give kredit til andres arbejder. I dette tilfælde var det en underviser, som havde været inde og kommentere.

7.5.5 Delkonklusion

Så overordnet set oplever de studerende det samme i dette forløb, som i første forløb. De mangler færdigheder, hvorfor værktøjet kommer til at styre deres kreative proces.

8 Metodediskussion

Omdrejningspunktet for denne DBR-undersøgelse har handlet om studerendes tanker og oplevelser i deres proces med at lære digitale fabrikationsteknologier, for på den baggrund at kunne afdække mulighederne for at arbejde kreativt og innovativt med digitale fabrikationsteknologier. Det eksemplificeres i et didaktisk design i arbejde med lasercutter og sekundært et forløb om Visuelle Budskaber med det digitale værktøj Scratch. Idet vi har arbejdet ud fra en hermeneutisk tilgang, har vi vægtaget deltagernes oplevelser og refleksioner over det, de oplevede som vores væsentlige kilde til information og på den baggrund heraf at komme frem til en kongruent forståelse.

I vores anvendelse af DBR-metoden har der gennem vores forskellige iterative afprøvninger over tid været variationer inden for målgruppe, tid, værktøjer og sted. Betydningen af disse variationer kan man diskutere. Vi vil hævde, at disse afprøvninger alle har samme overordnede formål at undersøge mulighederne for at arbejde kreativt med teknologi i makerspace i forbindelse med uddannelsesområdet. Desuden viser undersøgelserne stort set de samme resultater. Kun én af undersøgelserne er med elever, resten er med voksne. Men de samme voksne har et dobbelt didaktisk blik, da de i forbindelse med deres profession eller uddannelse har elever i folkeskolen som deres egentlige målgruppe. Stedet for alle undersøgelser har taget udgangspunkt inden for uddannelsesområdet. Tiden har varieret i undersøgelserne. Det har til dels handlet om det muliges kunst, men i takt med undersøgelserne viste os, at læring tager tid, så tog vi netop konsekvensen med specialiseringsmodulet fra denne undersøgelse. Værktøjerne har ændret sig, men igen har det været en del af det iterative design, hvor vi arbejdede fra vanskeligere til enklere værktøjer.

Om casestudiet så kan tilføre os generaliserbar viden eller kun viden om denne case. Her vil vi igen argumentere med, at vi netop står på skuldrene af al den viden vi gennem vores DBR-undersøgelser har opnået. Vi har udført tre tidligere undersøgelser inden for området, samt har fem års erfaring i forbindelse med vores arbejde for CFU inden for området, så vi vil hævde, at det giver os belæg for at sige at undersøgelsens resultater er generaliserbare.

I forhold til om casestudie som metode gør os for indlejret i vores undersøgelse til at kunne forholde os kritiske, så er det netop det at være tæt på, som gør det muligt for os at undersøge de diffuse og kaotiske processer, som kreativitet og innovation er. Med vores udgangspunkt i hermeneutikken, går vi tæt på de studerendes egen oplevelse af deres skabende processer i arbejdet med teknologien. Er det så den reelle virkelighed, eller er det mest et billede på studerende, som søger at please en underviser? I vores undersøgelsesdesign har vi arbejdet med at være meget åbne over for de studerende, omkring vores undersøgelse. Her valgte vi fra starten at lægge det åbent frem, og vi talte med de studerende om, at vi var reelt nysgerrige på, hvorvidt det var muligt at arbejde kreativt med disse maskiner, eller om de ville blive en barriere. Det er svært at vide, om det medførte et pres. Men her har vi søgt at dække os ind ved at trække på forskellige kilder i vores empiri fx. underviseren fra modulet og andre undervisere fra LU, som arbejder inden for området. Desuden viser empirien, at de studerende ikke har problemer med at fortælle os, når teknologien var en barriere, som hæmmede deres proces.

I vores analysemetode udviklede vi på baggrund af vores empiri en ny udgave af FIRE-Design modellen for hermed at have en model til at analysere de studerendes skabende proces ud fra. Her kan man diskutere, om det er nok med kun tre studerende, som er udvalgt, og at det er fortolkning af deres proces. Men her vil vi argumentere for, at de tre er repræsentative for gruppen af studerende, da de andre studerendes opgaver ikke bidrager med andre eller yderligere opdagelser. Vi er desuden bevidste om, at det asymmetriske magtforhold studerende og underviser imellem kan spille ind i deres beskrivelse. Derfor er observationer fra undervisningen samt billeder, der dokumenterer processen med til at understøtte, at det de studerende fortæller, er deres oplevede virkelighed af processen. Med FIRE-design modellen i vores nye version, får vi derudover tilføjet nogle af de indtryk, som spiller med ind i processen samt fremhævet det iterative. Vi oplever, at modellen var med til at gøre de kaotiske og diffuse processer mere overskuelige, og på den måde tydeliggøre, hvad som fandt sted. Om det modellen viser er virkeligheden? Den viser de studerendes oplevelse af virkeligheden set retrospektivt. Med Ackermanns ord, har man jo netop brug for "stepping back", at træde tilbage i processen, for at kunne se ind på det der skete og reflektere over det. Det er netop det, de studerende gjorde i deres opgaver.

9 Konklusion

Det overordnede formål med denne opgave var gennem et casestudie at blive klogere på, hvordan arbejdet med de digitale fabrikationsteknologier påvirker de kreative og innovative processer.

For at besvare dette spørgsmål har vi arbejdet med denne overordnede problemformulering:

- Hvordan kan undervisning med makerteknologier bidrage til udviklingen af kreative og innovative processer?
- Hvordan kan man arbejde med, at teknologierne i den sammenhæng bliver positive medspillere i de kreative og innovative processer og ikke den styrende faktor?

I forhold til hvorvidt undervisningen med makerteknologier kan bidrage til udviklingen af kreative og innovative processer, så må vi svare, ja. Det så vi, at de studerende formåede. Til gengæld kan vi ikke sige, at teknologierne i den sammenhæng blev positive medspillere i de kreative og innovative processer, men mest en styrende faktor, som også mange af de studerende udtrykker, det det både i deres DPO1+2 og i interviewene.

Til at undersøge vores problemstilling nåede vi ved hjælp af Tanggaard og Darsø frem til vores forståelse af kreativitet og innovation. Darsø bragte os en erkendelse af, at de skabende processer både kreative og innovative minder meget om hinanden, og at i virkeligheden er det vanskeligt at skille de to ting fra hinanden. Tanggaard bragte os en forståelse af, at kreativitet opstår ud fra domænespecifik viden, eksperimenter og fuseri og modstand fra materialet, og at kreativitet kan læres.

For at komme tættere på den skabende proces, anvendtes modellen FIRE-Design, som videreudvikledes for herved at nå frem til en model til at analysere de studerendes skabende processer over. Modellen anvendtes i forhold til udvalgte opgaver fra de studerende, hvori de selv sætter ord på deres designproces, og viser at de formår at arbejde kreativt og innovativt med øvelserne.

Det didaktiske designs opbygning efter modusmodellen med loops af færdighedstilægnelse, som de studerende efterfølgende satte i spil i mere åbne modi fungerede godt, fordi vi herigennem fik koblet de kreative og innovative dele tættere sammen med færdighedstilægnelsen. Mitchel Resnicks tanker om legende indgang til læring viste os nye veje inden for færdighedstilægnelsen, hvor motivation, leg og tro på egne evner fik en større rolle, end vi i tidligere undersøgelser har set. En observation som flere studerende fremhæver i interviewene som væsentligt for dem.

At der ville være høj frustration i begyndelsen var tænkt ind i det didaktiske design. Vi ved erfaringsmæssigt, at det altid forekommer, når man skal begynde at lære noget helt nyt. Men samtidigt var der planlagt med at gennem gentagelsen i de næste modi, så ville frustrationen begynde at aftage, og der kunne åbnes op for mere fantasifuldt skabende arbejde. Dertil nåede vi som nævnt aldrig. Dog kan vi se antydninger i empirien på, at frustrationen i den sidste del er i aftagende. Men det er små tegn.

I undersøgelsen oplevede vi studerende som arbejdede både kreativt og innovativt. Billedet som tegnede sig er, at de kreative og innovative processer hovedsageligt udsprang af, at de studerende trak på deres faglig viden fra deres linjefag, og lod kreativiteten udspringe herfra. De gav udtryk for at opleve, at deres processer begrænsedes af det digitale værktøj. Det begrundes vi med, at de ikke nåede at tilegne sig nok grundlæggende færdigheder i at anvende værktøjerne. Så derfor blev de begrænset i deres arbejde og trak i stedet i højere grad på færdigheder fra andre faglige kontekster.

Vi erfarede også, at der var studerende som i processen blev i stand til at gå i dialog med det digitale værktøj, lasercutter og materialerne, og studerende som arbejdede iterativt med deres digitale design. På baggrund heraf vil vi argumentere for, at det havde potentialet til at blive til mere, hvis vi havde haft mulighed for at gennemføre hele forløbet, som det var planlagt.

I vores undersøgelse blev teknologien hovedsageligt en modspiller, som forårsagede frustration. Men frustration er en del af processen med at lære. Det er også frustrerende at lære at strikke, men den frustration går over igen i takt med at den lærende oplever at kunne beherske værktøjet. Det samme vil vi argumentere sker i arbejdet med digital fabrikation. Det vigtige er, at frustrationen ikke får lov at blive så høj, at man opgiver projektet. I den sammenhæng har man som underviser en vigtig rolle. Som en af de studerende beskrev, så var det vigtigt, når man var i sin frustration, at opleve sig omfavnet med sin frustration. Men frustrationen kan også være en mere positiv katalysator, som kan bidrage til kreativitet og virkelyst.

I vores undersøgelse nåede vi også til resultater, som vi ikke havde forventet at se og som tilførte os en forklaring på, hvorfor teknologierne er vanskelige for begyndere at lære.

Allerede i vores 1. årsopgave havde vi en fornemmelse af, at de lærende oplever en vanskelighed i koblingen mellem, det som ses på skærmen, og det som efterfølgende fabrikeres. Vi var dog usikre på, hvad det præcist handlede om.

I vores nuværende undersøgelse begyndte nogle af deltagerne i interviewene at lede os i en retning, som gav os svaret på den fornemmelse, vi havde haft. Nemlig at det handlede om det svære i at forestille sig, hvordan det man ser på skærmen i 2D efterfølgende vil tage sig ud rumligt i den fysiske verden. Det kræver et højt abstraktionsniveau, og særligt i begyndelsen, hvor man er i gang med at lære værktøjet at kende, er der risiko for fejlfortolkning.

Analysen af arbejdet med prototyperne og den måde de studerende formulerede sig omkring det, førte os til endnu en erkendelse. At arbejdsprocessen er todelt, med en digital designdel og en fabrikationsdel medfører en forsinkelse i feedback fra værktøjet. Som underviseren i forløbet reflekterede over, så kan man designe længe i Inkscape uden at være klar over, at det man designer er forkert.

I begge tilfælde blev prototypen en vigtig oversætter fra computerens 2-dimensionelle verden til fabrikationsdelens fysiske verden.

En yderligere erkendelse, som vi til dels har været blinde for indtil nu, var betydningen af de sociale interaktioner mellem deltagerne i undervisningslokalet. Her er vi bevidste om, at der er brug for yderligere undersøgelser for at afdække mere om betydningen af disse.

10 Perspektivering

Rundt om i landet begynder makerspaces at dukke op rundt omkring på skolerne. Nogle steder har de stor succes andre steder mindre. Vores undersøgelse taler netop ind i den kontekst, da vi gennem vores flerårige undervisning med teknologierne selv har erfaret, at teknologierne tager tid at lære. Det vidner vores DBR-undersøgelser i høj grad om. At lære at designe med teknologi læres ikke på et kursus på én dag.

Vi ønsker netop at undersøge, hvordan vi kommer videre fra teknologifascinationens warw-effekt, til reelt at det bliver en arbejdsform, som det giver mening at arbejde med i folkeskolen. Vores undersøgelse viste, at det er muligt at arbejde kreativt og innovativt med teknologierne. Men den viste også, at det tager tid at lære, og stiller nye krav om både at kunne arbejde med designprocesser, men også at kunne designe med teknologierne.

Når og hvis teknologiforståelsesfaget bliver obligatorisk i folkeskolen, så vil læreruddannelsen vil i den sammenhæng få en væsentlig rolle, da de er et væsentligt led i den fødekæde, der leverer nye tanker ind i folkeskolen. Disse nye lærere skal kunne agere inden for disse nye teknologiske rammer, som både stiller nye tekniske krav til deres kunnen, men som også stiller krav om at kunne facilitere arbejdet med designprocesser i undervisningen. Det bliver interessant at følge, hvordan folkeskolen og læreruddannelsen vil gribe bolden, når og hvis det nye fag bliver obligatorisk i folkeskolen, og hvad den teknologiske omvæltning kommer til kommer til at betyde for fremtidens folkeskole.

11 Litteratur

- Aarhus Universitet, C. (n.d.). Designcirklen. Retrieved from <https://fablabatschool.dk/designcirklen/>
- Ackermann, E. (2001). Piaget ' s Constructivism , Papert ' s Constructionism : What ' s the difference ? *Future of Learning Group Publication*, 5, 1–11. <https://doi.org/10.1.1.132.4253>
- Amiel, T., & Reeves, T. (2008). Design-Based Research and Educational Technology: Rethinking Technology and the Research Agenda. *Educational Technology & Society*, 11(4), side 29–40. Retrieved from http://www.ifets.info/journals/11_4/3.pdf
- Andreasen, K., Ydesen, C., Rasmussen, P., Ravn, O., Rasmussen, A., & Jensen, A. A. (2017). *At undersøge læring* (1. udgave). Frederiksberg: Samfundslitteratur.
- Arnheim, R. (1997). *Visual thinking* (2. printin). Berkeley, Calif., London: University of California Press.
- Arvedsen, K., & Mathiesen, F. (2018). *Billedkunstdidaktik : mellem fag og didaktik* (1. udgave). Kbh.: Hans Reitzel.
- Austring, B. D., & Sørensen, M. (2006). *Æstetik og læring : grundbog om æstetiske læreprocesser*. Kbh.: Hans Reitzel.
- Boden, M. A. (2003). The creative mind: Myths and mechanisms: Second edition. *The Creative Mind: Myths and Mechanisms: Second Edition*, side 1–10. <https://doi.org/10.4324/9780203508527>
- Brinkmann, S., & Tanggaard, L. (Eds.). (2015). *Kvalitative metoder : en grundbog* (2nd ed.). Kbh.: Hans Reitzel.
- Brown, A. L. (1992). Design Experiments : Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings Linked references are available on JSTOR for this article : Design Experiments : Theoretical and Methodological Challenges in Creating C, 2(2), side 141–178.
- Caspersen, M. E. (2007). Educating Novices in the Skills of Programming. Retrieved from <http://www.cs.au.dk/~mec/dissertation/Dissertation.pdf>
- Caspersen, M. E., Iversen, O. S., Nielsen, M., Hjorth, H. A., & Musaeus, L. H. (2018). *Computational Thinking — hvorfor, hvad og hvordan?*
- Christensen, O., Gynther, K., & Petersen, T. B. (2012). Design-Based, 5(9), 1–20. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.7146/lom.v5i9.6140>
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, 32(1), 9–13. <https://doi.org/10.3102/0013189X032001009>
- Collins, A. (1992). Towards a design science of education. *New Directions in Educational Technology*, 15–22. <https://doi.org/citeulike-article-id:4545332>
- Collins, A., Joseph, D., & Bielaczyc, K. (2004). Design Research: Theoretical and Methodological Issues. *Journal of the Learning Sciences*, 13(1), 15–42. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1301_2

- Cross, N. (2011). *Design thinking : understanding how designers think and work*. Oxford: Berg.
- Darsø, L. (2011). *Innovationspædagogik : kunsten at fremelske innovationskompetence*. Frederiksberg: Samfundslitteratur.
- Den Danske Ordbog, D. D. (n.d.). Kreativ. Retrieved May 1, 2020, from <https://ordnet.dk/ddo/ordbog?query=kreativ>
- Dreyfus, H., & Dreyfus, S. (1999). *Mesterlære : læring som social praksis*. (S. Kvale & K. Nielsen, Eds.). Kbh.: Hans Reitzel.
- EMU. (n.d.-a). EMU - Læseplan og vejledning. Retrieved May 1, 2020, from <https://emu.dk/grundskole/teknologiforstaelse/laeseplan-og-vejledning>
- EMU. (n.d.-b). EMU - Teknologiforståelse. Retrieved May 1, 2020, from <https://emu.dk/grundskole/teknologiforstaelse>
- Hammershøj, L. G. (2012). *Kreativitet : et spørgsmål om dannelse*. (L. T. Münster, Ed.) (1. udgave). Kbh.: Hans Reitzel.
- Hjorth, M. (2019). Teknologiforståelse i danske skoler: hvor kommer det fra, og hvad er det? *Liv i Skolen*, 21(1), 6–13. Retrieved from <https://www.via.dk/-/media/VIA/dk/om-via/presse/dokumenter/publikationer/liv-i-skolen/liv-i-skolen-nr-1-2019-side-1-25-web.pdf>
- 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*. <https://doi.org/10.7146/aul.200.145>
- Hjorth, M., Smith, R. C., Loi, D., Iversen, O. S., & Christensen, K. S. (2016). Educating the reflective educator: Design processes and digital fabrication for the classroom. *ACM International Conference Proceeding Series*, 26–33. <https://doi.org/10.1145/3003397.3003401>
- IDEO DESIGNTHINKING. (n.d.). Retrieved May 1, 2020, from <https://designthinking.ideo.com>
- Illum, B. (n.d.). Læring i praksis – praktisk klogskab – processens dialog. Retrieved March 5, 2018, from http://www.dpu.dk/fileadmin/www.dpu.dk/forskning/forskningsenheder/materiellekulturstudier/om-dpu_institutter_curriculumforskning_materielle-kulturstudier_20090326133547_laeringipr-1---.pdf
- Iversen, O. S., Dindler, C., & Smith, R. C. (2019). *En designtilgang til teknologiforståelse*. Frederikshavn: Dafolo.
- Juul, S., & Bransholm Pedersen, K. (Eds.). (2012). *Samfundsvidenskabernes videnskabsteori : en indføring* (1. udgave). Kbh.: Hans Reitzel.
- McKenney, S., & Reeves, T. C. (2014). *Educational Design Research. Handbook of Research on Educational Communications and Technology: Fourth Edition*. New York, NY: Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_11
- Merriam-Webster - Case study. (n.d.). Retrieved June 1, 2020, from [https://www.merriam-webster.com/dictionary/case study](https://www.merriam-webster.com/dictionary/case%20study)

- Papert, S. (1993). *Mindstorms : children, computers, and powerful ideas* (2nd ed., with an introduction by John Sculley and a new preface by the author). Cambridge, Mass.: Perseus Books.
- Papert, S., & Harel, I. (1991). *Constructionism*. Norwood, N.J.: Ablex Pub. Corp.
- Polanyi, M. (2009). *The tacit dimension* (2. print). Chicago, London: University of Chicago Press. Retrieved from <http://www.loc.gov/catdir/enhancements/fy0917/2008047128-t.html>
- Resnick, M. (2018). Lifelong Kindergarten. *Lifelong Kindergarten*. <https://doi.org/10.7551/mitpress/11017.001.0001>
- Resnick, M. (2019). *Kreativ tænkning : "Lifelong kindergarten" som tilgang i skole og uddannelse*. Aarhus: Klim.
- Retsinformation. (n.d.). Bekendtgørelse om folkeskolens prøver. Retrieved June 1, 2020, from <https://www.retsinformation.dk/eli/lt/2014/1001>
- Rohde, L., & Olsen, A. L. (2013). *Innovative elever : undervisning i fire faser*. Kbh.: Akademisk Forlag.
- Sternberg, R. J., Kaufman, J. C., & Pretz, J. E. (2002). The Creativity Conundrum : A Propulsion Model of Kinds of Creative Contributions. In *The Creativity Conundrum: A Propulsion Model of Kinds of Creative Contributions* (pp. 109–130). Psychology Press.
- Stub, T., & Melin, H. D. (2018). *Design med teknologi - en Design.Based Research af arbejdet med lasercut i håndværk og design*.
- Tanggaard, L. (2010). *Fornyelsens kunst : at skabe kreativitet i skolen*. Kbh.: Akademisk Forlag.
- Tanggaard, L., & Stadil, C. (2015). *I bad med Picasso : sådan bliver du mere kreativ* (2. udgave). Kbh.: Gyldendal Business.
- Undervisningsministeriet. (1991). *Billedkunst 1991/4*.
- UVM. (n.d.). UVM - Handlingsplan for teknologi i undervisningen. Retrieved March 20, 2020, from <https://www.stil.dk/it-og-laering/handlingsplan-for-teknologi-i-undervisningen>
- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). the Role of Tutoring in Problem Solving. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 17(2), 89–100. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1976.tb00381.x>
- Zachariassen, R., & Eskildsen, O. K. (2016). *Håndværk & design : et fag i skolen* (1. udgave). Kbh.: Hans Reitzel.

12 Oversigt over bilag

Bilag 01

Vores egen logbog

Bilag 02

DPO1

Bilag 03

DPO2

Bilag 04

Interviewguide Undervisere og LU

Bilag 05

Interview med Undervisere fra LU

Bilag 06

Plakat fokusgruppeinterview

Bilag 07

Fokusgruppeinterview 1. maj

Fokusgruppeinterview 4. maj

Fokusgruppeinterview 8. maj

Bilag 08

Interviewguide Underviser LU3

Bilag 09

Interview med LU3 fra LU

Bilag 10

Padlet - I gang med Scratch

Bilag 11

Skema over digitale fabrikationsteknologier

Bilag 12

Tegning af vores FIRE-model