

Aarhus School of Architecture // Design School Kolding // Royal Danish Academy

Materialeredven 3d digital formgivning

Hansen, Flemming Tvede

Publication date:
2010

Document Version:
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication](#)

Citation for pulished version (APA):

Hansen, F. T. (2010). *Materialeredven 3d digital formgivning: Eksperimenterende brug og integration af det digitale medie i det keramiske fagområde*. Danmarks Designskoles Forlag.

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Materialdreven 3d digital formgivning

Eksperimenterende brug og integration af det digitale medie i det keramiske fagområde

Ph.d. projekt af Flemming Tvede Hansen, Danmarks Designskole 2010.



Materialeredreven 3d digital formgivning

*Eksperimenterende brug og integration af det
digitale medie i det keramiske fagområde*

Ph.d. projekt af Flemming Tvede Hansen, Danmarks Designskole 2010.

Indholdsfortegnelse

Indholdsfortegnelse	3
Tak	5
Læsevejledning	7
Forord	9
Del 1 // Problem, forudsætning og metode.....	11
1 // Indledning og problemfelt	13
1.1 // Forudsætning og baggrund	15
1.2 // Forskningsspørgsmål.....	24
2 // Metode	25
2.1 // Epistemiske artefakter	29
2.2 // Forgrenende eksperimenter.....	32
Del 2 // Forskningsfelt.....	39
3 // En tilgang til formgivning i det keramiske fagområde	41
3.1 // Keramik og stoflighed	41
3.2 // Lineære og ikke lineære systemer.....	42
3.3 // Keramikeren og leret	43
3.4 // Materialedreven formgivning	48
3.5 // To typer for materialedreven formgivning.....	51
3.5.1 // Autonom materialedreven formgivning	51
3.5.2 // Interaktiv materialedreven formgivning	52
3.6 // Delkonklusion.....	53
4 // Det 3d digitale formgivningsredskab	54
4.1 // Det digitale medie og kunsthåndværkspraksis	55
4.2 // Den 3d digitale formgivningsproces	56
4.3 // State of the art.....	57
4.4 // Delkonklusion og dette forskningsprojekts brug af det 3d digitale medie.....	66
5 // Bevægelse som tematisk omdrejningspunkt for eksperimenterne.....	67
5.1 // Bevægelse i relation til materialedreven formgivning	67
5.2 // Fra fotografi til det 3d digitale medie til 3d fysisk form	72
5.3 // Delkonklusion.....	80
Del 3 // Eksperimenter	83
6 // Real Flow (E1)	87
6.1 // Materialedreven 3d digital formgivning.....	87
6.2 // Indledende eksperimenter med Real Flow	95
6.2.1 // Delkonklusion	112
6.3 // Plask, - et møde mellem digital og keramisk form	114
6.3.1 // Delkonklusion	125
6.4 // Real Flow i en designkontekst.....	127
6.4.1 // Delkonklusion	144
7 // Et dynamisk interaktivt formgivningsredskab (E2)	145
7.1 // 2d dynamiske systemer og 3d geometri.....	146
7.2 // 3d bevægelser indfanget i et 3d grafisk rum	152
7.3 // Interaktive dynamiske systemer	154
7.5 // Low art, High art.....	171
7.6 // Delkonklusion og diskussion	174

8 // Flygtige fænomener med fysiske materialer (E4)	178
8.1 // Eksperimenter med gips-ler.....	179
8.2 // Diskussion og delkonklusion	187
9 // Fra digital form til keramisk form (E3).....	191
9.1 // Et dilemma i det keramiske fagområde	191
9.2 // Gips-lerets potentiale til at transformere den digitale form.....	202
9.3 // Delkonklusion.....	213
Del 4 // Resultater	217
10 // Konklusion og resumé af bidrag	219
10.1 // Materialedreven digital formgivning og Real Flow	220
10.2 // Flygtige fænomener og udvikling af digitale interaktive dynamiske systemer.....	223
10.3 // Dynamiske samspil mellem digital formgivning og det keramiske materiale	226
10.4 // Metodeudvikling.....	227
11 // Refleksion og perspektivering	229
11.1 // Refleksion over projektforbøb	229
11.2 // Fremtidig forskning	231
Resumé	233
Referenceliste	237
Appendiks	241

Tak

Jeg vil gerne rette en stor tak til Guldagergaard - International Ceramic Research Center, Kunstindustrimuseet, Center for Designforskning og Danmarks Designskole, der i en sammenfinansiering har muliggjort at realisere denne afhandling.

Jeg vil ligeledes takke mine vejledere Per Galle fra Danmarks Designskole og Katie Bunnell fra University College Falmouth for deres åbenhed og store villighed til at understøtte og bidrage til min forskning. En stor tak vil jeg også rette til de ansatte på Guldagergaard, Kunstindustrimuseet, Center for Designforskning, Center for keramik og glas på Danmarks Designskole, forskningsafdelingen på Danmarks Designskole og Automatic, der positivt har støttet ph.d. projektet, - og tak til Marcin Ignac, Anne Tophøj, Carla Stine Jørsum, Katrine Borup og Souvenix, der konkret har deltaget i enkeltstående samarbejder i forbindelse med mine eksperimenter.

Yderligere vil jeg takke Askhims Eftf. ApS, Damvig Develop A/S Rapid Prototyping Solutions og Diatom A/S for deres imødekommenhed med at sponsorere materialer og arbejdskraft i forbindelse med forskningsprojektets eksperimenter.

Flemming Tvede Hansen 2010

We must learn to see design algorithms everywhere we look.
Sanford Kwinter (2008)

Læsevejledning

Afhandlingen består af en dansk udgave, samt en engelsk udgave. Den danske udgave består af fire dele og et appendiks, der skal læses som en komplet helhed, der er selvstående. Appendikset består af en række filmiske sekvenser og en række fotos, der bliver henvist til i teksten for at bidrage med en yderligere forståelse af indholdet. Den engelske udgave består af et referat af den danske udgave samt fire papirer, der har været præsenteret på internationale konferencer med peer review. Der er dog ikke viden i papirerne, der ikke er repræsenteret i afhandlingen. Ideen med den engelske udgave med de fire papirer er at formidle afhandlingens indhold på engelsk i en kort version, samt at dokumentere den formidling til fagfæller i et forum med peer review, der i løbet af forskningsprocessen har understøttet forskningsprojektet. Desuden kan de fire papirer læses som forskellige koncentrat og aspekter af afhandlingen, der fra forskellige synsvinkler, stiller skarpt på forskellige problemstillinger. To af papirerne fokuserer på praktiske eksperimenter i forskningsprojektet, mens de andre to fokuserer på metode, der er eksemplificeret af eksperimenterne.

Preface

Per Galle // main supervisor

Flemming Tvede Hansen's PhD project as reported here is centred around two research questions: One about how the traditional experience and craft-based skills of the ceramist might be transferred to and utilized in 3D digital form giving; the other about how such a combination of the traditions of the craft with modern technology might be put to use in actual shaping of three-dimensional ceramic artefacts. The exploration of these questions is delimited to the realm of shapes, deliberately disregarding any practical uses or purposes of the artefacts in question. This is why the term "form giving" is used so frequently throughout the thesis, rather than "design".

Flemming has worked within the emerging paradigm known as "practice-based design research". In doing so, he has taken valuable inspiration from my co-supervisor, Dr. Katie Bunnell, and her colleagues in the Automatic team at University College Falmouth, who – unlike myself – are experts on experimental form giving of ceramics using information technology. During the three years of work on the project, Flemming has made a contribution of his own to research methodology within that field: what he calls "branching experiments".

Using this experimental method (while developing it), Flemming has produced, documented, and analysed a considerable number of original results in order to answer his two research questions. In doing so, he has frequently engaged in cooperation with students and colleagues, a fruitful strategy, which has obviously contributed to the richness of his results.

At the same time he has developed an elaborate conceptual framework in which to organize the many particular findings generated by the experiments. In other words, he has outlined what might be called *a theory of form giving ceramics by means of IT*. While the experimental results are informative in themselves, this overarching theory raises them to a level of generality that may be useful to other designers who want to transfer his results to their particular area of interest.

Because of this double emphasis on practical and theoretical issues, I believe it is fair to conclude that the outcome of this project is a rather unique combination of basic, and highly applied – or rather applicable – research.

It has been a pleasure to follow the development of this project. Once again it has confirmed my experience that being a supervisor is as much about learning as about teaching.

Del 1 //

Problem, forudsætning og metode

1 // Indledning og problemfelt	13
1.1 // Forudsætning og baggrund	15
1.2 // Forskningsspørgsmål.....	24
2 // Metode	25
2.1 // Epistemiske artefakter	29
2.2 // Forgrenende eksperimenter.....	32

1 // Indledning og problemfelt

Denne afhandling handler om eksperimenterende brug og integration af det tredimensionelle (3d) digitale medie i formgivningsprocessen af artefakter indenfor det keramiske fagområde. Det 3d digitale medie indgår som et vigtigt redskab i store dele af design faget, og det er under konstant afprøvning, hvilken rolle det skal spille i designprocessen. Formålet med dette forskningsprojekt er at understøtte det keramiske fagområde i brugen af det 3d digitale medie som et formgivningsredskab til 3d keramisk form. Mit mål er ikke at understøtte et bestemt område indenfor keramisk formgivning, som f.eks. kunsthåndværk eller industriel design, men snarere at understøtte fagområdet generelt, ved at bidrage til en diskurs omkring de arbejdsprocesser, som det digitale medie kan indgå i. Min ide er at identificere en tilgang til 3d digital formgivning, som kan afspejle og dermed understøtte en keramikers eksisterende tilgang til 3d formgivning. Dette skal ses i forhold til, at en keramik i stedet kan annektere en tilgang til 3d digital formgivning, som måske snarere understøtter et andet fagområde. Et eksempel kan være indenfor arkitektur, hvor en formgivning typisk langt mere vil handle om at underbygge en konstruktion i en helt anden skala og med et andet formål. En formgivning, der bygger på et sådan samspil mellem fagområder kan også være interessant, men er ikke dette projekts formål.

Historisk set er det keramiske fagområde karakteriseret af lerets plastiske evne, der kan udnyttes i en direkte taktil bearbejdning med hænderne, samt materialets kemiske transformation i ovn brændingen. Teknikkerne og materialeområdet er dog langt mere omfangsrige, men et gennemgående træk er, at det er et fagområde, som bygger på en håndværksmæssig tilgang til formgivning med omdrejningspunkt i et specifikt materialeområde. Det er især det direkte samspil mellem keramikeren og det keramiske materiale, der har dette forskningsprojekts interesse. Dette samspil handler om en interaktion, hvor resultatet er betinget af keramikerenes fornemmelse, nysgerrighed, leg og fordybelse med de keramiske materialer og teknikker. Denne tilgangs styrke hviler på et erfaringsgrundlag og en specialiseret viden, der bygger på konkrete eksperimenter med et specifikt materialeområdes potentiale til at inspirere og bidrage til en designløsning. En viden der ligeledes i faget bliver omtalt som "tavs viden" (Polanyi, 1966, 2009), og som Louise Mazanti formulerer det i forhold til kunsthåndværkspraksis; ikke kan verbaliseres; evnen er tavs, lært gennem iagttagelse og erfaring og rummer derfor en egen kobling mellem krop (hænder) og intellekt (Mazanti, 2006, s 59).

Det digitale medie er under kraftig udvikling og ser ud til at få større og større betydning som formgivningsredskab og produktionsredskab. Det er derfor interessant om keramikerenes erfaringsgrundlag og specialiserede viden kan transformeres og udnyttes i forhold til 3d digital formgivning.

Det er interessant, da det for det første kan tænkes at bidrage med en fornyelse af det keramiske fagområde. Dette handler også om, at den specialiserede viden ikke skal gå tabt, i takt med at det digitale medie får større og større betydning i design fagene. Tværtimod kan den specialiserede viden transformeres og udnyttes i et dynamisk samspil med det digitale medie. For det andet er det interessant at

undersøge og eksperimentere med, hvordan keramikerens tilgang til formgivning kan bidrage til en tværfaglig diskurs og påvirke udviklingen indenfor 3d digital formgivning.

Som udgangspunkt repræsenterer det digitale medie ikke et fysisk materiale eller et fagområde i denne afhandling, men snarere et redskab, der er baseret på den nyeste teknologi. Det digitale medie kan i forbindelse med 3d formgivning både udnyttes som et formgivningsredskab og produktionsredskab. Det kan handle om en 3d digital formgivning, der er baseret på så komplekse matematiske beregninger, at den end ikke lader sig gøre at visualisere ved hjælp af de fysiske materialer og teknikker, vi traditionelt kender fra f.eks. gips-, træ- eller metalværkstedet. En sådan digital formgivning kan være opstået ud fra en leg med et af det 3d digitale medies mange dynamiske tegneredskaber, der uden et fysisk materiales begrænsninger let kan formgive på en måde, som vi ikke har fantasi til at forestille os. Yderligere er teknologien nu så udviklet, at det er muligt, indenfor en efterhånden meget bred vifte af teknikker, at overføre en sådan matematisk kompleks 3d digital form til 3d fysisk form ved hjælp af de teknikker, der bl.a. går under fællesbetegnelsen Rapid Prototyping (RP).

Ideen med dette forskningsprojekt er at eksperimentere med at forene det keramiske fagområdes specialiserede viden og erfaringsgrundlag med den større frihed og kompleksitet i formgivningen som det digitale medie repræsenterer. Dette vil jeg gøre ved, at jeg for det første identificerer, hvilken tilgang til 3d formgivning, der er relevant at tage udgangspunkt i indenfor det keramiske fagområde. For det andet vil jeg gøre det ved, at jeg udforsker denne tilgangs potentiale i forhold til 3d digital formgivning og den digitale formgivnings mulighed for at indgå i et dynamisk samspil med de keramiske materialer.

For at belyse en sådan tilgang tager jeg indledningsvist afsæt i Manuel De Landa's (2002) ide om *ikke lineære systemer*, der handler om et potentiale i det samspil mellem formgiveren og et materiales kompleksitet, som erfares gennem den håndværkmæssige omgang med materialet. For at uddybe dette samspil i formgivningsprocessen, tager jeg desuden afsæt i Sanford Kwinter's (2001) ide om en dynamisk og uvis proces, der forbinder, hvad han kalder en *virtuel* komponent til en *aktuel* komponent. Sammen bidrager disse ideer til at definere begrebet *materialedreven formgivning*, der afspejler den tilgang til keramisk formgivning der er relevant i dette forskningsprojekt.

Indledningsvist danner ideen om materialedreven formgivning udgangspunkt for en række eksperimenter med *dynamics* i softwaret Real Flow. Disse eksperimenter fører til at definere begrebet *materialedreven 3d digital formgivning*, hvilket efterfølgende danner grundlag for nye eksperimenter med at udforske formgiverens interaktion med det digitale medie.

Konkret omhandler forskningsprojektet eksperimenterende formgivning af 3d keramiske artefakter ved hjælp af det digitale medie. Med det digitale medie mener jeg *materialedreven 3d digital formgivning*, samt de teknikker der findes til at overføre 3d digital form til 3d fysisk form, som går under fællesbetegnelsen Rapid Prototyping (RP). Efterfølgende bliver den RP producerede model overført til det

keramiske materiale ved hjælp af klassiske keramiske teknikker med det formål at eksperimentere med et dynamisk samspil mellem den digitale formgivning og det keramiske materiale.

Projektet fokuserer på den tidlige fase i formgivningsprocessen, hvor 3d form opstår i et samspil mellem designer, materiale og teknik. Projektet har derfor fokus på formgivningsprocessen snarere end designprocessen som helhed.

Formgivningsprocessen kan her ses som det led i designprocessen, der handler om selve den fysiske udformning af et artefakt, hvor designprocessen kan ses som den store helhed, der desuden indeholder faser som problemidentifikation, produktion o. lign. Projektet tager på den måde ikke afsæt i f.eks. et brugsproblem eller bestemte behov af teknisk funktionel karakter, men fokuserer alene på at understøtte formgivningsprocessen gennem eksperimenter ledsaget af en verbal perspektivering, refleksion og diskussion. Det er ud fra denne differentiering, at jeg efterfølgende vil bruge benævnelserne *formgivningsprocessen* og ikke *designprocessen*, og formgiver og ikke designer, når temaet handler specifikt om forholdet mellem formgiver, materialer og teknik.

Det er mit indtryk at et voksende antal designere og designforskere har mulighed for og er villige til at samarbejde på tværs af traditionelle fagområders domæner. I den sammenhæng kan det digitale medie ses som en tværfaglig platform med mulighed for at nye hybride designpraksisser opstår. Det er derfor nødvendigt at være en del af denne diskurs, både for at det keramiske fagområde kan fornyes, men også for at det kan bidrage til udviklingen. Det er derfor, det er vigtigt, at identificere en formgivningstilgang indenfor det keramiske fagområde, som egner sig til at eksperimentere med 3d digital formgivning og derfor er denne forskning central. Designere og designforskere med fokus på eksperimenterende formgivning af 3d fysiske artefakter ved hjælp af det digitale medie udgør således afhandlingens målgruppe.

1.1 // Forudsætning og baggrund

Forudsætningen for at gennemføre dette projekt er først og fremmest baseret på min baggrund som udøvende keramikker. Jeg er uddannet på Danmarks Designskole 1990-95 med speciale indenfor keramik og glas og er efterfølgende uddannet indenfor multimedie design 1999-2000 på Multimedieinstituttet MMI under Kunstakademiets Arkitektskole i København. Siden 1995 har jeg haft eget værksted og deltaget aktivt i det kunstneriske udstillingsmiljø både i Danmark og internationalt, samt udført designopgaver for blandt andre Bosch & Fjord¹ og Hindsgaul Mannequins A/S².

¹ Bosch & Fjord laver samarbejdsprojekter med erhvervslivet og offentlige institutioner. "Vi bruger kunst, design og arkitektur som redskab til at stimulere innovation, ændre arbejdskulturer og styrke den visuelle identitet. Projekterne karakteriseres derfor af en udtalt identitet på tværs af disciplinerne design, arkitektur og kunst" (Bosch & Fjord, 2009).

² Hindsgaul Mannequins A/S har hovedsæde i Måløv og udvikler mannequinfigurer til det internationale marked.

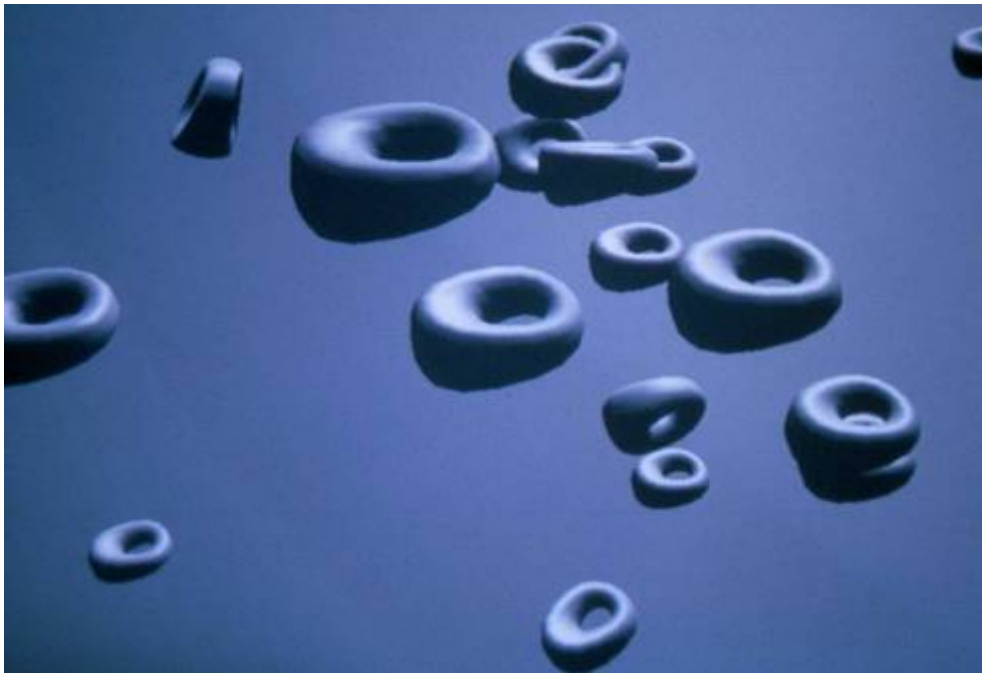
Denne afhandling har især rødder i mit afgangsprøjet fra 1995. Afgangsprøjet undersøgte gennem eksperimenter, hvilken indflydelse valget af materiale har for formgivningsprocessen. Konkret blev dette undersøgt ved at en 3d form dannede et fælles udgangspunkt for en "rejse" gennem en række parallelle eksperimenter med forskellige materialer som ler, glas, gips, plastic og 3d digital animation. Formålet var at identificere de enkelte materialers potentialer, hvilket i en sammenstilling kunne tydeliggøres og diskuteres.

Eksperimenterne i det keramiske materiale trak i en retning af at arbejde med de mange forskelligartede stofflige materialeoverflader³, som det keramiske materiale muliggør; f.eks. ved hjælp af den kemiske proces i ovn brændingen, der kan tilføje et væld af farvenuancer og teksturer. Udover at dette bidrog med et visuelt stoffligt udtryk, bidrog det ligeledes med et udtryk, der kunne sanses fysisk gennem berøring. Den 3d digitale formgivning gav mulighed for at eksperimenter med fortællinger i 3d computeranimationer (filmsekvenser), hvor formen havde karakter af at være et dyr, et menneske eller en brugsting, der udførte en handling. Disse fortællinger kunne overgå virkeligheden ved f.eks. ikke at være underlagt fysiske love som tyngdekraften eller ved at brugsting fik eget liv. I sammenstillingen af det keramiske og 3d digitale eksperiment fik jeg for første gang en erfaring med og nysgerrighed overfor samspillet mellem et fysisk sanseligt materiale og det digitale medie. Det er potentialet i et sådan samspil som jeg i denne afhandling er optaget af at udforske, diskutere og eksperimenter med. På figur 1.1.1-1.1.2 kan ses et udsnit af eksperimenterne fra afgangsprøjet.



Figur 1.1.1 // Gas brændt lertøj. L.70 cm. Flemming Tvede Hansen, udsnit af afgangsprøjet fra Danmarks Designskole 1995.

³ Stofflige materialeoverflader beskrives nærmere i sektion 3.1 i kapitel 3.



Figur 1.1.2 // Snap-shot fra computeranimationen "rain forms". Flemming Tvede Hansen, udsnit af afgangprojekt fra Danmarks Designskole 1995.

Afgangprojektet forsøgte at belyse, diskutere og eksperimentere med, hvad et materiale kan bidrage med i formgivningsprocessen frem for at løse et funktionelt problem. Selve resultatet var ledsaget af min mundtlige fremlæggelse og refleksion af projektet, og ideen var snarere at bidrage til en diskussion af det keramiske fagområdes fremtidige rolle på en designskole, end at bidrage med en designløsning eller et kunstobjekt.

Som det vil fremgå af denne afhandling har mit ph.d. projekt rødder til afgangprojektet, både hvad angår dets tematiske indhold omkring integration af det digitale medie i det keramiske fagområde, men også i kraft af en intention om at understøtte og diskutere formgivningsprocessen.

I årene 1996-2006 har jeg arbejdet indenfor en design- og kunsthåndværkskontekst. Det vil sige, at jeg har arbejdet med kunsthåndværk, design og udsmykning, hvor artefakterne skal ses som et statement i sig selv, der skal give mening og forstås af en modtager uden en verbal forklaring. Et eksempel på dette er artefakterne på figur 1.1.3, der tydeligt fremstår som fadene. Fadene er inspireret af tre stadier af en dråbes møde med en væskeoverflade, men fremstår nærmest som matematiske illustrationer af fænomenet. Denne rationelle fremstilling udnyttes som et dynamisk modspil til det keramiske materiale. Fadene er udført i stentøj med en celadonglasur. Celadonglasuren er en klassisk kinesisk glasur, der udføres ved hjælp af en reducerende brændingsteknik, der både muliggør den lysende blågrønne farve, men samtidig kan sodfarve de højtliggende kanter. Variationerne i fadenes kurvede forløb medvirker til at glasurens mange farvenuancer og stofligheder får mulighed for at folde sig ud.

Fadene på figur 1.1.3 har dannet udgangspunkt for videre formundersøgelser, hvor computerens effektive redskaber har inspireret til eksempler, der har undersøgt temaer som ekstrudering, gentagelse, spejlvending, positiv-negativ osv. Eksempler på dette kan ses på figur 1.1.4 – figur 1.1.6. På figur 1.1.4 er profilerne fra fadene på figur 1.1.3 ekstruderet og gentaget. Figur 1.1.5 viser et eksempel på, at der af en spejlvending af den samme profil opstår to forskellige fade. På figur 1.1.6 er den samme profil blevet vendt og brugt til at formgive to krukker, der afspejler et positiv-negativ forhold.

I eksemplerne på figur 1.1.4 – figur 1.1.6 har jeg eksperimenteret med form, men det er tydeligt, at resultaterne har forholdt sig til en design- og kunsthåndværkskontekst ved at være klassiske genstandstyper; fadet og krukken. Mit arbejde i denne periode handlede om at opnå en teknisk og kunstnerisk fortrolighed med det keramiske medie, og om at lege med den dynamiske kontrast mellem et rationelt og matematisk funderet formsprog og et stofligt materiale. Det digitale medie blev fortrinsvis udnyttet som et effektivt formgivningsredskab til at optimere formgivningsprocessen. Dette forskningsprojekt vil til gengæld eksperimentere med digitale formgivningsprocesser med det formål at opnå overraskende og ikke tilsigtede resultater, og vil ligeledes vise eksempler på og diskutere det dynamiske samspil mellem form og stoflighed, men baseret på langt mere kompleks digital formgivning.

I den samme periode (1996-2006) som ovenfor beskrevet har jeg i samarbejde med andre designere og kunsthåndværkere taget initiativ til, og været del af mere eksperimenterende keramiske projekter. Et eksempel er *Deform 1* på figur 1.1.7 og *Deform 2* på figur 1.1.8, der er udført i et samarbejde med keramikeren Gitte Jungersen. I *Deform 1* og *Deform 2* eksperimenterede vi med et skulpturelt udtryk, der baserer sig på det keramiske materiales kemiske transformation i ovn brændingen. Eksemplerne på figur 1.1.7a og 1.1.7b har som udgangspunkt været formgivet i lertøj som en præcis kugle. Under ovn brændingen er kuglerne blevet transformeret, og fremstår nu hver især som et fastfrosset øjeblik af en form i forvandling, og som et dynamisk stadie mellem flydende og stabil. Disse eksempler er baseret på, at det brugte ler har været udsat for en for høj temperatur. I eksemplet på figur 1.1.8 handler det derimod om, at vi har tilsat råmaterialer i leret på specifikke steder i formen, der har nedsat smeltepunktet. Det er derved kun de specifikke steder, der bliver transformeret. Jeg vil belyse disse eksperimenter nærmere i sektion 3.5 i kapitel 3.

Min forudsætning og baggrund for at udføre dette forskningsprojekt er især baseret på ovenstående erfaring med praksis indenfor det keramiske fagområde, og jeg har som udgangspunkt ikke haft erfaring med forskningspraksis i et forskningsmiljø.



Figur 1.1.3 // Fade med celadon glasur. Dia 55 cm. Flemming Tvede Hansen 1997. Foto: Ole Akhøj.



Figur 1.1.4 // En profil fra fadene på figur 1.1.5 har dannet udgangspunkt for en undersøgelse med ekstrudering og gentagelse. Flemming Tvede Hansen 1997. Foto: Ole Akhøj.



Figur 1.1.5 // En spejlvending af en profil har dannet udgangspunkt for to fade. Flemming Tvede Hansen 2000. Foto: Anders Sune Berg.



Figur 1.1.6 // En profil er blevet udnyttet til at formgive to krukker, der afspejler et positiv-negativ forhold. Flemming Tvede Hansen 2004.



Figur 1.1.7a // *Deform 1*. Kugle af lertøj, der er blevet transformeret i ovn brændingen pga. for høj brændingstemperatur. Et samarbejde mellem Gitte Jungersen og Flemming Tvede Hansen 1997. Dia. 60 cm. Foto: Ole Akhøj.



Figur 1.1.7b // *Deform 1*. Kugler af lertøj, der på forskellige måder er blevet transformeret i ovn brændingen alt efter brændingstemperatur. Dia. 22 cm. Et samarbejde mellem Gitte Jungersen og Flemming Tvede Hansen 1997. Foto: Ole Akhøj.



Figur 1.1.8a // *Deform 2*. Cylindre af stentøj har fået tilsat forskellige mængder af råmaterialer i leret på specifikke steder i formen, der har nedsat smeltepunktet. Længde 180 cm. Et samarbejde mellem Gitte Jungersen og Flemming Tvede Hansen 1999.



Figur 1.1.8b // *Deform 2*. Detalje fra figur 1.1.12a. Et samarbejde mellem Gitte Jungersen og Flemming Tvede Hansen 1999.

1.2 // Forskningsspørgsmål

For at undersøge afhandlingens problemfelt tager jeg afsæt i to spørgsmål, samt nogle delmål. Formålet med delmålene er at bidrage med et fundament og at underbygge besvarelsen af forskningsspørgsmålene ved at belyse de temaer og begreber, der indgår i forskningsspørgsmålene. Delmålene er derfor et middel til at besvare forskningsspørgsmålene. En besvarelse af forskningsspørgsmålene vil basere sig på mine egne eksperimenter med materialer og teknik. Disse eksperimenter vil producere empiri til at reflektere, diskutere og perspektivere forskningsspørgsmålene.

Spørgsmål 1:

Mit første spørgsmål handler om, hvordan en keramikers viden, erfaring og tilgang til formgivningsprocessen kan overføres og udnyttes i forhold til 3d digital formgivning. Spørgsmålet tager afsæt i en tilgang, der er karakteriseret af keramikerenes samspil med det keramiske materiale og dets potentiale til at bidrage til formgivningsprocessen. Det er en arbejdshypotese, at denne tilgang kan udnyttes i brugen af 3d digital formgivning ved hjælp af *Dynamics*. Dynamics er en fælles betegnelse for en række redskaber i 3d software programmer, som kan bruges til at simulere virkelighedsrelaterede fænomener som væsker, vind, tyngdekraft o. lign.

Delmål 1a: Det er et delmål at identificere, eksemplificere og begrebsliggøre den tilgang indenfor det keramiske fagområde, der er relevant i dette projekt. Denne tilgang vil danne grundlag for eksperimenterne med 3d digital formgivning. Yderligere vil disse begreber kunne bruges som et redskab til at kategorisere mine eksperimenter med 3d digital formgivning.

Delmål 1b: Det er yderligere et delmål at belyse eksisterende relevant praksis og forskning indenfor det 3d digitale medie for at afklare, hvilken praksis og forskningsfelt jeg forholder mig til og ønsker at udvikle og bidrage til.

Spørgsmål 2:

Spørgsmål 2 handler om, hvad denne "keramisk inspirerende" tilgang til 3d digital formgivning konkret kan bidrage med i formgivningsprocessen af 3d keramiske artefakter.

Dette handler for det første om at undersøge, hvad den digitale formgivning i sig selv kan bidrage med. Omdrejningspunktet for at undersøge dette handler om at eksperimentere med temaet *bevægelse*. Bevægelse refererer i denne sammenhæng til et fysisk fænomen, som f.eks. et objekt, der bevæger sig fra en position til en anden position. Det er en arbejdshypotese, at det digitale medie kan bidrage med at fastholde flygtige fænomener, der adskiller sig fra fysiske materialers begrænsninger. Disse begrænsninger kan f.eks. handle om tyngdekraften og fysiske materialers egenskaber, hvilket er givet fra naturens side. Et eksempel på et flygtigt fænomen og en begrænsning kan være en væske i kraftig bevægelse.

Væskens 3d form vil ikke kunne fastholdes på et givent stadie, men vil konstant ændre form for til sidst at falde til ro.

For det andet handler det om at undersøge, hvad den digitale formgivning kan bidrage med i et samspil med det keramiske materiale. Det er en arbejdshypotese, at den proces der ligger i at overføre den 3d digitale form til det keramiske materiale kan bidrage med et dynamisk samspil mellem den digitale formgivning og det keramiske materiale, og en kompleksitet i et 3d keramisk artefakt.

Delmål 2a: Det er et delmål at belyse temaet *bevægelse* i relation til ovenstående tilgang til formgivningsprocessen for at afklare det tema, som jeg vil benytte som omdrejningspunkt for mine eksperimenter med 3d digital formgivning.

Delmål 2b: Det er et delmål at belyse og eksperimentere med de teknikker og evt. begrænsninger, der findes, når den digitale form skal overføres til det keramiske materiale. Dette kan give en mulighed for at eksperimentere med et dynamisk samspil mellem den digitale formgivning og det keramiske materiale for at opnå en kompleksitet i et 3d keramisk artefakt.

2 // Metode

Per Galle (2009 forthcoming) foreslår følgende definition af begrebet forskning i en artikel om designfaglig videnskabsteori:

Forskning [en proces]: Disciplineret opnåelse af ny ikke-triviell viden og dokumentation af denne gennem teori.

som han uddyber ved hjælp af bl.a. følgende:

- ved at arbejde systematisk, ærligt og selvkritisk, forholde sig til relevant eksisterende viden, gøre rede for sine forudsætninger, og argumentere eksplicit for sine konklusioner, så andre kan efterprøve dem (Jensen 2004, s. 137-138; Langergaard et al. 2006, s. 52-65).

Denne definition og uddybelse beskriver grundlæggende, hvilke krav min forskning skal leve op til og derved, hvad min metode skal kunne bidrage til.

Det overordnede formål med min afhandling er som Lars Geer Hammershøj (2008) formulerer det, at transformere den faglige tradition og bidrage med ny viden. For at bidrage med en sådan ny viden tager denne afhandling afsæt i min egen erfaring med praktiske eksperimenter som middel til at undersøge forskningsspørgsmålene. Dette er en tilgang, der også går under betegnelsen "practice-based research" (Biggs 2002) eller "research through design" (Frayling, 1993), hvilket i denne sammenhæng betyder, at projektet indeholder egne praktiske eksperimenter med teknik og materialer. Formålet med disse eksperimenter er at producere empiri til diskussion, refleksion og perspektivering af forskningsspørgsmålene.

Med min baggrund indenfor formgivningspraksis har jeg været optaget af, hvordan min egen erfaring og viden kan blive udnyttet og være central i forhold til designforskningens metode. Dette handler om, at formgivningspraksis skal ses som en integreret del af forskningspraksis, - og ikke som et parallelt spor, der bliver praktiseret, som hvis jeg udførte den i en designkontekst. Derfor har det i denne forskning handlet om at udøve formgivningspraksis på en måde, der er enestående for en forskningssammenhæng. Dette er en kendt problemstilling indenfor den såkaldte praksisbaserede forskning.

I dette forskningsprojekt har erfaringer fra Storbritannien spillet en central rolle i forhold til metode. Steven Scrivener og Peter Chapman (2004) diskuterer problemstillingen med afsæt i Peter Chapman's egen rolle som billedkunstner og ph.d. studerende, og med Steven Scrivener som vejleder. Steven Scrivener og Peter Chapman (2004) argumenterer for at den praksisbaserede forskning med afsæt i billedkunst og design kan karakteriseres med et fokus på spørgsmål og interesserefelter, der bliver undersøgt gennem en produktion af artefakter. Artefaktets vigtige egenskab uanset om det er et funktionelt produkt eller ej er, at den bidrager med forståelse. Steven Scrivener og Peter Chapman (2004, s. 6) beskriver, at man i mange forskningsområder indleder med en tænkning baseret på teori og viden, der er relevant for det pågældende projekt og som generelt er målrettet mod at identificere et problem eller en hypotese til at løse et problem. Denne tilgang er baseret på en ide om, at viden kan foreskrive en praksis, og med en sammenhæng mellem måden at spørge og svare på. Denne tilgang kan ifølge Steven Scrivener og Peter Chapman (2004, s.7) være problematisk indenfor den praksisbaserede forskning dvs. indenfor billedkunst og design. I den praksisbaserede forskning er mediet f.eks. visuelt og tænkningen er derfor baseret på dette pågældende medie. Der vil derfor ikke være en sammenhæng mellem måden at spørge på, hvis denne f.eks. er teoretisk, - og svare på, hvis denne f.eks. er visuel, da medierne vil være forskellige. Steven Scrivener og Peter Chapman (2004, s. 6) drager en parallel til Gerhard Richter som beskriver det således:

"Painting has nothing to do with thinking, because in painting thinking is painting. Thinking is language - record-keeping - and has to take place before and after.
Gerhard Richter (2004, s. 17)

Steven Scrivener og Peter Chapman (2004, s. 7) foreslår derfor en tilgang til den såkaldte praksisbaserede forskningsproces, der baserer sig på indsamling af relevant teori og viden i et parallelt forløb med kreativ praksis, i stedet for at indlede med det.

Den finske keramiker Maarit Makela, (2007) stiller med udgangspunkt i sin ph.d. afhandling "Memories on Clay: Representations of subjective creation process and gender" ligeledes spørgsmål til, hvordan kunstpraksis kan interagere med forskning på en måde, der kan producere ny viden og nye kreative måder at drive forskning. Maarit Makela (2007) argumenterer ved hjælp af den britiske designteoretiker Michael Biggs (2004, s 12-19), at kunstnerisk praksis i en forskningskontekst ikke som udgangspunkt skal binde sig til en bestemt metode, men snarere være i stand til at præsentere en ramme, indenfor hvilken en

praksisorienteret "rejse" kan foregå. Det er nemlig karakteristisk indenfor denne kategori af forskning, at spørgsmål rejses som en konsekvens af praksis og at en del af svarene ikke er entydige, men snarere flertydige. Dette anses som en fordel i forhold til en dynamik mellem forskningskontekst, spørgsmål, metode og modtager, - og dette er ifølge Maarit Makela grunden til at forskningsmetoden skal ses som den sidste variabel, der skal bestemmes.

Ifølge Steven Scrivener og Peter Chapman (2004) og Maarit Makela, (2007) kan en væsentlig del af metoden og rammen for forskningen derfor med fordel blive udviklet og testet gennem selve forskningsprocessen. Denne ide har dannet udgangspunkt for den overordnede tilgang til denne forskning.

Konkret har Katie Bunnell, ph.d. desuden bidraget til min løbende udvikling af metode i forbindelse med dette forskningsprojekt. Katie Bunnell udviklede i forbindelse med sit ph.d. projekt: *The Integration of New Technology into Ceramic Designer-Maker Practice* fra 1999, hvad hun kaldte "an open and emergent practice-based methodology" til at undersøge integrationen af digitale teknologier i forbindelse med sin praksis. Katie Bunnell (2009) beskriver på baggrund af Jones (1991) designprocessen som en forskningsproces og udviklede bl.a. på baggrund af denne ide sin metode. Metoden er desuden baseret på Donald Schön's (1995) begreb "reflection in action", som Katie Bunnell (2009) i denne sammenhæng benytter til at beskrive, hvordan strategier til at løse et problem opstår gennem fordybelse i et forskningsproblem, der bliver mere fokuseret gennem handling. Metoden er endvidere baseret på Csikszentmihalyi's (1998) ide om at kreativitet er baseret på et cyklisk forhold mellem individet, feltet for praksis og et bredere domæne (kultur). Metoden indbefatter tre stadier af aktivitet baseret på begrebet *Naturalistic research* (Douglas, 1985). Disse tre stadier beskrives som:

Immersion: the investigation of the research problem through absorption and interaction with it.

Acquisition: conscious and subconscious collecting of visual and textual data through reflection in action, use of libraries, internet, museum collections, exhibitions, and structured data recording.

Realisation: through peer review, exhibition, and structured analysis leading to dissemination.

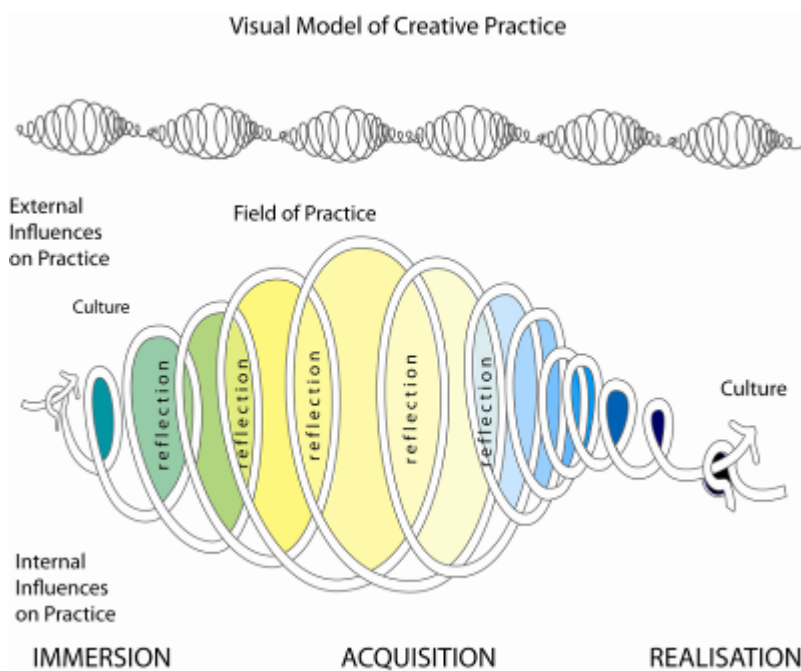
(Douglas and Moustakas 1985)

Katie Bunnell's egen visualisering af kreativ praksis i "an open and emergent practice-based methodology" er visualiseret på figur 2.1 og kan bruges til både at beskrive mikroelementer, som f.eks. enkelte undersøgelser, - og til at beskrive et helhedsbillede af hele forskningsprocessen. Den væsentligste del af metoden ligger i den fordybende og skabende del, der skal ses som integrerede aktiviteter sammen med en løbende refleksion. Som spiralen åbner op, bevæger forskningsprocessen sig fra det individuelle til en refleksion i forhold til et bredere domæne, - og lukker sig sammen igen i forbindelse med en optagelse af de samlede aktiviteter resultater, hvilket bidrager med nye ideer.

Katie Bunnell, Ph.d. er leder af forskerklyngen *Autonomic*
<http://www.autonomic.org.uk/> på University College Falmouth, UK, der

eksperimenterer med og undersøger brugen af 3D digitale produktionsteknikker i den kreative fase af design- og formgivningsprocessen af 3d artefakter på baggrund af Katie Bunnell's tilgang til forskning. Jeg har i forbindelse med dette forskningsprojekt modtaget ekstern vejledning af Katie Bunnell.

Det er sådanne eksempler på diskussioner og tilgange til en praksisbaseret designforskning, der har dannet udgangspunkt for min tilgang til forskningsprocessen. Jeg har i løbet af min forskningsproces reflekteret over denne problemstilling og har skrevet to artikler, der handler om, hvordan denne metode konkret har udviklet sig og er blevet brugt i forbindelse med min forskning. Den ene artikel "Epistemic artefacts" (Epistemiske artefakter) (Hansen, 2009b) har fokus på artefaktets rolle i denne forskningskontekst, mens den anden artikel "A Search for Unpredictable Relationships" (En søgen efter uforudsigelige relationer) (Hansen, 2009d) har fokus på eksperimenternes indbyrdes afhængige og dynamiske forhold i forskningsprojektet⁴. De følgende to sektioner tager udgangspunkt i disse problemstillinger.



Figur 2.1 // Visualisering af Katie Bunnells model af kreativ praksis i "an open and emergent practice-based methodology"

⁴ Artiklen "Epistemic artefacts" blev præsenteret på konferencen "Communicating (by) Design" april 2009, Sint-Lucas, School of Architecture, Brussels, Belgium, og artiklen "A Search for Unpredictable Relationships" blev præsenteret på konferencen "EKSIG", juni 2009 London Metropolitan University, London, UK. Begge artikler er vedlagt i den engelske udgave af ph.d. afhandlingen.

2.1 // Epistemiske artefakter

I denne sektion vil jeg beskrive, hvordan artefakter i en designforskningskontekst kan adskille sig fra artefakter i en designkontekst. Dette handler konkret om at artefakterne i denne forsknings eksperimenter kan betragtes alene som et middel til at producere viden, og at dette har nogle fordele. Sådanne artefakter har jeg kaldt epistemiske artefakter.

Per Galle (2009 forthcoming) foreslår følgende definition af begrebet forskning, viden og teori:

Forskning: Disciplineret opnåelse af ny ikke-triviell viden og dokumentation af denne gennem teori.

Viden: En fortrolighed med begreber, sagforhold eller handlemåder.

Teori: En beskrivelse (ofte udførlig, argumenterende, forklarende) af begreber, sagforhold eller handlemåder.

Man kan på den måde sige at det overordnede formål med at forske er at producere viden, der kan kommunikeres i form af teori. I dette forskningsprojekt er ny viden baseret på at egne praktiske eksperimenter med teknik og materialer bidrager med empiri til diskussion, refleksion og perspektivering af forskningsspørgsmålene. På den måde kan udviklingen af og artefaktet i sig selv, i et samspil med en verbal refleksion og diskussion, alene betragtes som et middel eller redskab til at producere teori. Artefaktet skal derfor ikke nødvendigvis kunne fungere udenfor forskningskonteksten, da dets mening, funktion og formål vil blive ledsaget af en verbal refleksion og diskussion (Biggs 2004, s. 13). Artefakter brugt på denne måde, er hvad jeg har kaldt *epistemiske artefakter*. Begrebet *epistemisk* kommer ifølge Gyldendals Dansk Fremmedordbog (2006) af det græske ord *episteme* (viden) og betyder, hvad der ud fra velbegrundet viden må regnes for rigtigt. I denne sammenhæng refererer *epistemiske artefakter* til artefakternes primære rolle med at bidrage til en sådan velbegrundet viden i forbindelse med dette forskningsprojekt.

Til sammenligning er formålet med *design* at producere artefakter. Per Galle (2009 forthcoming) definerer begrebet *design* således:

Design: At udtrykke en kreativ idé for at gøre sig selv eller andre i stand til at fremstille et artefakt, man vil genkende i forhold til idéen.

Som Hilpinen (2004) ser Per Galle disse artefakter som produkter, der bevidst er fremstillet til et bestemt formål. Et artefakt kan f.eks. opfylde sit formål ved at kunne bruges på en bestemt måde, ved at kunne vække bestemte følelser, ved at signalere sin ejers sociale status, ved at bære et kunstnerisk udtryk, osv. (Galle, 2009 Forthcoming)

Man kan på den måde sige, at formålet i en designkontekst er at producere et artefakt, der skal give mening og forstås af en bruger, og vil typisk ikke blive

ledsaget af en verbal forklaring, der forklarer dets mening. Meningen med en kop eller en lampe vil f.eks. typisk være åbenlyse for en bruger.

Som tabel 2.1.1 viser, er artefaktets rolle og formål afhængigt af, hvorvidt det udvikles i en praksisbaseret designforskningskontekst eller i en designkontekst.

	Formålet er at producere	Artefaktets rolle er at være
Praksisbaseret designforskning	Viden	Redskab og middel
Design	Artefakter	Produkt

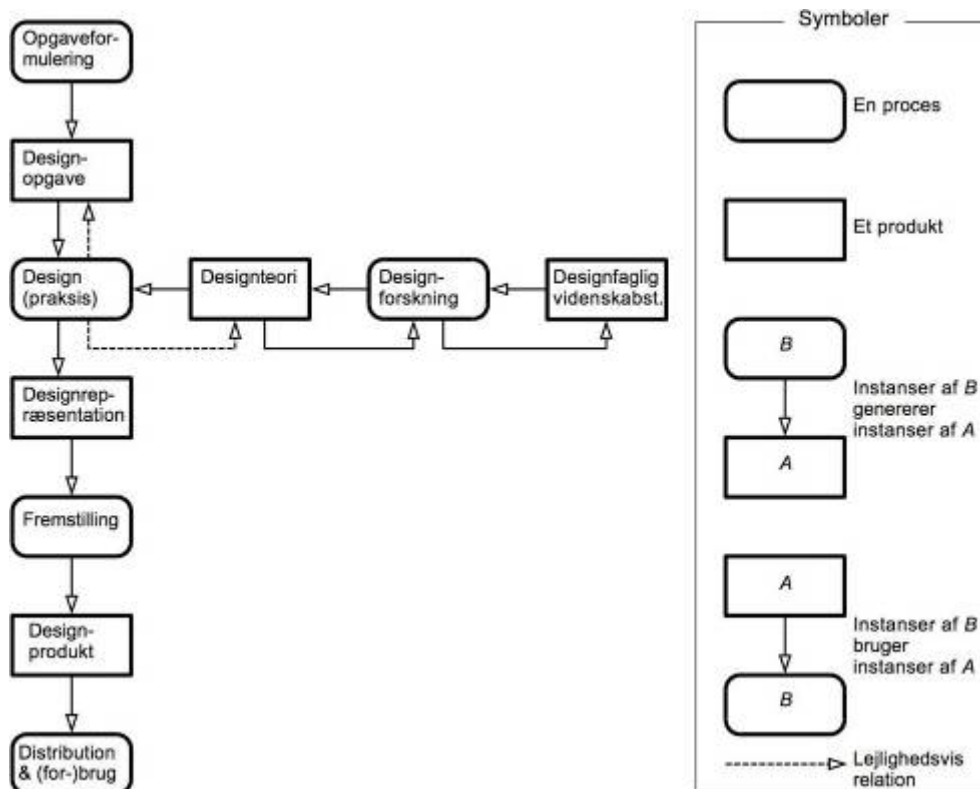
Tabel 2.1.1 Artefaktets rolle og formål er afhængigt af, hvorvidt det udvikles i en designforskningskontekst eller i en designkontekst.

I denne designforskning er det en fordel, at artefaktet ikke behøver at give mening udenfor forskningskonteksten. Dette hænger sammen med, at dette forskningsprojekts formål er at producere viden, der alene fokuserer på at understøtte formgivningsprocessen. For at præcisere dette nærmere vil jeg benytte mig af Per Galles (2009 forthcoming) figur, der viser design og designforskning som led i et system af processer, se figur 2.1.1. Figur 2.1.1 viser bl.a. en designproces, der gennemløber tre faser, hvilket for det første består af en *opgaveformulering*, der kan handle om at identificere et problem eller en idé. Anden fase handler om *designpraksis*, hvilket kan handle om at udtrykke og bearbejde ideen visuelt i et samspil med materialer og teknik, - mens den tredje fase handler om *fremstilling*, der kan handle om problemstillingen, når artefaktet f.eks. skal fremstilles i en industriel produktion.

Det er den anden fase i designprocessen, hvor skitser i form af artefakter opstår i et samspil mellem formgiver, materialer og teknik, der alene optager mig i dette forskningsprojekt. Det er derfor et ønske at gøre mig fri af designprocessen som helhed og fokusere alene på at producere viden, der understøtter denne fase, hvor artefaktet opstår. Denne fase er ligeledes, hvad jeg betegner som selve formgivningsprocessen. Dette fokus er muligt at isolere i en forskningskontekst, da artefaktet ikke behøver at give mening udenfor forskningskonteksten. Det er en fordel, fordi det effektiviserer og fokuserer min designforskning omkring det eksperimenterende og undersøgende aspekt i brugen af materialer og teknik, der skal understøtte formgivningsprocessen.

En sådan eksperimenterende praksis med materialer og fremstilling af artefakter er, hvad jeg kalder en *undersøgelsesorienteret designpraksis* inkluderet i designforskning (Hansen, 2009d). Artefaktets rolle er her at være et responderende og reflekterende middel, der kan skubbe forskningsprocessen fremad for at afklare, hvad der er muligt og hvordan i forhold til forskningsspørgsmålene. En sådan udvikling af et artefakt og artefaktet i sig selv er fritaget for at opfylde sin

sædvanlige rolle om at være et brugsobjekt, som f.eks. en tallerken eller kop. Artefaktet i denne designforskning opfylder sit formål, så længe fremstillingen af og artefaktet i sig selv bidrager med at producere den viden, der er relevant for at understøtte formgivningsprocessen og belyse forskningsspørgsmålene.



Figur 2.1.1 // Design og designforskning forenket anskueliggjort som led i et system af processer, der samarbejder ved hjælp af produkter. Kun udvalgte samarbejdsrelationer er vist. (Galle, 2009 Forthcoming)

Som en kontrast handler mine forskningsspørgsmål f.eks. ikke om et teknisk eller funktionelt problem i forhold til en bestemt brugsfunktion eller et designredskab, - og derfor heller ikke om at udvikle funktionelle prototyper eller skuemodeller som i en designkontekst. En sådan praksis er hvad jeg kalder en "*problemorienteret designpraksis*" inkluderet i designforskning (Hansen, 2009d). Et eksempel på en sådan praksis er Jonathan Allen's ph.d. projekt, som er diskuteret af Pedgley og Wormald (2007). Jonathan Allen's ph.d. projekts formål var at avancere design produkter til folk med svære kommunikationshandicap og fysiske handicap. Igennem hans ph.d. projekt udviklede han prototyper, der var fuldt ud funktionelle kommunikationsredskaber.

Ideen om den *undersøgelsesorienteret designpraksis* inkluderet i designforskning (altså formgivning af artefakter, hvis primære formål er at være et responderende og reflekterende middel) er ikke enestående. Marchand og Walker (2009) udvikler og benytter artefakter med det formål at diskutere bæredygtighed i forbindelse

med deres forskning. På baggrund af Niedderer og Roworth (2007) diskuterer og udvikler de en opdeling mellem to tilgange til forskning, der involverer praksis. Den ene tilgang er baseret på eller har rødder i designpraksis, hvilket de kalder *practice in research, oriented towards applied research*. Dette er en tilgang, der kan sammenlignes med, hvad jeg har kaldt en "problemorienteret designpraksis". Den anden tilgang kan ses som et sidestykke til grundforskning, ved ikke at fokusere på et bestemt formål eller en bestemt anvendelse. Denne tilgang kalder de *practice in research, oriented towards fundamental research*. I de to tilgange til forskning, der er præsenteret af Marchand og Walker har artefaktet som det fremgår af tabel 2.1.2 ligeledes forskellige roller, hvor de henholdsvis repræsenterer et produkt og et middel. Det, der er interessant ved den sidstnævnte tilgang, er, at den ligeledes er kendetegnet ved at artefaktet er et middel, som ved ideen om epistemiske artefakter. Forskellen er dog, at Marchand og Walker's (2009) forskning ikke handler om at understøtte formgivningsprocessen, men at forske i bæredygtighed.

Research Components	Practice in research oriented towards applied research	Practice in research oriented towards fundamental research
Role of artefact	Regarded as, and represents, an "end"	Regarded as a "means" and a design approach to fundamental knowledge development.

Tabel 2.1.2 // Uddrag af en tabel præsenteret af Marchand and Walker (2009)

Det er ligeledes interessant at drage en parallel til Participatory Design Approaches i forbindelse med begrebet "Make Tools" (Sanders, 1999) og til Critical Design (Dunne & Raby, 2001), hvor artefaktet bliver benyttet som medium til at stimulere diskussion og debat. Ideen med "Make Tools" afspejler en række artefakter, der bidrager med et fælles grundlag til at forbinde ideer og tanker mellem folk med f.eks. forskellige faglige baggrunde eller behov, f.eks. mellem en producent, designer og kunde. Formålet er at afdække endnu ukendte eller uventede behov hos en bruger eller kunde.

Critical Design er opstået indenfor fagområdet interaktionsdesign, og undersøger den måde mobiltelefoner, computere og andre elektroniske redskaber påvirker folks oplevelse af omgivelserne. Critical Design bruger artefakter som et medium til at stimulere diskussion og debat mellem designere, industri og offentligheden omkring den sociale, kulturelle og etiske betydning, der opstår som følge af den digitale teknologi.

2.2 // Forgrenende eksperimenter

Ideen om artefaktets rolle som middel snarere end som produkt lægger op til en forskningsmetode med serier af parallelle og indbyrdes afhængige spor af

eksperimenter, hvilket jeg har kaldt *forgrenende eksperimenter*. Jeg vil først belyse ideen med mine eksperimenter, for derefter at belyse fordelene ved sådanne parallelle spor af eksperimenter.

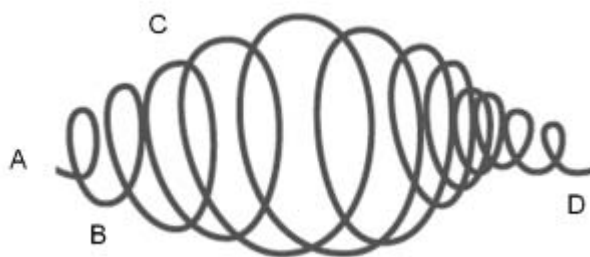
Indledningsvist i dette kapitel nævnte jeg, at dette forskningsprojekt indeholder egne praktiske eksperimenter med teknik og materialer, og at formålet med disse eksperimenter er at producere empiri til diskussion, refleksion og perspektivering af forskningsspørgsmålene. Dette handler om, at jeg gennem handling kan opnå nogle svar. Disse svar kan så igen bidrage med nye spørgsmål og nye eksperimenter og ny viden. Sådanne eksperimenter indenfor designforskning er sjældent set uden at være ledsaget af en verbal refleksion og diskussion. Bruce Archer beskriver forskning som: "systematic enquiry whose goal is communicable knowledge: Communicable because the findings must be intelligible to, and located within some framework of understanding for, an appropriate audience" (Archer 1995). Michael Biggs (2004, s.13) taler ligeledes for en sådan kombineret verbal og ikke verbal forskningstilgang i en såkaldt praksisbaseret forskning. Man kan derfor sige, at det pga. den verbale formidling er mit ansvar som designforsker at udvikle og målrette teori baseret på mine eksperimenter, så den er tilgængelig for målgruppen, - hvilket i denne sammenhæng er relaterede designforskere og praktiserende designere. Som jeg allerede har været inde på i sektion 2.1 er det primære formål med denne forsknings eksperimenter at belyse forskningsspørgsmålene, mens formgivningen og udviklingen af artefakterne kan ses som sekundært. Det betyder, at det er vigtigere at afklare forskningsspørgsmålene om, hvad der er muligt og hvordan ved at eksperimenter, reflektere, diskutere og stille nye spørgsmål, end at formgive et artefakt, der skal kunne fungere i sig selv. Dette medvirker til at flere spor af eksperimenter kan folde sig ud samtidig, da det ikke er presserende at afslutte et spor af eksperimenter før end et andet bliver påbegyndt. Det kan snarere være en fordel at eksperimenterne kan påvirke hinanden og blive indbyrdes afhængige undervejs i processen, da de derved kan perspektivere og supplere hinanden. De parallelle spor af eksperimenter rummer på den måde et dynamisk potentiale til at bidrage med uforudsigelige relationer mellem eksperimenterne og derved innovative løsninger.

De parallelle spor af eksperimenter har i denne forskning foldet sig ud indenfor en ramme, der er defineret af forskningsspørgsmålene. Denne ide er inspireret af Maarit Makela's (2007) ide om en ramme indenfor hvilken en praksisorienteret "rejse" kan foregå. For det andet er tilgangen inspireret af ideen om *Exemplary design research*, som er diskuteret af Binder and Redström (2006).

With the notion of "exemplary design research driven by programs, experiments and interventions", we refer to research based on the explicit formulation of design programs that act as a frame and foundation for carrying out series of design experiments and interventions. It is 'exemplary' in the sense that it enables critical dissemination primarily by creating examples of what could be done and how, i.e. examples that both express the possibilities of the design program as well as more general suggestions about a (change to) design practice (Binder and Redström 2006).

Konkret har *et* eksperiment formet udgangspunktet for undersøgelsen. Et eksperiment og dets faser kan som proces beskrives ved hjælp af modellen på figur 2.2.1, der er annekteret fra Katie Bunnell's model på figur 2.1. Modellen er spiralformet, da forskningsprocessen hele tiden griber ind i sig selv for at sammenholde og perspektivere tidligere aktiviteter og refleksioner.

Undervejs har eksperimentet og refleksionen givet anledning til nye spørgsmål. Disse spørgsmål har bidraget med nye eksperimenter, som yderligere har belyst, hvad der er muligt og hvordan i forhold til forskningsspørgsmålene. Tilgangen er meget sammenlignelig med Katie Bunnell's ide om "an open and emergent practice-based methodology", men adskiller sig ved, at de nye spørgsmål har ført til at forskningsprocessen har omfattet flere parallelle spor, som har forgrenet sig ud fra det indledende eksperiment. Katie Bunnell's model på figur 2.1 viser snarere *et* lineært forløb af undersøgelser. Min metode har jeg derfor kaldt *forgrenende eksperimenter*.

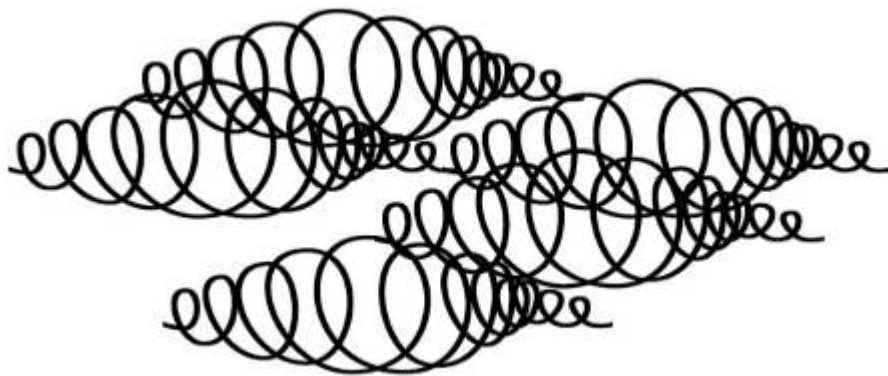


Figur 2.2.1 // Model af et eksperiment og dets faser i forskningsprojektet.

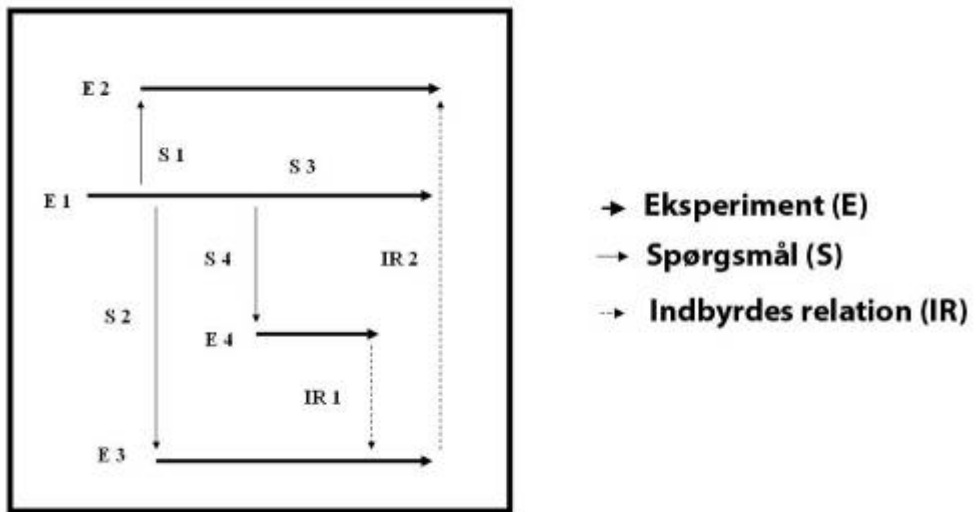
A	Processen er startet med udgangspunkt i mine forskningsspørgsmål og arbejdshypoteser
B	Arbejdshypotesen bliver løbende undersøgt ved hjælp af egne eksperimenter
C	Der foretages løbende indsamling af relevant viden og teori (C), som foreslået af Steven Scrivener og Peter Chapman (2004). Dette bidrager løbende til en verbal refleksion.
D	Eksperimenternes resultater og den indsamlede viden og teori bruges til en verbal refleksion, perspektivering og diskussion.

Tabel 2.2.1 // symbolforklaring til figur 2.2.1

Ideen om parallelle og indbyrdes afhængige eksperimenter var ikke afklaret som udgangspunkt for min forskningsproces, men var en ide og mulighed, der opstod på baggrund af det indledende eksperiments nye spørgsmål. Dette svarer til Maarit Makela's (2007) ide om, at kunstnerisk praksis i en forskningskontekst ikke som udgangspunkt skal binde sig til en bestemt metode, men snarere skal udvikle sig spontant i situationen. Ligeledes er det interessant at nævne Maarit Makela's (2007) ide om at en del af svarene ikke er entydige, men snarere flertydige. Forskningsspørgsmålene kan ved hjælp af ideen om forgrenende eksperimenter nemlig belyse flere aspekter af forskningsspørgsmålene på en gang og desuden bidrage med indbyrdes afhængige løsninger og derved ses som en helhed, der afspejler forskningsspørgsmålenes kompleksitet. Sådanne indbyrdes afhængige forhold mellem eksperimenterne kan illustreres som på figur 2.2.2, hvor sporene vikles komplekst ind i hinanden. For at forklare de indbyrdes afhængige forhold med symboler og forklaringer vil jeg af praktiske grunde ligeledes illustrere det som på figur 2.2.3. Symbolerne E, S og IR på figur 2.2.3 henviser til henholdsvis eksperiment, spørgsmål og indbyrdes relation, hvilket jeg i afhandlingens tredje del vil vende tilbage til og konkret eksemplificere.



Figur 2.2.2 // Parallelle spor af eksperimenter i forskningsprojektet, der vikles komplekst ind i hinanden og bidrager med indbyrdes afhængige forhold.



Figur 2.2.3 // Forenklet model af de parallelle spor af eksperimenter i forskningsprojektet og deres indbyrdes afhængige relationer. Rammen om eksperimenterne er defineret af forskningsspørgsmålene.

Del 2 //

Forskningsfelt

3 // En tilgang til formgivning i det keramiske fagområde	41
3.1 // Keramik og stoflighed	41
3.2 // Lineære og ikke lineære systemer	42
3.3 // Keramikeren og leret	43
3.4 // Materialedreven formgivning	48
3.5 // To typer for materialedreven formgivning	51
3.5.1 // Autonom materialedreven formgivning	51
3.5.2 // Interaktiv materialedreven formgivning	52
3.6 // Delkonklusion	53
4 // Det 3d digitale formgivningsredskab	54
4.1 // Det digitale medie og kunsthåndværkspraksis	55
4.2 // Den 3d digitale formgivningsproces	56
4.3 // State of the art	57
4.4 // Delkonklusion og dette forskningsprojekts brug af det 3d digitale medie	66
5 // Bevægelse som tematisk omdrejningspunkt for eksperimenterne	67
5.1 // Bevægelse i relation til materialedreven formgivning	67
5.2 // Fra fotografi til det 3d digitale medie til 3d fysisk form	72
5.3 // Delkonklusion	80

3 // En tilgang til formgivning i det keramiske fagområde

Dette kapitel tager afsæt i problemformuleringens første spørgsmål, der handler om, hvordan en keramikers specialiserede viden og erfaring med formgivningsprocessen kan overføres og udnyttes i forbindelse med 3d digital formgivning. For at svare på det spørgsmål kræver det for det første, at den viden og erfaring bliver identificeret og belyst. Keramikeren tilgang til formgivningsprocessen kan være meget forskellig og formålet med dette kapitel er at belyse den tilgang, der danner grundlag for netop dette projektets eksperimenter med 3d digital formgivning. Dette refererer til formålet med delmål 1a i mit første forskningsspørgsmål, se sektion 1.2.

Indledningsvist vil kapitlets første sektion belyse keramik som materiale og dets stoflige potentiale. Efterfølgende vil den anden sektion groft beskrive den interaktion mellem keramikeren og det keramiske materiale, der er relevant. Baggrunden for dette forhold mellem formgiver og materiale vil i de efterfølgende sektioner blive belyst i detaljer for til sidst at blive beskrevet ved hjælp af en model.

3.1 // Keramik og stoflighed

Begrebet keramik og stoflighed vil blive nævnt i dette kapitel og i afhandlingen som sådan, og er derfor hensigtsmæssigt at få afklaret som en begyndelse. Keramik er i denne afhandling defineret som det overordnede begreb for artefakter, der er produceret i brændt ler. Ler kan kategoriseres som f.eks. lertøj, fajance, stentøj og porcelæn, som er betegnelser, der afspejler lerets sammensætning. Ler kan findes i forskellige tilstande som flydende form, plastisk formbart eller tørt og stenagtigt. Det er sammensætningen og tilstanden, der definerer lerets forskellige egenskaber som formgivningsmateriale. Leret formes typisk i en vandholdig tilstand, hvorefter det tørrer ved at vandet fordamper. Når leret er tørt og stenagtigt dvs. uden et vandindhold, kan det brændes til høje temperaturer. Ved høje temperaturer ændres lerets kemiske sammensætning, så det ikke kan blive til ler igen, og da kan det kaldes keramik. Det keramiske artefakt kan typisk fremstå med en overflade, der afspejler det brugte ler, eller det keramiske artefakt kan have fået tilføjet en overflade i form af et ekstra lag keramisk materiale som f.eks. en blank glasur. Overfladen kan forekomme lige fra mat til blank, fra opak til transparent eller fra glat til ru osv., hvilket afspejler overfladens sammensætning af keramisk materiale. Der hvor det keramiske materiales taktile og visuelle særegne kvalitet bliver udnyttet i overfladen vil jeg benytte begrebet *stoflighed* i afhandlingen. *Stoflighed* tilstræbes i dette projekt gennem den kemiske transformation som det keramiske materiale undergår i ovn brændingens høje temperaturer, og som fremkalder en særegen overflade på det keramiske materiale. Denne definition af *stoflighed* bygger ligeledes på en personlig korrespondance med keramikeren Helle Hove som uddyber det således:

Stoflighed er et almindelig brugt begreb indenfor arkitektur, kunsthåndværk og design og betegner en materialeoverflades taktile-visuelle egenskaber. Bruges også som adjektiv, hvor overflader, der har en vis "dybde" eller righoldighed betegnes som særligt "stoflige" - især, hvis de fremhæver netop dette

materiales karakter. Ordet repræsenterer et af fagets "tavse" områder, der tit formidles med fagter - i dette tilfælde at gnide to fingre mod hinanden - eller en særlig stemmeklang. Det er dog også brugt - og uddybet - adskillige steder i litteraturen om arkitektur, design og kunsthåndværk. Steen Ejler Rasmussen omtaler f.eks. "Stoflige virkninger" i et kapitel i bogen "Om at opleve arkitektur" (Helle Hove, e-mail korrespondance, 24. juni 2009).

Steen Ejler Rasmussen (1957, 1966) beskriver bl.a. hvilken betydning stoflighed har for, hvordan vi aflæser en form. Steen Ejler Rasmussen beskriver, hvordan en ny gipsafstøbning kan være karakterløs og ikke bare tilbagekaster lyset fra overfladen, men lader noget trænge ind, så man får en mindre klar erkendelse af formen. Til sammenligning beskriver Steen Ejler Rasmussen, hvordan en gammel gipsafstøbning ligesom er modnet ved at have taget mod støv, der har lagt sig som en fedtet hinde, så gipsen er blevet uigennemtrængelig for lyset. Allerbedst er den, når den er slidt blank og har fået en overflade som elfenben eller marmor (Steen Ejler Rasmussen, 1957, 1966. s. 166).

3.2 // Lineære og ikke lineære systemer

Indledningsvist er Manuel De Landa's (2002) ide om *lineære og ikke lineære systemer* brugbar til groft at beskrive den tilgang til keramisk formgivning, der danner grundlag for at undersøge 3d digital formgivning i dette forskningsprojekts. I Manuel De Landa tekst "Materialets kompleksitet" fra 2002 beskrives de *lineære systemer* f.eks. som fysiske materialer, der er blevet raffineret gennem tiderne med det formål at udvikle et troværdigt produktionsmateriale. Dette er til fordel for en industriel produktion, men som han siger, har det medvirket til en tænkning i materialer som universelle størrelser til løsninger af specifikke problemer og på den måde præget vores tænkning og design. Denne tilgang har overskygget, hvad Manuel De Landa kalder de *ikke lineære systemer*. De *ikke lineære systemer* beskrives med udgangspunkt i de kvaliteter som håndværkeren, der arbejder direkte med materialet i høj grad er bevidst om. Dette handler om en omgang med materialet, som kræver en indgående viden gennem håndværket. De ikke lineære systemer kan opfattes som en kompleksitet, der viser flere forskellige stabile tilstande. Disse tilstande opstår periodisk eller kaotisk og kan erfares gennem den håndværkmæssige omgang med materialet. Et historisk illustrerende eksempel er smeden, der kunne smede sværdet med den rigtige styrke, da lige netop han vidste, hvordan det skulle formes, mens det havde den rette temperatur. Ifølge Manuel De Landa er det de lineære systemer, som har præget vores omgang med materialer, men det er nu relevant pga. den teknologiske udvikling at tænke med afsæt i ideen om ikke lineære systemer og med udgangspunkt i materialers kompleksitet.

We may now be in a position to think about the origin of form and structure, not as something imposed from outside on an inert matter, not as a hierarchical command from above as in an assembly line, but as something that may come from within the materials, a form that we tease out of those materials as we allow them to have their say in the structures we create.(Landa, 2002)

Det er denne *ikke lineære* tilgang til formgivningsprocessen, der interesserer mig i dette forskningsprojekt. Det er interessant at inddrage Manuel De Landa's ide om ikke lineære systemer, da den tydeligt afspejler den brug af materialer indenfor det keramiske fagområde, der er relevant i forhold til dette kapitels problemstilling. Yderligere er det interessant, da Manuel De Landa, som jeg senere vil komme ind på i kapitel 7, ligeledes diskuterer en sådan tilgang overført til digital formgivning.

Jeg vil i den næste sektion mere detaljeret beskrive, hvilken rolle det keramiske materiale har i det keramiske fagområde og derved hvordan det keramiske materiale kan have en central rolle og betydning for formgivningsresultatet.

3.3 // Keramikeren og leret

Historisk set bygger brugen af ler som formgivningsmateriale på en lang håndværkstradition, hvilket det 4500 år gamle kendte danske Skarpsallingkar er et godt eksempel på. Teknikker og materialer er gennem tiden blevet raffineret og specialiseret med det formål at udnytte materialets mange kvaliteter som formgivnings- og brugsmateriale i en bred vifte af produkter indenfor både bordservice, sanitet og arkitektur.

Det er ikke min ide at give et historisk rids af det keramiske fagområdes udvikling og heller ikke at redegøre for de mange måder, det kan udnyttes på. Dette vil for det første være for omfangsrigt, og for det andet er det heller ikke centralt i forhold til denne afhandling.

Jeg vil indledningsvis kun pege på, at det keramiske materiale er et alsidigt plastisk materiale og at dette har medført at der er blevet eksperimenteret med materialets potentiale på mange måder. Dette har bl.a. handlet om at ville udvikle et troværdigt materiale i forbindelse med produktion, hvilket kan sammenlignes med ideen om lineære systemer (Landa, 2002), - men det har også handlet om en legende nysgerrighed og undersøgelse af, hvad materialet kan bidrage med i forbindelse med formgivningen. Det er denne legende og undersøgende nysgerrighed, der er interessant i denne sammenhæng.

Leret har altid i en eller anden form været et lettilgængeligt materiale, som vi kunne finde i naturen. Vi kan finde steder ved de danske strande, hvor vi bare kan grave det frem med vore bare hænder, - og allerede i det øjeblik, at vi graver med hånden er en formgivning i gang. Vi kan se vores aftryk af hånden i leret på jorden og vi kan se resultatet i hånden. Instinktivt vil vi gennem tryk og masen undersøge materialet, der let former sig i hånden. Vi kan også finde på at benytte os af andre redskaber til at forme leret. Det kan være aftrykket af et blad. Ved at undersøge og udforske materialet igen og igen vil vi begynde at have en egen erfaring med, hvad der kan lade sig gøre. Dette samspil mellem leret og den teknik, som f.eks. hånden begynder at mestre gennem undersøgelserne, er individuel og bidrager til en særegen formgivning af et artefakt, der afspejler det unikke forhold, der beskrives som tavs viden (Polanyi, 1966, 2009), - hvilket jeg tidligere har belyst med udgangspunkt i Helle Hove (2009) og Louise Mazanti (2006, s. 59).

Det enestående ved dette samspil mellem materiale og formgiver blev blandt andet tydeliggjort gennem industrialiseringen, hvor der i den sidste halvdel af det 19. århundrede opstod en modreaktion overfor masseproduktion. Denne modreaktion gav sig udslag i den britiske Arts and Crafts movement, blandt andre repræsenteret af den engelske designer, håndværker og forfatter William Morris (1834-1896) (Leach, 1940, 1976). Jorun Veiteberg (2005) beskriver at det langt fra var en utvetydig modreaktion og strømning, men at et fælles karaktertræk var at modreaktionen snarere handlede om en holdning til det at fremstille artefakter end en bestemt stil. Det handlede derfor heller ikke om en bestemt æstetik, men snarere om en etik (Veiteberg, 2005). I forhold til det keramiske fagområde er modreaktionen især forbundet med den engelske keramikker Bernard Leach (1887-1979), der med bogen "A Potters Book" fra 1940 fik stor betydning for en opblomstring af mindre keramikværksteder (studio pottery) ud fra ideen om uafhængighed og identifikation med "real craftsmen" (Waal 2003, s.91). Bernard Leach havde især afsæt i den japanske tilgang til keramisk formgivning og brugte typisk drejeskiven som teknisk redskab til at fremstille keramik og pegede på at keramikeren især kunne tilegne sig viden ved at se på ældre kinesiske dynastiernes produktioner, såsom Sung og Ming dynastierne (De Waal 2003, Leach 1940, 1976). Bernard Leach (1940) beskriver keramikeren som en "artist-craftsman" eller "potter-artist", der for det meste arbejder alene eller med et par assistenter. "Artist craftsman" og "potter-artist" kan til dette formål oversættes med den danske betegnelse: (keramisk) kunsthåndværker. Bernard Leach beskriver kunsthåndværkeren som en, der udfører alle processerne (eller næsten) i en produktion med sine egne hænder og hvor formgivning og udførelse er en enhed, som er intuitiv og humanistisk (one hand one brain). Håndværksmæssig dygtighed er den primære kilde til personlighed og skønhed i formgivningen, - mens maskinens kraft er aktiveret alene af intellektet (Leach, 1940, 1976). Designeren, der udfører tegninger eller modeller til masseproduktion, beskriver Bernard Leach dog ikke som en modsætning, men som en fra en anden kategori. Designerens proces er rationel, abstrakt og tektonisk og minder om en ingeniørs eller konstruktørs arbejde mere end en kunstners.

Bernard Leach beskriver i sin bog "A Potters Book" et forhold mellem keramikeren og leret, hvor leret er et responderende materiale som under keramikkerens drejeteknik bliver "contracted into a living embodiment of the potter's intention" (Leach 1940, 1976, s. 22). Ligeledes omtales den japanske Raku teknik. Begrebet raku kan have betydning som ro, velvære, nydelse og glæde. Raku teknikken har rødder tilbage til 1525 og er tæt forbundet med den japanske "Te ceremoni" og Zen buddhistisk filosofi og med begrebet Cha-no-yu, der afspejler "an aesthetics of practical arts" (Leach 1940, 1976, s. 8). Til disse te ceremonier har der været knyttet håndværkere, der har formgivet de forskellige redskaber til at udføre ceremonien. Dette har ligeledes indbefattede keramikere, der har benyttet ideen om raku til at udføre te skålen. Teknikken er baseret på en modellering eller en anden bearbejdning med hånden og resultatet repræsenterer den ro og æstetiske følsomhed, som te skålen er blevet til i.

I både Bernard Leach egen beskrivelse og i raku teknikken handler det om et samspil mellem keramikker, materiale og teknik. Hånd og hjerne er en enhed, hvor

det responderende ler virkeliggør intentionen og resultatet afspejler formgiverens indre tilstand, da artefaktet blev til. Den særegne måde materialerne var blevet bearbejdet på måtte gerne fremstå tydeligt. Det kunne f.eks. handle om spor fra hånden eller at det keramiske artefakts nederste del gerne måtte fremstå uglaseret for at afsløre materialet og glaseringsteknikken (De Waal 2003, s. 91), (Leach 1940, 1976, s. 29). Der var altså ikke tale om et udtryk, der handlede om en "perfekt" udførelse på en måde, der udslettede teknikens spor på leret. Tværtimod måtte sådanne spor fra det håndværksmæssige samspil mellem keramik og materiale gerne træde i forgrunden og bidrage til en del af formgivningsresultatet.

Det er en sådan formgivningstilgang, hvor resultatet udspringer af og kan spores fra et samspil mellem formgiver og materiale, der har min interesse i forhold til dette projekts problemstilling. Dog adskiller min interesse sig væsentlig fra Bernard Leach's ide om og holdning til at formgivning skal have afsæt i tidligere tiders gode eksempler eller teknikker som f.eks. Sung og Ming dynastiets veludviklede drejeteknikker. Denne holdning skal samtidig ses i lyset af at futuristerne på samme tid ophøjede og hyldede effektivitet, fart og tempo og søgte konvergens med ny teknik (Dixon, 2003), s 1). Bernard Leach afviste dog ikke ideen om at transformere samspillet mellem formgiver og materiale i forhold til nye teknikker, men tog aldrig selv udfordringen op (De Waal 2003, s. 92). Undersøgelsen af potentialet ved en sådan transformation kan sammenlignes med, hvad det er, jeg har en interesse i at undersøge i forhold til 3d digital formgivning.

Bernard Leach repræsenterer derfor i dette projekt en historisk baggrund for det samspil mellem formgiver, materiale og teknik, der danner udgangspunkt for en transformation med henblik på 3d digital formgivning.

Ovenstående samspil mellem formgiver, materiale og teknik er en kvalitet, der kan spores i forskellige afskygninger i det keramiske fagområde i dag. Et dansk eksempel er Bente Skjøttgaard (se figur 3.3.1 og 3.3.2). I artefakterne på figur 3.3.1 er der spor af samspillet mellem Bente Skjøttgaard og leret. Leret er blevet mast og bøjet, og materialets responderende egenskab kan ses som folder og sprækker. Gentagelsen viser, at der er blevet eksperimenteret med teknikken i forhold til materialet og spor fra hånden og teknikken fremstå tydeligt som spor i materialet (Bente Skjøttgaard, Personlig samtale, 12. september 2008). I eksemplet på figur 3.3.2 fremstår den nederste del af artefaktet uglaseret, hvilket afslører materialet og glaseringsteknikken. Samspillet mellem formgiver, materiale og teknik er her tydeligt, men formgivningen er ikke baseret på tidligere tiders gode eksempler, der har dannet forbillede. Det er Bente Skjøttgaards egen nysgerrighed og afsøgning af materialets potentiale, der udnyttes i forhold til et givent tema.



Figur 3.3.1 // Leret er blevet mast og bøjet og materialets responderende evne ses i folder og sprækker.
Bente Skjøttgaard 2008. White rocks 57 x 32 x 42 cm. Photo: Dorte Krogh



Figur 3.3.2 // Den nederste del af artefaktet fremstår uglaseret, hvilket afslører materialet og glaseringsteknikken. Bente Skjøttgaard 2009, Cloud, 54 x 27 x 27 cm. Photo: Ole Akhøj.

Jorun Veiteberg (2005, s. 33) refererer i sin bog *Craft in Transition* til værket *Breath* af Andrew Lord. *Breath* er resultatet af, at en beholder i endnu formbart ler er blevet presset ind til formgiverens egen brystkasse og derved formet af kroppens pres under vejrtrækningen. Jorun Veiteberg beskriver at denne tilgang ikke er baseret på at mestre en teknik, men på at tage chancer, og at det ikke er ideen alene, der gør det til et godt værk, men hvordan ideen er blevet materialiseret. Dette eksempel belyser meget godt sammen med eksemplerne af Bente Skjøttgaard, hvor forskelligt eksperimenterne med samspillet mellem formgiver, materiale og teknik kan være i det tilfælde at samspillet mellem formgiver og materiale er afgørende for resultatet. Forskellen mellem de to eksempler er, at mens udgangspunktet og kendskabet til ideen om at formgive ved hjælp af kroppen er afgørende for både indhold og forståelse af værket *Breath*, kan Bente Skjøttgaards artefakter opleves og forstås uden denne viden. Til gengæld er Bente Skjøttgaards resultat afhængig af en lang håndværksmæssig erfaring med teknik og materiale indenfor det keramiske fagområde. Fælles for begge eksempler er at det konkrete formgivningsresultat ikke er forudbestemt på forhånd, men er resultatet af en eksperimenterende og undersøgende tilgang. Resultatet er snarere baseret på, hvad teknikken og materialet kan bidrage med i et samspil med formgiveren, hvilket bliver en implicit del af resultatet. Jorun Veiteberg beskriver det således: "*Crafts insists on the physical dimensions more than other art practices*" (Veiteberg, 2005) og uddyber med et citat af Neil C.M. Brown:

"There is a dialectic in the crafts that involves the body of the work. To matter is both to mean in the communicative sense, but to make material sense. The crafts are about a materially substantial concept of medium". (Brown, 1997)

Bente Skjøttgaard arbejder altså ikke med udgangspunkt i en bestemt teknik, der f.eks. tager afsæt i tidligere tiders eksempler, men udvikler snarere gennem eksperimenter en personlig måde at udnytte materialet på ud fra den ide at dette bliver en implicit del af resultatet. Bente Skjøttgaard undersøger dette samspil med materialet til det yderste, hvilket til tider afspejler en ekspressiv interaktion med materialet. En sådan ekspressionistisk, undersøgende og eksperimenterende tilgang indenfor det keramiske fagområde kan bl.a. spores til den amerikanske keramikker Peter Voulkos (1924-2002). Peter Voulkos var som mange andre keramikere inspireret af de strømninger fra Japan som Bernard Leach havde givet anledning til, men var ligeledes i 1950'erne inspireret af den amerikanske tids skulptur og maleri som var influeret af blandt andet tysk ekspressionisme (Dorner, 1986). Den amerikanske skribent og kritiker Rose Slivka (1919-2004) beskriver i 1961, at amerikansk skulptur og maleri kommunikerer til det keramiske fagområde på følgende måde:

"release from the tyranny of traditional tools and materials, a search for new ways of treating materials and for new forms to express new ideas...to experiment, to risk, to make mistakes freely on a creative and quantitative level that is proportionately unequalled anywhere" (Slivka, 1961),

- samtidig med, at hun søgte at drage en parallel mellem Jackson Pollock og det keramiske fagområde (Dormer, 1986). Voulkos repræsenterede ligeledes et bindeled mellem keramikeren og billedkunsten, hvor keramikken blev skubbet væk fra dens funktionalitet og *"in a sense walloped the vessel into asymmetrical, primeval statements"* (Dormer, 1986). Peter Dormer beskriver, hvordan der opstod en myte om Peter Voulkos, der skabte fantastiske artefakter i ler ved at slå og bearbejde leret på den ene og anden måde uden at vide noget om, eller at tænke på tradition eller en akademisk reference til fortiden. En myte som kan være vildledende for udefrakommende om, at man kom let til det at være keramikker, - men Voulkos demonstrerede, at det ikke handlede om manglende viden, men snarere om at være modig og udfordrende. Peter Voulkos var nemlig kendt for at være teknisk overlegen og en begavet håndværker (Dormer 1986). Rose Slivka beskrev i New York Graphic Society (1978) Voulkos' arbejde i ler som storslået, aggressivt og energisk og sammenlignede det med abstrakt ekspressionistisk maleri (New York Times, 2004). Peter Voulkos bidrog altså til den proces og ide i 1950'erne om, at folk blev kunsthåndværkere for at udtrykke sig selv (Clark, 2009) og ikke var begrænset til en bestemt tradition. Det var nysgerrighed og lyst til at eksperimentere, der drev den kunstneriske proces, der samtidig var funderet i en håndværksmæssig, teknisk viden og erfaring.

Det er denne eksperimenterende og undersøgende tilgang i dialog med materiale og teknik, der har min interesse. Det er en tilgang, der findes i forskellige afskygninger lige fra det ide baserede artefakt som beskrevet ved hjælp af værket *Breath* af Andrew Lord, til det ekspressive artefakt som beskrevet ved hjælp af Peter Voulkos og Bente Skjøttgaard. Fællesnævneren er, at det er formgiverens samspil med materialet og teknikken, der driver den kunstneriske proces og bliver en implicit del af udtrykket. Den næste sektion vil gå mere i detaljer og handle om at begrebsliggøre denne tilgang, så den bruges til at diskutere forskningsprojektets eksperimenter med 3d digital formgivning.

3.4 // Materialedreven formgivning

Et eksempel på potentialet i et dynamisk samspil mellem formgiver og materialets kompleksitet er Anne Tophøjs tallerkner på figur 3.4.1. Kanten på Anne Tophøjs tallerkener er fremkommet ved at centrifugere flydende porcelænsmasse, som har ligget i hulningen af en gipsform. Under centrifugeringen har den flydende porcelæn alt afhængig af accelerationen bevæget sig op ad siden. Undervejs er vandet fra det flydende porcelæn blevet absorberet af gipsen, hvorved det flydende porcelæn er størknet. Mønstret på kanten har udfoldet sig i en række uforudsigelige, unikke og overraskende variationer, som er baseret på materialets evne til at flyde og størkne på netop denne måde. Det flydende porcelæns konsistens har været afgørende for mønstrets karakter og muligheder, sammen med Anne Tophøj's mulighed for at bestemme hastighed og acceleration (Anne Tophøj, personlig samtale, 17. november 2008).

Tallerkenernes kanter er altså blevet til i et undersøgende og legende samspil mellem det flydende porcelæn og Anne Tophøjs interaktion i processen, men er først og fremmest blevet til på baggrund af Anne Tophøjs ide om at centrifugere flydende porcelæn. Denne måde at arbejde på har jeg kaldt *materialedreven formgivning*.



Figur 3.4.1 // Tallerkener producerede ved at centrifugere flydende porcelænsmasse. Anne Tophøj 2008.
Foto: Günter Witgens.

Som en kontrast til *materialedreven formgivning* kan jeg referere til et eksempel af mig selv, som jeg introducerede i afhandlingens indledning på figur 1.1.5 i sektion 1.1. Dette eksempel viser tre fåde, som er inspireret af en dråbes møde med en vandoverflade. De tre fåde repræsenterer tre stiliserede stadier af et sådan møde. For at udføre fadene udførte jeg dem først som modeller i gips. Sådanne modeller kan benyttes til at overføre formen på en præcis måde til det keramiske materiale. Gipsmodellerne blev konstrueret ved hjælp af arbejdsredskaber, der kunne forme fadenes profiler og bidrage med det forventede formgivningsresultat. Fadenes profiler havde jeg tegnet ved hjælp af papir og blyant og afprøvet ved hjælp af 3d modeller indtil jeg opnåede det ønskede resultat. I denne tilgang til formgivning er der en forudsigelighed og kontrol i brugen af materialet i formgivningsprocessen, hvor hverken gipsen eller det keramiske materiale bidrager med overraskende eller uforudsigelige resultater. Formgivningsprocessen og resultatet handler i denne tilgang om, at et forudbestemt formgivningsresultat bliver udtrykt ved hjælp af det keramiske materiale, - men ikke gennem det keramiske materiale. Jeg vil kalde en sådan tilgang til formgivningsprocessen for *konstruerende formgivning*.

Der kan i denne tilgang til formgivningsprocessen drages en parallel til Sanford Kwinter (2001), der på baggrund af Henri Bergson (1946) beskriver et forudsigeligt forhold mellem det mulige og det allerede eksisterende. Dette handler om, at der

er en lighed mellem det, der tænkes at kunne blive muligt, og det der efterfølgende bliver virkeligt og eksisterende. Der er på samme måde et forudsigeligt forhold mellem ide og resultat i *konstruerende formgivning* gennem kontrolleret brug af materialer. Materialet bidrager med det resultat, som vi allerede har tænkt os til. Det er derfor en brug af materialer, der er sammenlignelig med, hvad Manuel DeLanda kalder et lineært system (se sektion 3.2).

Materialedreven formgivning er tværtimod ikke baseret på en sådan forudsigelighed, men snarere på et uforudsigeligt resultat genereret gennem et samspil med et dynamisk potentiale i et fysisk materiale. Det er et dynamisk potentiale, da materialet har et potentiale til at generere form i et samspil med formgiveren ved hjælp af en given teknik. Jeg vil uddybe dette samspil ved hjælp af Sanford Kwinter's (2001) ide om en dynamisk og uvis proces, der forbinder, hvad han kalder en *virtuel* komponent til en *aktuel* komponent. En virtuel komponent kan ses som et potentiale til at udtrykke sig i en række forskellige versioner og en version er, hvad Sanford Kwinter kalder en aktuel komponent. Sanford Kwinter eksemplificerer et sådan forhold ved at referere til Hans Jenny's "Kymatic Images". Disse billeder er genereret af sinustoner, der sendes gennem en stålplade, der er dækket med en blanding af sand og lycodium pulver. Sinustonerne skaber vibrationer i stålpladen og får sandet til at bevæge sig og lægge sig i et mønster. Hvis tonerne ændrer sig, vil mønstret ligeledes ændre sig. Tonerne, stålpladen og sandet udgør her den virtuelle komponent, mens mønstret der opstår, udgør den aktualiserede komponent.

På en lignende måde består Anne Tophøjs formgivningstilgang af en virtuel komponent og en aktuel komponent, - som jeg til dette formål vil kalde for to niveauer, som udgør en helhed. For det første har Anne Tophøj fundet og udviklet et potentiale i det keramiske materiale gennem en række indledende undersøgelser og eksperimenter. I Anne Tophøjs eksempel er potentialet det flydende lers mulighed for at danne et mønster, når det bliver centrifugeret. Det flydende ler har en evne til at generere visse former baseret på dets sammensætning i et sammenspil med gipsens sugende evne og lerets evne til at stabilisere sig i en struktur, når det tørrer ud og bliver hårdt. Jeg kalder dette *første niveau i materialedreven formgivning*. Det *første niveau i materialedreven formgivning* handler altså om at identificere et materiales dynamiske potentiale til at generere form ved hjælp af en teknik. I dette niveau tages der ikke udgangspunkt i, hvad dette potentiale skal bruges til i forhold til en konkret form. Det skal dog være afklaret, at det er et potentiale, der er brugbart som en virtuel komponent til at kunne generere form. For det andet skal potentialet gennemarbejdes, konkretiseres og eksemplificeres i et repræsentativt antal versioner for at folde det fulde potentiale ud på den bedst mulige måde. Dette niveau har jeg kaldt *andet niveau i materialedreven formgivning*.

I eksemplet af Anne Tophøj er potentialet foldet ud ved hjælp af en gipsform, der danner udgangspunktet for en tallerkenproduktion. Under centrifugeringen er det fanen på tallerkenen, der bliver formgivet gennem en dynamisk og uvis proces. Det flydende ler bevæger sig fysisk under centrifugeringen og forandrer formen over tid, - og det er Anne Tophøjs erfaring med det dynamiske potentiale og den

uvisse proces, der gør det muligt at folde det fulde potentiale ud i en række repræsentative konkrete eksempler. På dette stadie er der opnået en erfaring med det dynamiske materiale, der muliggør at der opstår en dynamik mellem kontrol og ikke kontrol.

Da materialedreven formgivning på den måde ikke har et forudbestemt udgangspunkt kan den karakteriseres som en *bottom-up* tilgang. Omvendt kan den *konstruerende formgivning* karakteriseres som en *top-down* tilgang, da ideen med at bruge materialet er forudbestemt.

3.5 // To typer for materialedreven formgivning.

Det er forskelligt, hvordan formgiveren interagerer med materialet i formgivningsøjeblikket for at undersøge det generative potentiale. Jeg vil foreslå en opdeling mellem en *autonom* og *interaktiv materialedreven formgivning*, hvilket afspejler forholdet mellem materiale og formgiver.

Autonom betyder her at formgiveren ikke interagerer med materialet i selve formgivningsøjeblikket, men at materialet autonomt formgiver sig selv. Det kan være en formgivning, der er baseret på en opstilling, som f.eks. en klat ler, der falder ned fra en hvis højde og splatter ud. Eller det kan være en event, hvor ler bliver trådt på og derved formgivet af publikum, hvilket Clare Twomey's værk "Consciousness/Conscience" er et eksempel (Twomey, 2003). Det vil sige, at formgiveren ikke har indflydelse på formgivningen i selve formgivningsøjeblikket, men har haft indflydelse på udgangspunktet og betingelserne for formgivningen.

Interaktiv betyder derimod at formgiveren har indflydelse på formgivningen i selve formgivningsøjeblikket, hvor der er mulighed for en pludselig indskydelse i det øjeblik formgiveren interagerer med materialet. Et eksempel på dette kan være Anne Tophøjs centrifugering, hvor hastigheden kan reguleres i et samspil med, hvordan lerets mønster folder sig ud. *Interaktiv materialedreven formgivning* kan både være baseret på en række systematiske forsøg, men også på en mere ekspressiv tilgang. De følgende to sektioner vil eksemplificere og uddybe disse to tilgange.

3.5.1 // *Autonom materialedreven formgivning*

I 1997 og i 1999 samarbejdede jeg, som beskrevet i afhandlingens indledning, med Gitte Jungersen om projekterne *Deform 1* og *Deform 2*, se figur 1.1.7 og 1.1.8 i sektion 1.1. I disse samarbejder, undersøgte vi det keramiske materiales potentiale til at formgive gennem den kemiske proces leret gennemgår i forbindelse med ovenbrændingen.

I *Deform 1* var vores udgangspunkt at udsætte en række kugler formet i ler for alt for høje temperaturer, hvorved de ville ændre form og stoflighed. Kuglerne var nøjagtige i deres kugleform, da de var formet ved hjælp af gipsforme. Som variable parametre havde vi temperaturen, brændingsteknikken og lerets sammensætning. Vi brugte temperaturer, der lå over lerets sædvanlige brændingstemperatur. En brændingsteknik, der var reducerende dvs. at den i sig selv kan fremme en kemisk proces. Tre forskellige slags ler. Resultatet var en stor uforudsigelig variation af

kugler i form og stoflighed, der efter gentagne forsøg blev mulige at kontrollere indenfor en hvis margin. Kuglerne kunne variere fra at være delvis smeltet eller kollapsede til at være flade kogte klatter.

I *Deform 2* var vores udgangspunkt cylindre. I disse eksperimenter handlede det om at ændre lerets sammensætning specifikke steder i formen ved at tilsætte råmaterialer, der nedsætter smeltepunktet. Formålet med dette var at ændre lerets smeltepunkt, og derved kunne have indflydelse på hvor og hvordan den kemiske proces i ovn brændingen skulle formgive. I dette tilfælde var temperaturen ikke et variabelt parameter, men det var mængden og kategorien af råmaterialer, der blev tilsat.

Fælles for begge projekter var at selve formgivningen foregik bag den lukkede ovndør og resultatet kunne aflæses efter brændingen. I selve formgivningens øjeblik havde vi ingen indflydelse på formgivningen. Men gennem protokoller kunne vi variere vores parametre og gentage og præcisere. Formgivningen var baseret på materialets egenskaber i et samspil med teknikken uden at vi som formgivere kunne interagere i formgivningens øjeblik. Denne tilgang er et eksempel på *autonom materialedreven formgivning*.

3.5.2 // *Interaktiv materialedreven formgivning*

I det allerede nævnte eksempel af Anne Tophøj på figur 3.4.1 har Anne Tophøj mulighed for at interagere og have indflydelse på, hvordan materialet formgiver, mens det bliver centrifugeret ved at styre hastigheden og accelerationen på centrifugeringen. Denne tilgang er baseret på et samspil mellem teknik, materialets egenskaber og formgiverens mulighed for at interagere i selve formgivningsøjeblikket. Det er derved muligt at interagere i en impulsiv, legende, undersøgende og eksperimenterende dialog med det dynamiske materiale.

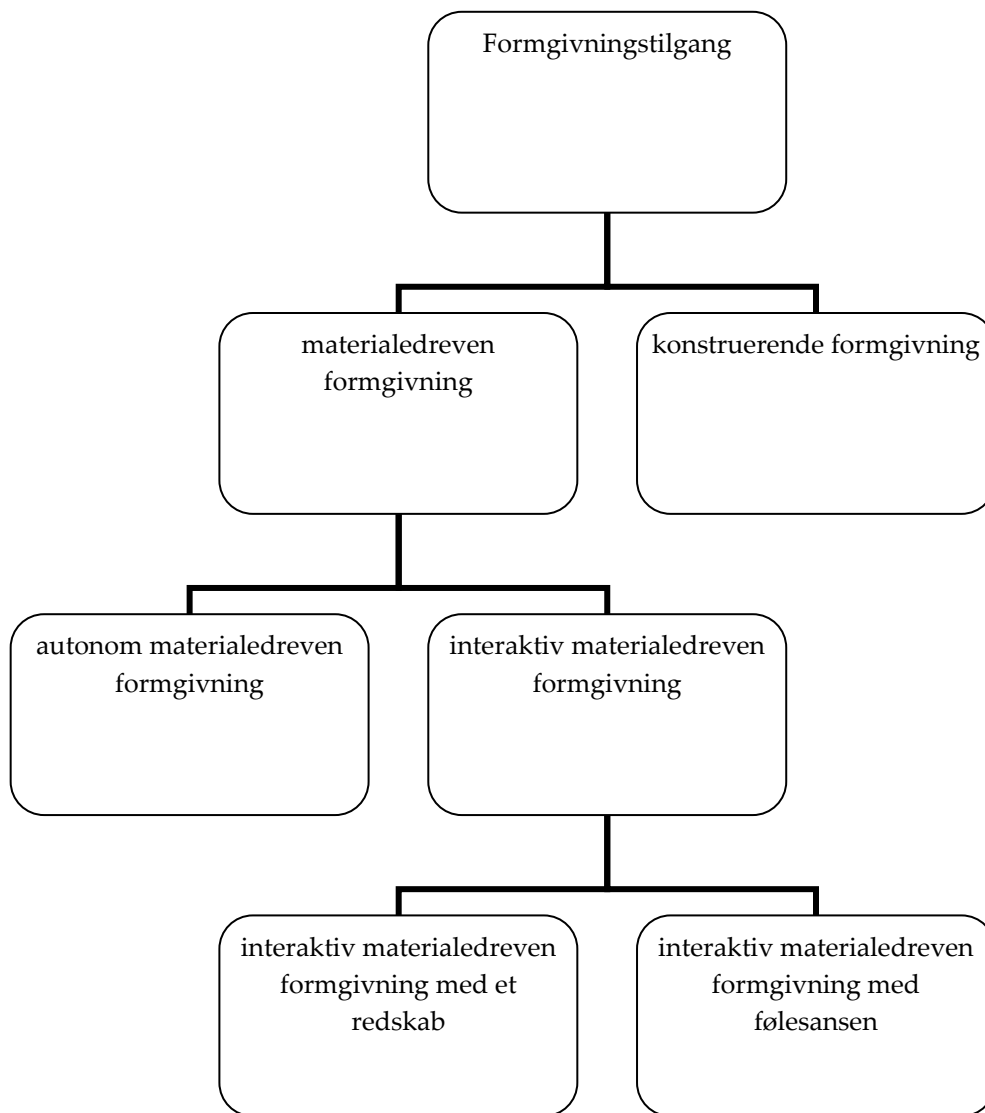
Anne Tophøj berører ikke leret med hænderne, men benytter et redskab til at kontrollere mønstrets udfoldelse. Mellem formgiveren og leret er redskabet. I eksemplerne på figur 3.3.1, som jeg tidligere har nævnt, interagerer Bente Skjøttgaard også i formgivningsøjeblikket. En væsentlig forskel i denne interaktion til sammenligning med eksemplet af Anne Tophøj er, at Bente Skjøttgaard bruger hænderne direkte i sin formgivning af leret. Bente Skjøttgaards artefakter er resultater af hændernes direkte bearbejdning og berøring af leret. Leret bliver trykket, revet i, kastet og sat sammen af flere dele gennem hårde tryk, der afgiver spor og former den endelige form. Artefaktet er udviklet i en direkte refleksiv, taktil og til tider ekspressiv dialog med materialet. Her er det ikke kun synets sansning, der har betydning for bearbejdningen af materialet i formgivningsprocessen, men også hændernes sansning.

Der kan derved skelnes mellem en *interaktiv materialedreven formgivning* baseret på brugen af et redskab eller på hændernes direkte kontakt med materialet. Dette er en skarp opdeling, der kan have flydende grænser, men den kan her bruges til at tydeliggøre en forskel i, hvordan formgiveren interagerer med materialet.

3.6 // Delkonklusion

Jeg har i dette kapitel belyst den tilgang, der danner grundlag for mine eksperimenter med 3d digital formgivning. Jeg har indledningsvist introduceret begrebet og tilgangen *materialedreven formgivning* og som en kontrast begrebet *konstruerende formgivning*. Materialedreven formgivning har rødder i kunsthåndværk, men kan lige såvel være en tilgang, der kan benyttes indenfor anden kunstnerisk praksis eller formgivning af industrielle produkter. Indenfor formgivning af industrielle produkter kan udviklingen af en prototype for eksempel være baseret på ideen om *materialedreven formgivning*. Det, der kendetegner materialedreven formgivning, er at materialet kan ses et generativt og responderende dynamisk potentiale, der danner udgangspunkt og omdrejningspunkt for formgivningsprocessen. Det er en viden og erfaring om en sådan tilgang jeg har valgt at udnytte og eksperimentere med i forhold til 3d digital formgivning.

Indenfor materialedreven formgivning har jeg beskrevet to niveauer, der udgør en helhed. Det første niveau er baseret på formgiverens erfaring med og nysgerrighed for at opdage og identificere et dynamisk potentiale i et materiale. Dette har jeg kaldt *første niveau i materialedreven formgivning*. Det andet niveau handler om at aktualisere det dynamiske potentiale i en repræsentativ række versioner som artefakter. Dette niveau har jeg kaldt *andet niveau i materialedreven formgivning*. *Processen fra første til andet niveau* har jeg ved hjælp af Sanford Kwinter beskrevet som en dynamisk proces, der forbinder en virtuel komponent til en aktuel komponent. *Materialedreven formgivning* er blevet underdelt i to kategorier som henholdsvis *autonom og interaktiv materialedreven formgivning*, hvilket afspejler formgiverens interaktion og fysiske berøring med materialet i formgivningsøjeblikket. Yderligere er *interaktiv materialedreven formgivning* blevet underkategoriseret som *med et redskab* eller hændernes direkte kontakt med materialet, dvs. *med følesansen*. Denne ide om materialedreven formgivning og dens underkategorier beskrives på figur 3.6.1. *Materialedreven formgivning* og dens underkategorier vil danne grundlag for at diskutere og kategorisere eksperimenterne med 3d digital formgivning.



Figur 3.6.1 // Materialedeven formgivning og dens underkategorier.

4 // Det 3d digitale formgivningsredskab

Formålet med dette kapitel er at bidrage med en grundlæggende forståelse for den brug af det 3d digitale medie, der er relevant i forhold til dette forskningsprojekt. Yderligere er det et formål, på baggrund af nogle konkrete eksempler på digital formgivning af 3d fysiske artefakter, at belyse relevant og eksisterende praksis og forskning. Dette refererer til forskningsprojektets første forskningsspørgsmåls delmål 1b, se sektion 1.2.

Brugen af det digitale medie indenfor design og kunst er et stort område, der ikke skarpt kan adskilles som viden, der afspejler enkelte fagområder som f.eks. arkitektur, tekstilformgivning, computerspil, keramik mv.. Tværtimod er der et stort potentiale for at viden indenfor de enkelte fagområder kan bidrage til hinanden og har flydende grænser. Det kan derfor som udgangspunkt være svært at præcisere State of the Art, da det lige såvel kan være en praksis indenfor

arkitektur, billedkunst eller computerspil, der er relevant at belyse i forhold til dette forskningsprojekts problemstilling. Som udgangspunkt har jeg derfor valgt at belyse State of the Art i forhold til, at det 3d digitale medie bliver udnyttet som et formgivningsredskab til 3d fysisk form og at den digitale praksis baserer sig på eller udspringer af at udnytte den erfaring og viden, der findes indenfor et fagområdes håndværk i et samspil med fysiske materialer. Dette vil bidrage med et repræsentativt udgangspunkt, som jeg senere hen i afhandlingen vil udbygge ved at inddrage andre konkrete eksempler, hvor det er relevant i afhandlingen.

Jeg vil indledningsvist i den næste sektion belyse den overordnede rolle, som det digitale medie spiller som formgivningsredskab i dette forskningsprojekt. Dernæst vil jeg introducere en grundforståelse af den 3d digitale formgivningsproces, for i den efterfølgende sektion at belyse State of the Art indenfor det forskningsfelt som forskningsprojektet bidrager til.

4.1 // Det digitale medie og kunsthåndværkspraksis

Bernard Leach (1940, 1976, s. 21) pegede på at skønheden i enhver praksis ligger i at bruge metoden ærligt og redeligt for, hvad den er værd uden at imitere andre processer. Bernard Leach rettede samtidigt en kritik overfor den måde maskinen blev brugt på i sin samtid, hvis den imiterede kunsthåndværkerens arbejde med hænderne ved fremstilling af keramiske produkter. Bernard Leach efterlyste derfor både, at teknikken blev brugt på en original måde og at den tilgodeså formgiverens glæde i formgivningsprocessen, - og ikke blot effektiviserede. I forhold til Bernard Leach var en vej til dette at formgiveren i industrien skulle have en "first hand experience" ikke kun i forhold til produktionsteknikken, men også i forhold til materialers begrænsninger og potentialer som sådan. Dette er fortid, men det er interessante tanker at overføre til brugen af digitale medier i dag. Jeg ser det på samme måde relevant at fokusere på, at det digitale medie skal bruges på en original måde og ikke alene som et redskab til at effektivisere. Det er i denne sammenhæng netop relevant, hvordan en "first hand experience" med det keramiske materiale kan tilskynde til at opsøge det irregulære og irrationelle element i en digital formgivningsproces.

Katie Bunnell (2004, side 17) diskuterer en polarisering mellem kunsthåndværkspraksis⁵ og den teknologiske udvikling med fokus på brugen af digitale medier. Katie Bunnell tager i sin kritik afsæt i Albert Borgmann's (1984) ide om at teknologisk udstyr alene skal bruges til at frigøre tid til, hvad han kalder "focal practice". Albert Borgmann beskriver "focal practice", som et fundamentalt behov for at identificere os med virkeligheden gennem "hands on" praksis som f.eks. at lave mad, bål og udendørs aktiviteter, mens teknologisk udstyr som mikrobølgeovne, tv og computer gør virkeligheden usynlig. Katie Bunnell argumenterer ved hjælp af Kellner (2000) at digital teknologi kan bidrage med oplevelser og interaktion, der kan være lige så virkelige som udendørs aktiviteter,

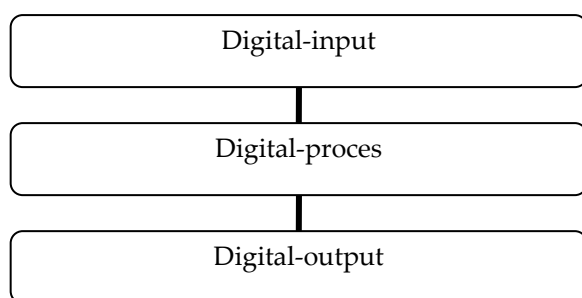
⁵ kunsthåndværkspraksis er til dette formål oversat fra "craft", som Katie Bunnell (2004) beskriver som "*...an essentially human and humanising process...*", "*...to craft involves human interaction with technology...*", "*...craft is both process and product...*".

og at vi snarere skal udtænke brugen af ny teknologi så den kan forøge værdien af det, vi sætter pris på. Katie Bunnell refererer yderligere til McCollough (1996), som beskriver, på baggrund af studier af kunsthåndværk, design og en generel brug af formgivningsredskaber, at der er en tæt forbindelse mellem digitalt arbejde og en kunsthåndværkerpraksis. McCollough sidestiller hånd og hjerneaktiviteten i forbindelse med brugen af en computer med en kunsthåndværkspraksis, der minder om Bernard Leach's (1940, 1976) ide om at formgivning og udførelse er en enhed, som er intuitiv og humanistisk "one hand one brain". McCollough argumenterer endvidere at computersystemer burde udvikles langt mere ud fra brugerens perspektiv (her formgiveren), hvilket ville muliggøre en langt større fleksibilitet ved hjælp af f.eks. mere raffineret og sensitivt software. Katie Bunnell og McCollough understøtter derved den problemstilling som dette projekt handler om; at transformere og eksperimentere med *materialedreven formgivning* (se kapitel 3) i forhold til det 3d digitale medie, så det kan forøge værdien af denne tilgang.

Denne tilgang og brug af digitale medier vil de næste to sektioner belyse nærmere.

4.2 // Den 3d digitale formgivningsproces

For at give en forståelse for det 3d digitale medie som et formgivningsredskab kan det være en fordel at opdele den digitale formgivningsproces i tre faser. Disse tre faser kan bestå af *digital-input*, *digital-proces* og *digital-output*. *Digital-input* handler om, med hvad og hvordan formgiveren kan bidrage med data. Et eksempel på dette kan være brugen af en mus, der f.eks. kan bruges til at tegne en streg i et softwareprogram. *Digital-proces* handler om, hvordan disse data kan bearbejdes i et software. Det kan f.eks. handle om, hvordan strengen bliver omsat i et 3d software i en bestemt profil og størrelse. *Digital-output* handler om, hvordan designeren kan få realiseret sine 3d data i fysisk form. Dette kan f.eks. handle om Rapid Prototyping (RP), der er en fællesbetegnelse for en række teknikker til at overføre 3d digital form til fysisk form. Dette kan f.eks. være en 3d printer, der overfører den digitale form til fysisk form i plastic. Disse tre faser kan beskrives ved hjælp af figur 4.2.1



Figur 4.2.1 // Den 3d digitale formgivningsproces kan beskrives i tre faser

Ideen med en sådan opdeling er for det første at vise, at formgivningsresultatet kan være afhængigt af, hvilken af de tre faser, der udnyttes, - og for det andet at belyse, hvilken fase der er relevant i forhold til dette projekt. Den eksperimenterende brug af digitale redskaber kan som vi skal se i den efterfølgende sektion, lige såvel være baseret på den første, som den anden eller tredje fase, - eller være baseret på et samspil mellem flere faser i processen. Den næste sektion vil belyse disse faser mere konkret med eksempler indenfor 3d digital formgivning af 3d fysiske artefakter.

4.3 // State of the art

Jeg har i forbindelse med dette forskningsprojekt modtaget vejledning af Katie Bunnell, som er forskningsleder for forskerklyngen *Autonomic* på University College Falmouth, Storbritannien. *Autonomic* har specialiseret sin forskning indenfor digital formgivning af 3d fysiske artefakter, med det formål at eksperimentere med og udfordre ideen om en grænse mellem digital teknologi og kunsthåndværk/analog håndværk. Klyngen forsker med udgangspunkt i digitale produktionsteknikker, der har at gøre med den kreative proces i at udvikle 3d artefakter. Klyngens forskere har alle en baggrund som praktiserende designere indenfor fagområder som keramik, glas, metal, gips, plastic, smykker etc. Gennem deres individuelle tilgange er det *Autonomic's* mål at inspirere andre designere til en kreativ tilgang til digitale teknologier (*Autonomic*, 2009). Klyngens forskere repræsenterer i deres forskning eksempler på eksperimenterende brug af det digitale medie indenfor hver af de tre faser, der er beskrevet ved hjælp af figur 4.2.1.

Som tidligere nævnt i kapitel 2 danner Katie Bunnell's tilgang til forskning ("an open and emergent practice-based methodology") baggrund for klyngens undersøgelser i den kreative fase af formgivningsprocessen sammen med ideen om, at der er en tæt forbindelse mellem digitalt arbejde og en kunsthåndværkerpraksis (se sektion 4.1). Samlet set gør dette, at flere af *Autonomic's* eksperimenter repræsenterer et godt udgangspunkt til at belyse State of the Art indenfor den brug af det digitale medie som et formgivningsredskab, der er relevant i forhold til dette forskningsprojekt. Dette vil jeg give nogle konkrete eksempler på.

Tavs Jørgensen (2009) er keramiker og forsker i forskerklyngen *Autonomic* og eksperimenterer bl.a. med en såkaldt *digitizing arm*, se figur 4.3.1. Disse eksperimenter er et eksempel på en eksperimenterende brug af 3d digital formgivning, der tager afsæt i *digital-input*. En *digitizing arm* er egentlig udviklet til at scanne et fysisk 3d artefakt, så det kan overføres til en digital form. Tavs Jørgensen eksperimenterer med at indfange håndens 3d bevægelser i et virtuelt 3d rum ved hjælp af en *digitizing arm*. Man kan sige, at Tavs Jørgensen eksperimenterer med at kunne tegne frit i luften med en *digitizing arm* og med hvad denne ikke tiltænkte funktion kan udnyttes til. Figur 4.3.2- 4.3.8 viser, hvad et sådan eksperiment kan bidrage med. På figur 4.3.2 bliver redskabet brugt til at tegne i tre dimensioner. Figuren viser med en rød kurve, hvordan hånden har bevæget sig. Den røde kurve bliver ikke tegnet i virkeligheden, men viser et eksempel på den bevægelse, der bliver overført til digitalt data. På figur 4.3.3 ses

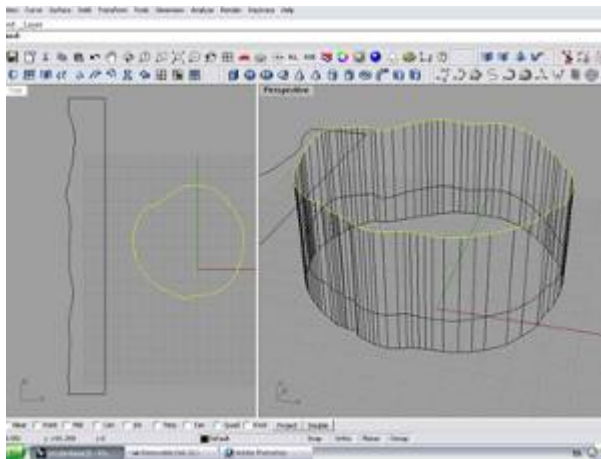
3d bevægelsen overført til digitalt data i form af en kurve, hvor kurven danner grundlag for at udvikle et redskab. På figur 4.3.4 bliver redskabet overført til fysisk form ved hjælp af en laser skærer. En laser skærer er beregnet til at skære i plader af forskellige materialer og tykkelser. Resultatet kan ses på figur 4.3.5. 3d tegningen har dannet grundlag for både strengen i den runde plade og den kurvede kant på de aflange plader. På figur 4.3.6 er redskabet samlet og klar som underlag til at smelte glasplader (slumping). Figur 4.3.7 viser et sådan resultat, mens figur 4.3.8 viser en række forskellige resultater, hvor glasformen er bearbejdet og håndens 3d bevægelse tydeligt fremstår som kanter på glasskåle.



Figur 4.3.1 // Digitizing arm. Foto: Tavs Jørgensen.



Figur 4.3.2 // Tegning i 3d med en digitizing arm. Den røde kurve bliver ikke tegnet i virkeligheden, men viser et eksempel på den bevægelse, der bliver overført til digitalt data.. Foto: Tavs Jørgensen.



Figur 4.3.3 // 3d bevægelsen er overført til digitalt data i form af en kurve, hvor kurven danner grundlag til at udvikle et redskab. Billedet er udlånt med tilladelse fra Tavs Jørgensen.



Figur 4.3.4 // Redskabet bliver overført til fysisk form ved hjælp af en laser skærer. Foto: Tavs Jørgensen.



Figur 4.3.5 // Laser skæren har skåret plader af forskellige materialer og tykkelser. Foto: Tavs Jørgensen.



Figur 4.3.6 // Redskabet er samlet og klar som underlag til at smelte glasplader (slumping). Foto: Tavs Jørgensen.



Figur 4.3.7 // Resultatet af en slumping. Foto: Tavs Jørgensen



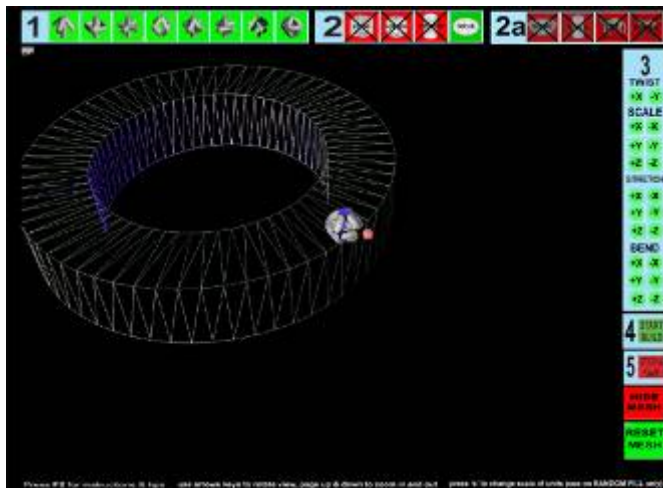
Figur 4.3.8 // en række forskellige resultater, hvor glasformen er bearbejdet og håndens bevægelse tydeligt fremstår som kanter på glasskåle. Foto: Tavs Jørgensen.

Det nyskabende i dette eksperiment er, sammenlignet med en traditionel formgivning, at en digitizer arm for det første muliggør at indfange en 3d frihåndstegning. For det andet er det ved hjælp af det digitale medie muligt at udnytte denne tegning til at udvikle et redskab på en kreativ måde. Frihåndstegningen fremstår tydeligt i fadenes kanters kurvede forløb og afspejler hvordan formgivning og udførelse ved hjælp af det digitale medie er blevet udnyttet som en enhed. Dette eksemplificerer meget godt McColloughs ide om, hvordan hånd og hjerneaktiviteten i forbindelse med brugen af en computer kan sidestilles med en kunsthåndværkspraksis.

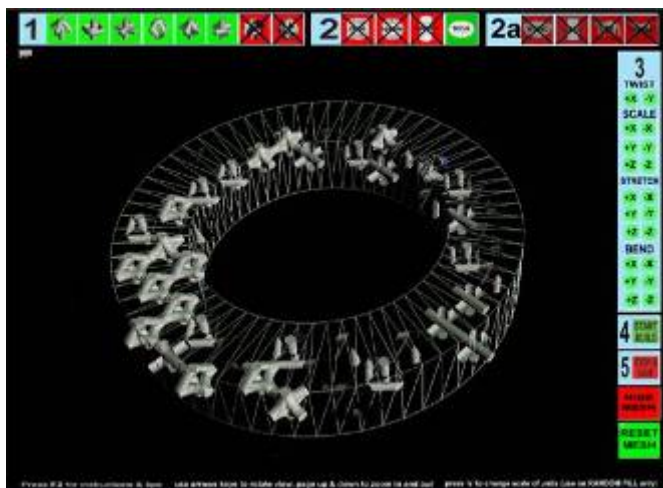
Justin Marshall, ph.d. er ligeledes forsker i forskerklyngen Automatic og har på initiativ af kunsthistoriker Paul Atkinson, ph.d. Sheffield Hallam University og med støtte fra programmør Ertu Unver, ph.d. University of Huddersfield udviklet softwareprogrammet Automake (Marshall, Unver, & Atkinson, 2009). Automake er et eksempel på formgivning, der vægter potentialet i digital-proces. Automake handler om at kombinere generative systemer med viden om kunsthåndværk og digital produktions teknologi. Softwaren er udviklet som et forskningsprojekt, der undersøger potentialet i at digitale generative systemer formgiver unikating, og producerer dem ved at bruge en række RP teknikker til at producere dem. Formålet er at bidrage med en ny måde at udviske skellet mellem designer, forbruger og industriel produktion (Marshall, Unver, & Atkinson, 2009). I forskningsprojektet er der udviklet et formbyggende software, der er meget brugervenligt og som tillader enhver at formgive deres eget unika. Yderligere er softwaret udviklet så den giver mulighed for at sende den genererede form som en fil til Automatic, så den kan blive fysisk produceret.

Konkret kan brugeren ved hjælp af softwarets interface udvælge eller definere en geometri, der udgør en beholder som f.eks. en ringformet geometri, se figur 4.3.9. En eller flere forskellige grundmoduler kan derefter udvælges til at "falde tilfældigt" ned i beholderen, se figur 4.3.10. Denne handling er baseret på en programmering, der bidrager med en uforudsigelig formopbygning indenfor beholderens rumfang. Dette giver mindelser om autonom materialedreven formgivning, se sektion figur 3.5.1. Brugeren af Automake har mulighed for at have indflydelse på en række faktorer, der har konsekvenser for udfaldet af det generative system, men kan ikke interagere i selve formgivningsøjeblikket.

Grundmodulernes konstellation udgør et færdigt artefakt, som kan overføres til en fysisk model ved hjælp af Rapid Prototyping (RP). Dette artefakt kan danne grundlag for en formgivning af f.eks. et armbånd, der i eksemplet på figur 4.3.11 er blevet sølvbelagt. RP er en fællesbetegnelse for en række digitale teknikker til at overføre en 3d digital form til 3d fysisk form. I dette tilfælde kan det f.eks. være en RP teknik, der overfører den digitale form ved hjælp af en 3d printer fra firmaet Dimension. Denne teknik overfører den 3d digitale form ved at bygge den op i 0,254 mm tynde lag i ABS plastik.



Figur 4.3.9 // En ringformet geometri i Automake udgør en beholder. Billede udlånt med tilladelse fra Justin Marshall.



Figur 4.3.10 // Flere forskellige grundmoduler er "faldet tilfældigt" ned i beholderen. Billede udlånt med tilladelse fra Justin Marshall.



Figur 4.3.11 // Grundmodulernes konstellation i Automake har dannet grundlag for et armbånd. Foto: Justin Marshall

Drummond Masterton er uddannet indenfor smykke faget og er ansat som forskningsassistent i forskerklyngen Autonomic. Drummond Masterton eksperimenterer især med Computerized Numerically Controlled (CNC) fræsning. Denne teknik handler om at overføre 3d digital data til fysisk form ved hjælp af en maskine, der med stor nøjagtighed fræser i et materiale, som f.eks. træ eller metal, se figur 4.3.12.

I Drummond Masterton's tilfælde har metallet hans store interesse i kraft af hans baggrund indenfor sølvsmede faget. Drummond Masterton's eksperimenter handler om, hvad digital-output kan bidrage med i formgivningsprocessen, dvs. hvad selve overførelsesprocessen fra digital form til fysisk form kan bidrage med. En CNC fræsning handler som udgangspunkt om at opnå en så høj grad af nøjagtighed i forhold til den digitale formgivning som muligt, og på den mest effektive måde. Dette kan f.eks. foregå ved, at et meget groft specielt designet bor først fræser i nogle grove baner i et lineært mønster for at det skal gå hurtigt.



Figur 4.3.12 // CNC fræsning i træ. Foto: Tavs Jørgensen.

Denne proces vil efterlade nogle tydelige spor, der med en efterfølgende bearbejdning med finere bor vil forsvinde, så den digitale form kan gengives i så fin en opløsning som mulig. Det er sporene fra den første proces Drummond Masterton ikke ønsker at sløre, men tværtimod at udnytte, ved at styre det mønster som fræsningen bevæger sig i. Drummond Masterton formgiver med andre ord dette mønster og udnytter borenens størrelse som et redskab til at ornamentere sit artefakt. Drummond Masterton beskriver det således:

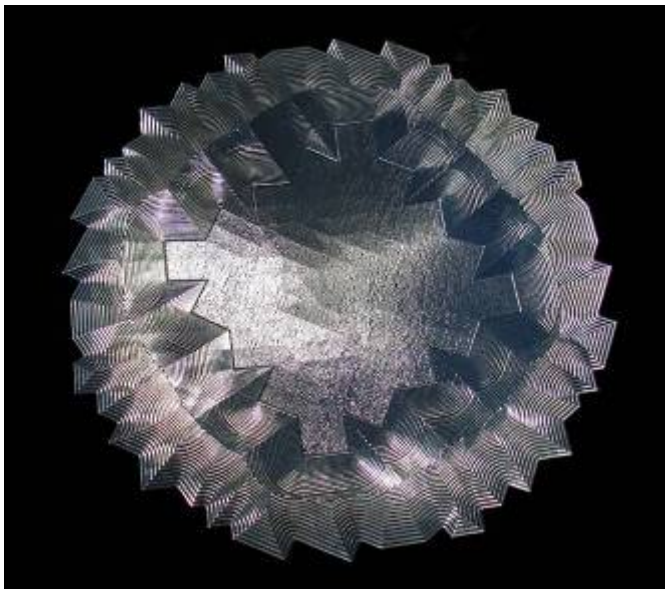
Patterns have been an intrinsic part of my work since I adopted the use of digital technologies, I have always attempted to control the technology so as to remove the uniform machine aesthetic and achieve results that are closer to hand work such as engraving, although paradoxically still unachievable by any hand. (Masterton, 2005)

Formgivningen handler derfor ikke om at gengive den digitale formgivning fra et 3d softwareprogram nøjagtigt, men om at eksperimentere med, hvad CNC fræsningen som redskab kan bidrage med. Dette giver mindelser om, hvordan det klassiske håndværk med hammer og punsel indenfor sølvsmede faget ligeledes har været udnyttet til at ornamentere et artefakt. Ved hjælp af CNC fræsningen er det dog muligt at opnå en langt højere grad af kompleksitet og detaljering, hvilket eksemplet af Drummond Masterton på figur 4.3.13 og detaljen på figur 4.3.14 viser. Ideen med at udnytte og eksperimentere med CNC fræsningen hænger ligeledes sammen med Drummond Mastertons ide om at modvirke, hvad han kalder et sterilt udtryk og peger samtidigt på en generel problemstilling ved brugen af digitale medier:

We have reached a point where it is possible to identify similarities in visual and formal aesthetics in the work of makers utilising digital technologies. (Masterton, 2005)

Dette er interessant for det første i forhold til både Bernard Leach's (1940, 1976) tanker om at teknikken skal udnyttes på en original måde og at den skal tilgodeses

formgiverens glæde i formgivningsprocessen, - og ikke blot effektivisere. For det andet er det interessant i forhold til Katie Bunnell's og McCollough tanker om at hånd og hjerneaktiviteten i forbindelse med brugen af en computer kan sidestilles med en kunsthåndværkspraksis.



Figur 4.3.13 // CNC fræsningens spor har bidraget med en kompleks og detaljeret ornamentering på et artefakt af metal. Drummond Masterton 2007. Foto: Drummond Masterton.



Figur 4.3.14 // Detalje af CNC fræsningens spor på figur 4.3.13. Drummond Masterton 2007. Foto: Drummond Masterton.

4.4 // Delkonklusion og dette forskningsprojekts brug af det 3d digitale medie

Jeg har i dette kapitel givet en grundlæggende forståelse for den brug af det digitale medie som et 3d formgivningsredskab, der er relevant i dette forskningsprojekt. Dette har jeg gjort ved at påpege vigtigheden af, at det digitale medie bliver brugt på en original måde, der tilgodeser formgiverens glæde i formgivningsprocessen, og ikke blot effektiviserer. Yderligere har jeg ved hjælp af Katie Bunnell og McCollough diskuteret, hvordan brugen af digitale medier kan sidestilles med en kunsthåndværkspraksis. Dette har jeg eksemplificeret ved hjælp af eksempler på eksperimenterende brug af 3d digital formgivning af forskerklyngen Autonomic. Disse eksempler repræsenterer en tilgang og brug af det digitale medie, der eksperimenterer med at udnytte en viden og erfaring, der bygger på ideen om at formgiveren er involveret i teknologien og at formgivningsprocessen og produktet hænger sammen som en helhed. Denne tilgang til 3d digital formgivning afspejler det forskningsfelt som jeg ønsker at bidrage til. I dette forskningsprojekt handler det om at transformere og eksperimentere med ideen om *materialedreven formgivning* (se kapitel 3) i forhold til brugen af 3d digitalt software. Denne tilgang vægter derfor den fase, jeg har kaldt *digital-proces*, hvilket eksemplet Automake ligeledes har handlede om.

Til overførelsen af den 3d digitale form til 3d fysisk form benytter jeg generelt en RP teknik baseret på en 3d printer fra Dimension, der bygger den digitale geometri fysisk op, lag for lag i en tykkelse på 0.254 mm i ABS plastic. Denne teknik producerer et til formålet kvalitativt produkt med en hurtig og let tilgængelig teknik. Det er dog ikke en teknik, der kan indgå som et redskab, der har indflydelse på formgivningsresultatet. Kort sagt bliver geometrien overført så præcist som teknikken muliggør. Til sammenligning, så vi i eksemplet på figur 4.3.13 i sektion 4.3 af Drummond Masterton, hvordan en CNC fræser muliggør eksperimenter, der kan bidrage til formgivningsresultatet ved hjælp af selve overførelsesteknikken. CNC fræsningen er en mere omfattende teknik end den 3d printer jeg har brugt i dette forskningsprojekt. Jeg har valgt at fokusere alene på den 3d digitale formgivning og ikke på overførelsesteknikken for at begrænse mig. Overførelsesteknikken handler derfor som udgangspunkt alene om at få overført den 3d digitale form så præcist og hurtigt som muligt på den mest tilgængelige måde. Formålet med dette er at kunne fokusere alene på den 3d digitale formgivning ud fra ideen om *materialedreven formgivning*.

Det næste kapitel vil belyse dette forskningsprojekts tematiske omdrejningspunkt i forhold til dets eksperimenter med 3d digital formgivning, men vil yderligere uddybe og bidrage med eksempler i sektion 5.2 med 3d digital formgivning, der ligeledes kan ses som relevante eksempler på state of the art indenfor dette projekts forskningsfelt.

5 // Bevægelse som tematisk omdrejningspunkt for eksperimenterne

Formålet med dette kapitel er at belyse det tematiske omdrejningspunkt i forskningsprojektets eksperimenter med 3d digital formgivning. Dette refererer til det andet forskningsspørgsmåls delmål 2a. Det tematiske omdrejningspunkt handler om *bevægelse*, hvilket som udgangspunkt refererer til fysiske fænomener. Bevægelse kan f.eks. handle om et objekt, der bevæger sig fra en position til en anden.

Det er i forskningsprojektet en arbejdshypotese, at det digitale medie kan bidrage med at fastholde flygtige fænomener, der adskiller sig fra fysiske materialers begrænsninger. Et eksempel på dette kunne handle om en væske i kraftig bevægelse. Som udgangspunkt vil vi ikke kunne fastholde væskens 3d form på et givent stadie, da den konstant ændrer form. Hvis vi kunne fryse væsken på et splitsekund med en specielt udviklet digital teknik vil resultatet repræsentere, hvad jeg i denne afhandling mener med at fastholde et flygtigt fænomen.

Det fotografiske medie er interessant til at belyse dette tema yderligere. Fotografiet har for det første i mange år udnyttet og eksperimenteret med, hvad jeg kalder, at fastholde flygtige øjeblikke, som selv øjet ikke er i stand til at registrere, - og for det andet, som jeg vil komme nærmere ind på, fordi det nutidige fotografiske medie i høj grad er forbundet med det digitale medie og derved 3d formgivning. De følgende sektioner vil, med udgangspunkt i nogle udvalgte historiske fotografiske eksempler, introducere nogle begreber, der kan benyttes som redskaber til systematisk at kategorisere, diskutere og reflektere over afhandlingens egne eksperimenter.

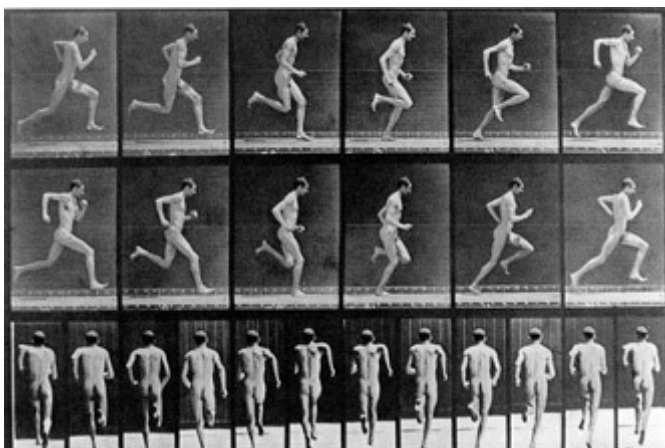
5.1 // Bevægelse i relation til materialedreven formgivning

Pionerer, som har arbejdet med at fastholde øjeblikke ved hjælp af det fotografiske medie, er Eadweard Muybridge: 1830 – 1904 (Muybridge, 1955) og Étienne-Jules Marey 1830–1904 (Zielinski, 1999). Eksempler på disse to pionerers undersøgelser giver anledning til en opdeling af eksperimenter med fænomenet *bevægelse* i kategorier som henholdsvis *øjeblik* og *proces*.

Eadweard Muybridge's fotografiske undersøgelser brugte bl.a. flere kameraer i en samlet opstilling for at studere bevægelse af f.eks. dyr og mennesker. Et eksempel på dette kan ses på figur 5.1.1. Hvert billede repræsenterer et *øjeblik* i mandens bevægelse. I sin sammenhæng giver dette mulighed for at analysere og sammenligne mandens bevægelser i forskellige stadier af hans løb. Disse undersøgelser minder om filmmediet, da de ved en hurtig afspilning efter hinanden vil udgøre en animationsfilm. Det er med udgangspunkt i et sådan øjeblik, at jeg i dette projekt definerer bevægelse skildret som et *øjeblik*.

Étienne-Jules Marey's 1830–1904 fotografiske undersøgelser eksperimenterede derimod med flere eksponeringer på det samme fotografiske materiale, som i denne sammenhæng kan kaldes en fotoplade. Til dette formål eksperimenterede Étienne-Jules Marey med en fototeknik kaldet kronofotografi, som muliggjorde at

optage flere stadier af en bevægelse på den samme fotoplade. Figur 5.1.2 viser et eksempel af en fugl der lander. Fotografiet skildrer på den måde en kontinuerlig række af øjeblikke af bevægelsen over tid og er som en film, der er optaget på det ene og samme lærred. Dette giver mulighed for at analysere og se fuglens bevægelser som et forløb. Det er med udgangspunkt i et sådan forløb, at jeg i dette projekt definerer bevægelse skildret som *en proces*.



Figur 5.1.1 // Fotografisk undersøgelse af en mand, der løber. Eadweard Muybridge 1907.



Figur 5.1.2 // Fotografisk undersøgelse af en pelikan, der lander. Étienne-Jules Marey, Bird Flight, Pelican, 1886.

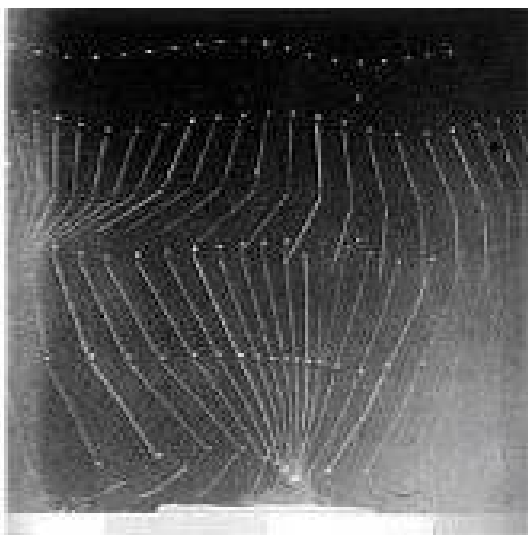
Kort handler denne fotografiske teknik om at der i kameraet er en plade med et lysfølsomt lag fotoemulsion, der ved lyspåvirkning (eksponering) igangsætter en kemisk proces, hvorved der opstår et "latent" billede. Det latente billede kan efterfølgende fremkaldes gennem endnu en proces og derved blive synligt.

Et andet eksempel af Étienne-Jules Marey's fotografiske undersøgelser er af en mand i en specialsyet dragt med hvide striber og punkter, se figur 5.1.3a og figur 5.1.3b. Fotografierne skildrer hver især den samme slags bevægelse, men er blevet bearbejdet forskelligt ved hjælp af det kemiske materiale. Dette kan give anledning til endnu en opdeling af eksperimenter med fænomenet *bevægelse* i kategorier som

henholdsvis *figurativt* og *abstrakt*. På figur 5.1.3a ses mandens konturer tydeligt, hvorved det refererer til en genkendelig figur, - mens det på figur 5.1.3b kun er stregerne, der er synlige, hvorved figur 5.1.3b fremstår som abstrakt. Figur 5.1.3b afspejler tydeligt bevægelsens dynamik, hvilket i et lignende eksempel på figur 5.1.4 har fremkaldt mønsteragtige effekter. På figur 5.1.3b har vi en viden om, hvordan mønstret er blevet til, og hvordan det er baseret på en mands bevægelse, men uden at vi kan se et genkendeligt objekt.



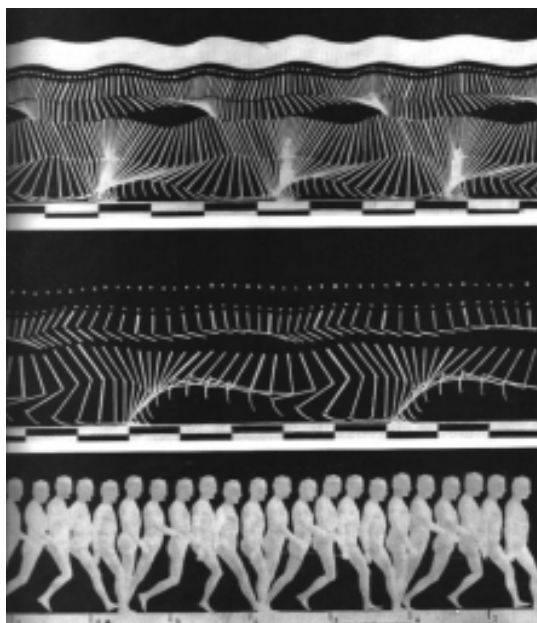
Figur 5.1.3a // Fotografiske undersøgelser af en mand i en specialsyet dragt med hvide striber og punkter. Étienne-Jules Marey 1886.



Figur 5.1.3b // Den fotografiske undersøgelse på figur 5.1.3a er her bearbejdet så kun de hvide striber og punkter. Dette medvirker til at fotografiet fremstår abstrakt. Étienne-Jules Marey 1886.

Da dette forskningsprojekt handler om at understøtte formgiverens formgivningsproces i brugen af det 3d digitale medie med bevægelse som tematisk omdrejningspunkt, er det ikke afgørende, hvorvidt vi kan spore temaet *bevægelse*

som en konkret bevægelse, der refererer til et genkendeligt objekt eller en figur, der bevæger sig fra en position til en anden i et artefakt. Det afgørende er, hvordan temaet *bevægelse* har dannet omdrejningspunkt og grundlag for at eksperimenterere og bidrage med at generere et artefakt. Det er altså ikke afgørende i denne undersøgelse og dette eksempel, at det fotografiske artefakt refererer til og viser, at der er et objekt, der har bevæget sig.



Figur 5.1.4 // Kronofotografisk undersøgelse af en mands bevægelse, Étienne-Jules Marey 1886.

Den fotografiske teknik blev i ovenstående eksempler af Eadweard Muybridge og Étienne-Jules Marey som udgangspunkt brugt til videnskabelige studier, men har efterfølgende været et redskab for blandt andre futuristerne til at eksperimenterere med teknikkens potentiale i forhold til bevægelse. Et eksempel er 'Change of Position' af Anton Bragaglia (1911) på figur 5.1.5. Den fotografiske teknik er her udnyttet på en anden måde end både Muybridge og Marey ved at arbejde med en såkaldt åben eksponering. Det vil sige at fotoemulsionen er påvirket af lys over længere tid. I eksemplet har personen på fotografiet holdt hånden stille i starten af eksponeringen og i den sidste del af eksponeringen. I den mellemliggende tid er håndens bevægelse blevet indfanget og kan ses som et spor, der afspejler hastigheden (Dixon, 2003). Det er på den måde tydeligt at se, at det er de positioner, hvor bevægelsen har været hurtigst, der er mest utydeligt. Resultatet er sammenligneligt med eksemplet af Marey, der afspejlede en *proces*, da det ligeledes skildrer en bevægelse over tid.



Figur 5.1.5 // "Change of Position" fotografisk værk af Anton Bragaglia 1911.

Et andet lignende eksempel er "Polyphysiognomical Portrait of Umberto Bocciono" på figur 5.1.6, af Anton and Arturo Bragaglia (1913), hvor en mands ansigt vises fra flere sider på en gang, idet han har bevæget hovedet under eksponeringen. (Dixon, 2003). I dette eksempel er hastigheden ikke så tydeligt skildret og derfor ikke fremtrædende, - derimod er det interessant, hvordan fotografiet fremstår som en række snapshots fra bevægelsen og derved kan skildre en tredimensionel figur fra flere sider på samme tidspunkt.



Figur 5.1.6 // "Polyphysiognomical Portrait of Umberto Bocciono" fotografisk værk af Anton and Arturo Bragaglia 1913.

Samtlige af ovenstående eksempler i denne sektion viser, hvordan det fotografiske medie har et potentiale til at fastholde flygtige fænomener, der adskiller sig fra fysiske materialers begrænsninger. Man kan for det første sige, at det fotografiske medie kan dokumentere et øjeblik i en bevægelse af et objekt, vi ikke er i stand til at fastholde i sig selv, f.eks. et stadie i en bevægelse når et menneske løber. Det kan ligeledes fastholde flere øjeblikke på samme tid og f.eks. skildre et 3d objekt fra flere sider på en gang. For det andet kan man sige, at det fotografiske medie er i

stand til at eksperimentere med temaet *bevægelse* på en måde, hvor det ikke handler om at dokumentere et øjeblik af et genkendeligt objekt i bevægelse, men snarere handler om, hvordan eksperimenter med lys, kemi og bevægelse kan bidrage til at generere form som vi f.eks. så det i eksemplet på den øverste del af figur 5.1.4 af Étienne-Jules Marey.

5.2 // Fra fotografi til det 3d digitale medie til 3d fysisk form

Det fotografiske medie er interessant til at belyse dette projekts tematiske omdrejningspunkt, men det er ligeledes interessant, da det nutidige fotografiske medie i høj grad er forbundet med det digitale medie. Det fotografiske medie kan typisk danne grundlag for et *digital-input* og en bearbejdning i et software (*digital-proces*) og det digitale medie er derfor blevet et typisk redskab til at bearbejde og eksperimentere med fotografiet. Et eksempel kan ses på figur 5.2.1, der viser et fotografi af blomster, der efterfølgende er blevet digitalt bearbejdet (figur 5.2.2) af Katie Bunnell med det formål at danne grundlag for en dekoration på en keramisk tallerken, se figur 5.2.3.



Figur 5.2.1 // Fotografi af blomster som digital-input. Katie Bunnell 2007.



Figur 5.2.2 // Fotografiet er blevet digitalt bearbejdet. Katie Bunnell 2007.



Figur 5.2.3 // Den digitale bearbejdning har dannet grundlag for dekoration på keramiske tallerkener. Katie Bunnell 2007.

Det fotografiske medie kan som tidligere nævnt med eksemplerne af Eadweard Muybridge og Étienne-Jules Marey være tæt forbundet med det filmiske medie. Dette kan ligeledes danne grundlag for eksperimenter med 3d digital formgivning. Et godt eksempel på hvilket potentiale dette kan bidrage med, kan ses på figur 5.2.4, der viser værket *Flight landing* af Geoffrey Mann. *Flight landing* skildrer en fugl, der flyver og lander, som et kompakt spor i form af et 3d artefakt (Mann, 2009). Formgivningen er baseret på det filmiske medie. I dette tilfælde er det en videooptagelse af en levende fugl, der flyver. En videooptagelse består af en række billeder, hvilket på den måde har bidraget med snapshots på forskellige stadier i bevægelsen. Dette minder både om Eadweard Muybridge's undersøgelser på figur 5.1.1 og "Polyphysiognomical Portrait of Umberto Bocciono" på figur 5.1.6, samt selvfølgelig Étienne-Jules Marey's undersøgelser af en fugl, der lander på figur 5.1.2. Efterfølgende er det digitale medie blevet udnyttet til at omforme de todimensionelle fotografiske snapshots til en tredimensionel form ved hjælp af et 3d softwareprogram. Dette er gjort ved at fuglens omrids i de forskellige stadier af bevægelsen som hvert snapshot repræsenterer, har bidraget med en række profiler. Disse profiler af fuglens omrids er blevet opstillet i et digitalt rum i et 3d software med afstande, der afspejler deres indbyrdes positioner i bevægelsen. Et redskab i softwaren har efterfølgende forbundet profilerne, hvorved bevægelsen fremstår som et langt 3d kompakt spor. Den fremkomne 3d digitale form er efterfølgende blevet overført til fysisk form ved hjælp af Rapid Prototyping, der som jeg introducerede i kapitel 4, er en fællesbetegnelse for en række teknikker til at overføre 3d digital data til 3d fysisk form.



Figur 5.2.4 // En videooptagelse af en flyvende fugl har dannet grundlag for en 3d formgivning ved hjælp af 3d digital formgivning og rapid prototyping. Fuglens profil kan genkendes i nederste højre hjørne. *Flight landing* af Geoffrey Mann 2005. Støbt glas. Foto Sylvain Deleu.

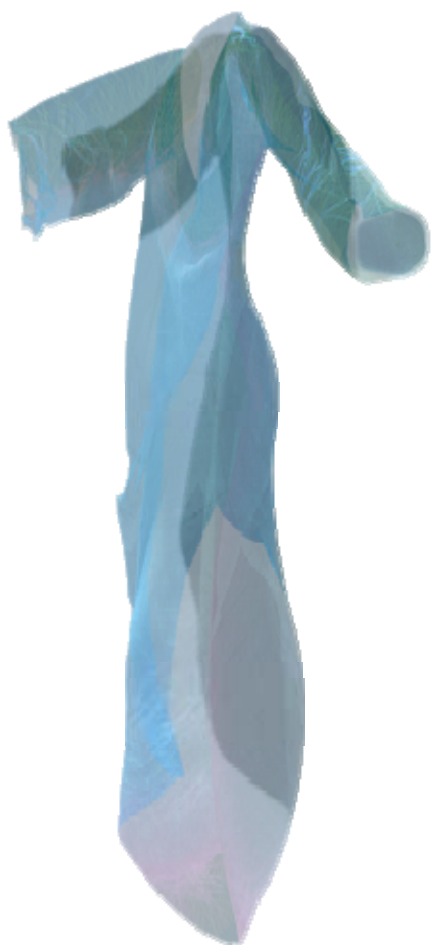
Flight landing er et godt eksempel på en eksperimenterende brug af det filmiske medie som digital-input, og på hvordan det 3d digitale medie kreativt er blevet udnyttet til at bearbejde det filmiske medie med henblik på en 3d fysisk formgivning. *Flight landing* giver derfor ligeledes en god ide om, hvordan det fotografiske og filmiske medies potentiale kan udnyttes i relation til bevægelse som tematisk omdrejningspunkt.

En anden mulighed for at eksperimentere med bevægelse ved hjælp af det 3d digitale medie er ved hjælp af teknikken *Motion Capture*. Motion Capture er interessant, da teknikken er baseret på at indfange 3d bevægelser af f.eks. et menneskes bevægelser. Dette handler ikke om først at 2d fotografere eller filme f.eks. et menneskes bevægelser som et digitalt input, der kan bearbejdes i et 3d virtuelt digitalt rum, men snarere direkte om at optage og overføre 3d bevægelserne direkte i et 3d software program, så de kan "afspilles" som filmiske bevægelser i et 3d virtuelt digitalt rum. Der er til dette formål en hvis lighed med Étienne-Jules Marey's fotografiske undersøgelser af en mand i en specialsyet dragt. Visse Motion Capture teknikker benytter sig ligeledes af en specialsyet dragt, der ved hjælp af flere kameraer optager personens bevægelse i et givent 3d felt, som direkte overføres til 3d filmisk data. Det er et redskab og en teknik, der typisk bruges i filmindustrien til f.eks. at indfange bevægelser, der skal danne grundlag for bevægelserne af en fiktiv figur i en film, som f.eks. et monster formgivet i et 3d modelleringsprogram.

Jane Harris, Ph.d. udnytter ligeledes Motion Capture, men i en mere eksperimenterende sammenhæng. Da tidligere tiders klædedragter kan være i en sårbar forfatning, som ikke muliggør at skildre tekstilet på en menneskekrop i bevægelse, har Jane Harris bl.a. udnyttet Motion Capture til at skildre dette digitalt (Walsh, 2004). Først er en koreograferet krops bevægelse i en specialsyet dragt blevet indfanget ved hjælp af Motion Capture, se eksempel på figur 5.2.5. Efterfølgende har Jane Harris på baggrund af sin viden som tekstildesigner, kunne gengive og dokumentere klædedragtens egenskaber som digitalt simulerede tekstil ved hjælp af 3d digitale softwareprogrammer i filmiske sekvenser. Et eksempel på et snapshot fra en digital simulering af tekstil kan ses på figur 5.2.6.



Figur 5.2.5 // En kvindes bevægelser bliver indfanget ved hjælp af Motion Capture. Flere kameraer optager kvindens bevægelser i den specialsyede dragt, hvorefter bevægelsen bliver overført til 3d digital data som en filmisk sekvens. Jane Harris, Motion Capture 2006. 3D CG, Mike Dawson. Performer/Choreography, Elli Garnett. Supported by: VICON

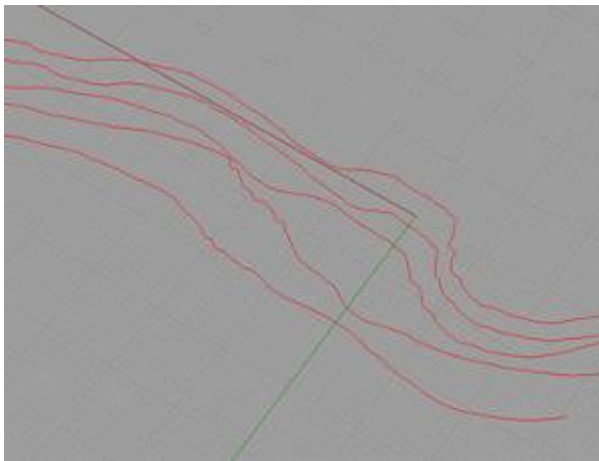


Figur 5.2.6 // Snapshots af en digital simulering af tekstil i bevægelse. Bevægelsen er baseret på et menneskes bevægelse indfanget ved hjælp af Motion Capture. 'Potential Beauty', by Jane Harris, 2002 /04, 3D CG, Mike Dawson, Performer/Choreography, Ruth Gibson, Supported by: Arts and Humanities Research Council, VICON & Central Saint Martins Jane Harris 2004.

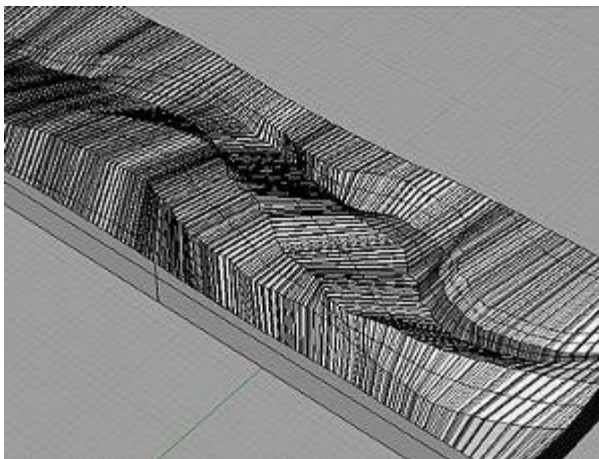
Tavs Jørgensen fra forskerklyngen Automatic har ligeledes eksperimenteret med Motion Capture som et formgivningsredskab. Til dette formål har Tavs Jørgensen benyttet en såkaldt datahandske, se figur 5.2.7. Datahandsken har i dette tilfælde indfanget håndens bevægelse direkte i et 3d softwareprogram (se figur 5.2.8), hvilket ved hjælp af andre digitale redskaber har dannet grundlag for en 3d digital bearbejdning (se figur 5.2.9). Den 3d digitale formgivning kan efterfølgende overføres til fysisk form ved hjælp CNC fræsning. Figur 5.2.11 og detaljen på figur 5.2.12 viser den digitale formgivning overført til fysisk form, som i dette eksempel har dannet grundlag for formgivningen af sideflader til tre sammenhængende skamler.



Figur 5.2.7 // Datahandske. Foto: Tavs Jørgensen.



Figur 5.2.8 // Håndens 3d bevægelse med datahandsken er blevet digitalt indfanget i et 3d softwareprogram af Tavs Jørgensen 2007. Billede udlånt med tilladelse fra Tavs Jørgensen.



Figur 5.2.9 // Den digitale data er blevet bearbejdet i 3d softwareprogrammet. Billede udlånt med tilladelse fra Tavs Jørgensen.



Figur 5.2.11 // Den digitale formgivning er blevet overført til fysisk form ved hjælp af CNC fræsning.
Foto: Tavs Jørgensen.



Figur 5.2.12 // Detalje af CNC fræsningen på figur 5.2.11. Foto: Tavs Jørgensen.

Det er interessant at drage en parallel mellem Tavs Jørgensens eksperiment og "Change of Position" af Anton Bragaglia (1911) på figur 5.1.5, der begge handler om at indfange håndens bevægelse over tid. Det er interessant, fordi den 3d digitale teknologi nu muliggør at eksperimentere med at indfange bevægelse som 3d form frem for 2d grafik. I denne sammenhæng er det interessant, da dette forskningsprojekt handler om 3d formgivning, og det digitale medie på den måde muliggør at understøtte 3d formgivning direkte på en måde, der har en tydelig parallel til eksperimenterende brug af fotografiet.

Motion Capture er ofte benyttet i forbindelse med 3d digitale softwareprogrammer, der er animationsbaserede. Disse softwareprogrammer indeholder typisk en række digitale redskaber, der er udviklet til at simulere virkelighedsrelaterede fænomener. Det er redskaber, der er beregnet til at simulere virkelighedsrelaterede fænomener, som væsker, tekstiler, tyngdekraft, vind, kraftfelder osv. i et 3d virtuelt rum og som ligeledes typisk er brugt i film- og spilindustrien. Disse redskaber kaldes typisk *dynamics* og er interessante i denne sammenhæng, da de kan bidrage med en *digital-proces*, der kan underbygge

eksperimenter med flygtige fænomener, ved at kunne generere virkelighedsrelaterede simuleringer af bevægelse i filmiske sekvenser. Et eksempel på dette er Geoffrey Mann's *Blown* (Mann, 2009). *Blown* er baseret på, at en digital simulering af vind blæser til en 3d digital formgivet tekop, hvis geometri simulerer en væske (se figur 5.2.13). Den digitale simulering af vind genererer derved bølger i tekoppens geometri, og refererer således til de bølger, der fremkommer, når vi puster til den varme te for at køle den, inden vi drikker. Simuleringen af denne hændelse genererer et 3d digitalt filmisk forløb, hvor hvert billede kan danne grundlag for en overførelse til fysisk form ved hjælp af rapid prototyping. To snapshots fra det filmiske forløb kan ses på figur 5.2.14 udført i porcelæn.



Figur 5.2.13 // Tre snapshots fra en animation af en digitalt formgivet tekop, der simulerer væske, der bliver påvirket af en "vind". Digitalt eksperiment med *dynamics* af Geoffrey Mann. *Blown* 2006.



Figur 5.2.14 // Tre snapshots udført i porcelæn fra det filmiske forløb af den digitale simulering. *Blown* af Geoffrey Mann 2006. Foto Stuart Johnstone.

5.3 // Delkonklusion

Jeg har i dette kapitel belyst dette forskningsprojekts tematiske omdrejningspunkt i forhold til dets eksperimenter med 3d digital formgivning. Dette handler om *bevægelse*. Til dette formål har jeg taget udgangspunkt i nogle udvalgte historiske fotografiske eksempler, da det medie især har muliggjort at kunne undersøge og eksperimentere med at fastholde flygtige øjeblikke. Disse eksempler har yderligere dannet grundlag for at introducere nogle begreber, der kan benyttes til at kategorisere, diskutere og reflektere over afhandlingens egne eksperimenter med 3d digital formgivning. Disse begreber handler om, hvorvidt resultatet af eksperimenterne afspejler en *proces* eller et *øjeblik*, -yderligere handler det om, hvorvidt resultatet afspejler noget figurativt eller fremstår abstrakt. Desuden har kapitlet handlet om, hvordan det fotografiske og filmiske medie er forbundet med det 3d digitale medie, og om hvordan dette kan bidrage til at eksperimentere med 3d formgivning af fysiske artefakter med bevægelse som tematisk omdrejningspunkt.

Dette har for det første handlet om, hvordan det fotografiske og filmiske medie kan bidrage med et *digital-input* i forhold til 3d digital formgivning, hvilket eksemplerne af Katie Bunnell på figur 5.2.3 og Geoffrey Mann på figur 5.2.4 viste. For det andet har det handlet om, at det 3d digitale medie har specielle redskaber, der kan understøtte eksperimenter med at fastholde flygtige fænomener og bevægelse. Dette handler om teknikker indenfor *motion capture*, der kan bidrage med et *digital-input*, der indfanger 3d fysiske bevægelser fra f.eks. et menneske. Et

eksempel på dette er Tavs Jørgensens brug af en datahandske, se figur 5.2.7-5.2.12. For det tredje har det handlet om de digitale redskaber i 3d software, der har fællesbetegnelsen *dynamics*. Disse redskaber kan bidrage med en *digital-proces*, der kan underbygge eksperimenter med virkelighedsrelaterede simuleringer af flygtige fænomener i filmiske sekvenser. Et eksempel på dette er Geoffrey Mann's *Blown* på figur 5.2.14. Det interessante ved såvel *motion capture* og *dynamics* er, at det er teknikker, der direkte handler om 3d digital formgivning og understøtter temaet bevægelse.

Dette forskningsprojekts eksperimenter bygger altså på en erfaring med fotografiet og filmmediets potentiale til at indfange flygtige fænomener, og de specielt udviklede redskaber til at indfange 3d bevægelse og simulere 3d virkelighedsrelaterede flygtige fænomener indenfor det 3d digitale medie.

Dette forskningsprojekts eksperimenter vil tage udgangspunkt i brugen af *dynamics*. Grunden til dette er, at *dynamics* bidrager med et potentiale til at fastholde flygtige fænomener, der minder om det fotografiske og filmiske medie. En anden grund er, at *dynamics* muliggør at kunne eksperimentere direkte med 3d digital formgivning, der afspejler virkelighedsrelaterede fænomener; f.eks. en væske i bevægelse. Dette er interessant og relevant i forhold til mit forskningsprojekts ide om *materialedreven formgivning*, da det muliggør at eksperimentere med et responderende materiale. Til dette formål har softwaret Real Flow dannet udgangspunkt for de indledende eksperimenter, hvilket næste kapitel vil handle om.

Del 3 // Eksperimenter

6 // Real Flow (E1)	87
6.1 // Materialedreven 3d digital formgivning.....	87
6.2 // Indledende eksperimenter med Real Flow	95
6.2.1 // Delkonklusion	112
6.3 // Plask, - et møde mellem digital og keramisk form	114
6.3.1 // Delkonklusion	125
6.4 // Real Flow i en designkontekst.....	127
6.4.1 // Delkonklusion	144
7 // Et dynamisk interaktivt formgivningsredskab (E2)	145
7.1 // 2d dynamiske systemer og 3d geometri.....	146
7.2 // 3d bevægelser indfanget i et 3d grafisk rum.	152
7.3 // Interaktive dynamiske systemer	154
7.5 // Low art, High art.....	171
7.6 // Delkonklusion og diskussion	174
8 // Flygtige fænomener med fysiske materialer (E4)	178
8.1 // Eksperimenter med gips-ler.....	179
8.2 // Diskussion og delkonklusion	187
9 // Fra digital form til keramisk form (E3).....	191
9.1 // Et dilemma i det keramiske fagområde	191
9.2 // Gips-lerets potentiale til at transformere den digitale form.....	202
9.3 // Delkonklusion.....	213

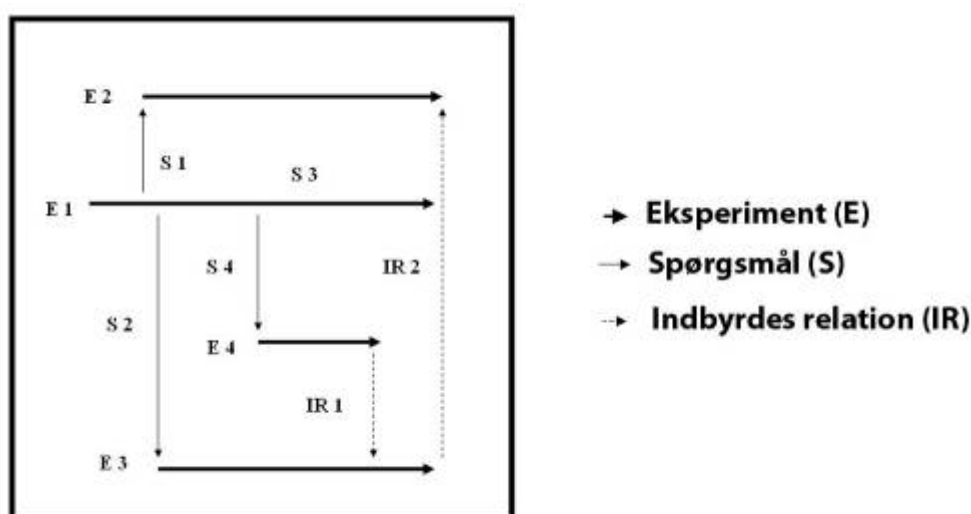
Formålet med eksperimenterne i forbindelse med denne afhandling er at producere empiri til diskussion, refleksion og perspektivering af forskningsspørgsmålene. Eksperimenterne er baseret på en *undersøgellesbaseret designpraksis* og ideen om *forgrenende eksperimenter*, (se kapitel 2) og skal derfor ikke forstås som enkeltstående eksperimenter, men indbyrdes relaterede eksperimenter, der tilsammen afspejler forskningsspørgsmålenes kompleksitet. Alle eksperimenterne er udgået fra et introducerende eksperiment, der har haft den funktion at være et centralt spor, som løbende har rejst nye spørgsmål og derved nye parallelle spor af eksperimenter. De parallelle spor af eksperimenter har forgrenet sig ud indenfor en ramme, der er defineret af forskningsspørgsmålene.

Figur 6.1 illustrerer og giver et overblik over eksperimenterne og deres indbyrdes afhængige forhold. Eksperimenterne (E) handler om forskningsprojektets spor af eksperimenter og omfatter det indledende eksperiment og de spor af eksperimenter som dette har givet anledning til.

Spørgsmålene (S) er de spørgsmål som det indledende eksperiment (E1) har givet anledning til, og de indbyrdes relationer (IR) handler om de indbyrdes relationer mellem eksperimenterne, som har bidraget med uforudsigelige løsninger. Tabel 6.1 forklarer symbolerne i figur 6.1 og beskriver de spørgsmål og de uforudsigelige indbyrdes relationer de parallelle eksperimenter har bidraget med.

Jeg vil i de følgende kapitler beskrive og diskutere eksperimenterne. Hvis kapitlet har givet anledning til spørgsmål og derved nye spor af eksperimenter, eller har bidraget med indbyrdes relationer mellem eksperimenterne vil dette fremgå sidst i det pågældende kapitel eller i den pågældende sektion.

Figur 6.1 og tabel 6.1 kan ved gennemlæsning af kapitlerne om eksperimenterne benyttes til at give et overblik.



Figur 6.1 // Forskningsprojektets forgrenende eksperimenter og deres indbyrdes afhængige forhold. Rammen om eksperimenterne er defineret af forskningsspørgsmålene.

E1	Real Flow, se kapitel 6
E2	Et dynamisk interaktivt formgivningsredskab, se kapitel 7
E3	Fra digital form til fysisk form, se kapitel 9
E4	Flygtige fænomener i fysiske materialer, se kapitel 8
S1	Er det muligt at opnå en højere grad af interaktivitet med et digitalt dynamisk system i formgivningsøjeblikket? Dette spørgsmål indledte sporet med eksperimenterne: Et dynamisk interaktivt formgivningsredskab (E2), se kapitel 7
S2	Den keramiske teknik med gips og støbe-ler begrænser, hvor kompliceret en RP produceret model, det er muligt at overføre til det keramiske materiale. Kan denne overførelsesteknik forbedres? Dette spørgsmål indledte et spor med eksperimenterne: Fra digital form til fysisk form (E3) se kapitel 9
S3	Hvordan kan den 3d digitale formgivning og det keramiske materiale indgå i et dynamisk samspil og bidrage med en kompleksitet i det keramiske artefakt? Dette spørgsmål indledte ikke et nyt spor af eksperimenter, men målrettede det indledende eksperiment (E1), se kapitel 6.
S4	Er det muligt at indfange flygtige fænomener med fysiske materialer, f.eks. ved hjælp af gips, og opnå lignende resultater med dynamisk konflikter som det var tilfældet med Real Flow i sektion 6.3? Dette spørgsmål indledte et spor med eksperimenterne: Flygtige fænomener i fysiske materialer (E4), se kapitel 8
IR1	Kapitel 8's spor af eksperimenter (E4) med blandingen af gips og porcelænsstøbemasse (gips-ler) viste et uforudsigeligt potentiale for, at den RP producerede model kan være mere komplicerede, når den skal overføres til det keramiske materiale, end den keramiske teknik med gips og støbe-ler muliggør (S2). Dette bidrager derfor med en uforudsigelig indbyrdes relation (IR1) mellem kapitel 8's spor af eksperimenter (E4) og kapitel 9's spor af eksperimenter (E3)
IR2	Brugen af gips-ler i silikoneforme, der er blevet udnyttet i kapitel 9's spor af eksperimenter (E3), viste et uforudsigeligt potentiale til at opnå et dynamisk samspil mellem den digitale formgivning og det keramiske materiale og en kompleksitet i et keramisk artefakt (S3). Dette potentiale er oplagt at udnytte i forhold til både kapitel 6's spor af eksperimenter med RF (E1) og kapitel 7's spor af eksperimenter med det digitale interaktive formgivningsredskab(E2). Dette bidrager derfor med en uforudsigelig indbyrdes relation (IR2) mellem kapitel 9's spor af eksperimenter (E4) og kapitel 6 og 9's spor af eksperimenter (E1, E2).

Tabel 6.1 // Symbolforklaring til figur 6.1.

6 // Real Flow (E1)

Denne sektion beskriver de indledende eksperimenter, der har den funktion at være det centrale spor, hvorfra spor af nye eksperimenter udgår. Undervejs i beskrivelsen af de indledende eksperimenter vil de spørgsmål, der bidrager med nye spor af eksperimenter blive præsenteret med en henvisning til de efterfølgende kapitler og deres sektioner. For at skabe overblik over eksperimenternes relationer henvises til figur 6.1.

Udgangspunktet for eksperimenterne med 3d digital formgivning er baseret på eksisterende 3d software. Til dette formål har softwaret Real Flow (RF) dannet udgangspunkt. En kategori af RF's redskaber går under betegnelsen "Dynamics", som er en fællesbetegnelse for redskaber, der simulerer virkelighedsrelaterede fænomener, som væsker, tyngdekraft, vind, kraftfelter osv. i et 3d digitalt rum. "Dynamics" er primært udviklet til film og spil industrien, men benyttes også som et formgivningsredskab indenfor fagområder som design og arkitektur og indgår i mange softwareprogrammer som en kategori af redskaber. Mit afsæt i at udnytte *dynamics* til at undersøge 3d digital formgivning i forhold til ideen om *materialedeven formgivning* (se sektion 3.4) er baseret på en ide om, at der er en tæt relation mellem at eksperimenterer med fysiske materialer i virkeligheden og med en simulering af et fysisk materiale. Dette kan handle om, at man f.eks. kan eksperimenterer med at simulere en centrifugering af en væske på en lignende måde som i eksemplet med Anne Tophøjs eksperimenter med centrifugeret støbemasse på figur 3.4.1 i sektion 3.4.

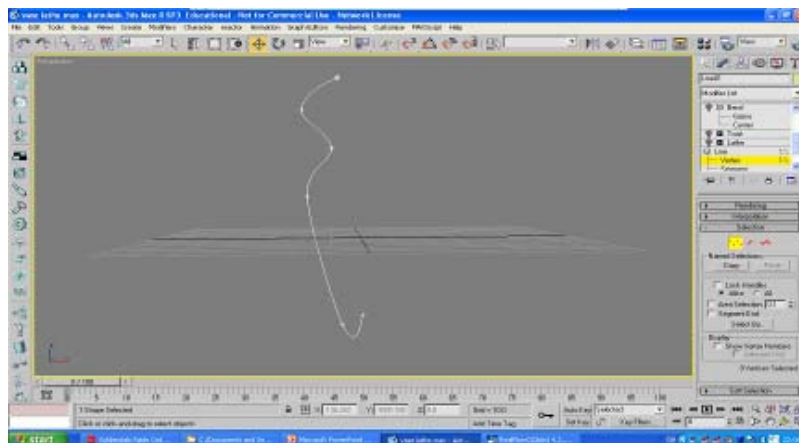
Kapitlets sektioner vil med udgangspunkt i mine eksperimenter med RF udforske og diskutere mine to forskningsspørgsmål, se sektion 1.2. Den første sektion vil handle om at drage en parallel mellem ideen om materialedeven formgivning ved hjælp af fysiske materialer og brugen af 3d digital formgivning, - og handler derfor om forskningsspørgsmål 1. Den anden sektion vil introducere en række indledende eksperimenter for at give et indtryk af RF's potentiale i forhold til forskningsprojektets tematiske omdrejningspunkt *bevægelse*. Den sektion handler derfor om forskningsspørgsmål 2 med udgangspunkt i delmål 2a. Den tredje sektion beskriver et eksperiment, der handler om at opnå et dynamisk samspil mellem den digitale formgivning og det keramiske materiale i et keramisk artefakt, og handler derfor om forskningsspørgsmål 2 med udgangspunkt i delmål 2b. Den sidste sektion handler om at afprøve RF's potentiale som et formgivningsredskab i en designkontekst i et samarbejde med henholdsvis keramikeren Anne Tophøj og smykkekunstner Katrine Borup.

6.1 // Materialedeven 3d digital formgivning

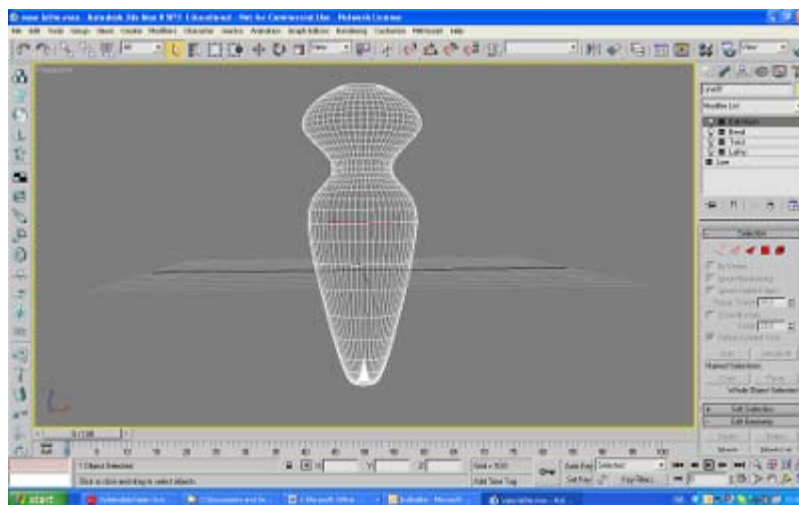
Formålet med denne sektion er at drage en parallel mellem ideen om materialedeven formgivning ved hjælp af fysiske materialer og brugen af 3d digital formgivning.

For at give en forståelse for 3d digital formgivning vil jeg indlede med et grundeksempel på en meget brugt tilgang til 3d digital formgivning, der er beslægtet med begrebet *konstruerende formgivning* (se sektion 3.4 i kapitel 3).

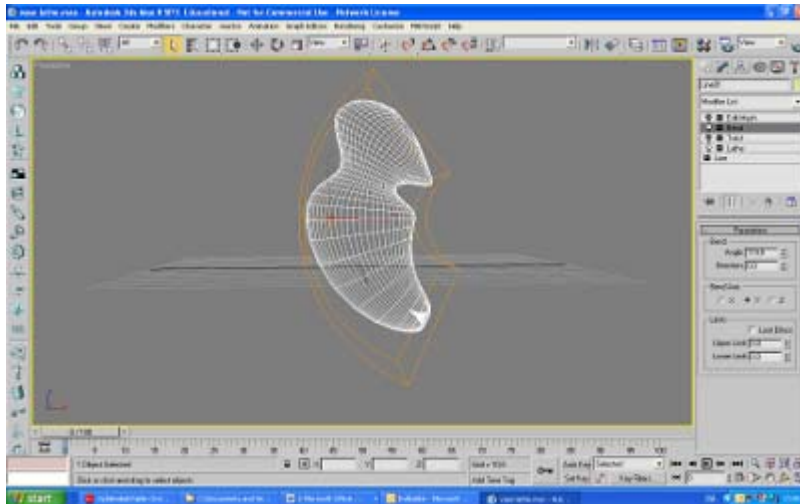
Denne tilgang til 3d digital formgivning er baseret på at konstruere en 3d form ved hjælp af en række digitale redskaber, der gør formgiveren i stand til at kontrollere formgivningen og opnå det ønskede resultat. Dette er bedst at forklare ved hjælp af et eksempel. Eksemplet på figur 6.1.1- 6.1.5 med billedtekster repræsenterer en sådan arbejdsproces med 3d digital formgivning i softwareprogrammet 3d Studio Max.



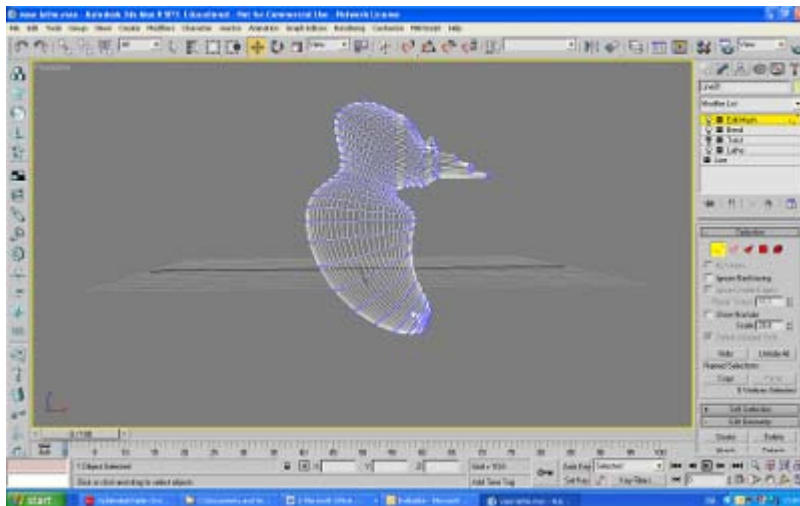
Figur 6.1.1 // En kurve kan tegnes i 3d Studio Max ved at placere punkter, der forbindes med en kurve.



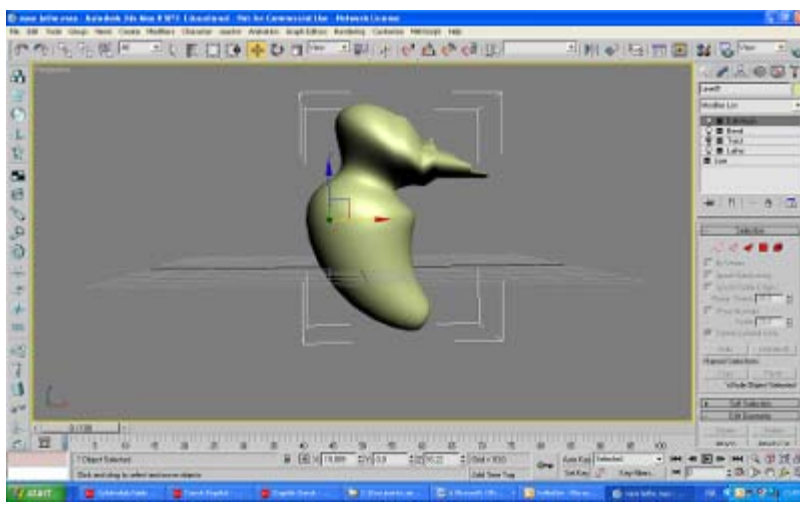
Figur 6.1.2 // Kurven på figur 6.1.1 kan danne grundlag for et omdrejningslegeme.



Figur 6.1.3 // Omdrejningslegemet kan f.eks. bøjes.



Figur 6.1.4 // Omdrejningslegemet kan modelleres ved at trække i geometrien.



Figur 6.1.5 // Geometrien kan visualiseres med en overflade og den kan overføres til 3d fysisk form ved hjælp af Rapid Prototyping.

Den tilgang til 3d digital formgivning som eksemplet på figur 6.1.1-6.1.5 repræsenterer, kan udføres med mange forskellige digitale redskaber. Eksemplet viser en analytisk og reflektiv tilgang til formgivning, hvor hvert stadie i formgivningsprocessen handler om at kontrollere det digitale redskab effektivt for at opnå et mere eller mindre forudbestemt resultat. Der er altså i denne tilgang et forudsigeligt forhold mellem ide og resultat og en lighed med ideen om *konstruerende formgivning*, som jeg beskrev i sektion 3.4 ved hjælp af de tre fader på figur 1.1.5. Jeg vil derfor kalde denne tilgang til 3d digital formgivning for *konstruerende digital formgivning*. I hvert stadie i formgivningsprocessen på figur 6.1.1-6.1.5 kan man tale om, at det digitale redskabs potentiale kan undersøges, men der er ikke tale om et samspil mellem formgiveren og et responderende redskab eller materiale. Der er derfor ikke tale om uforudsigelighed og overraskelse, hvilket kendetegner ideen om materialedreven formgivning (se sektion 3.4) som jeg nu vil give et eksempel på.

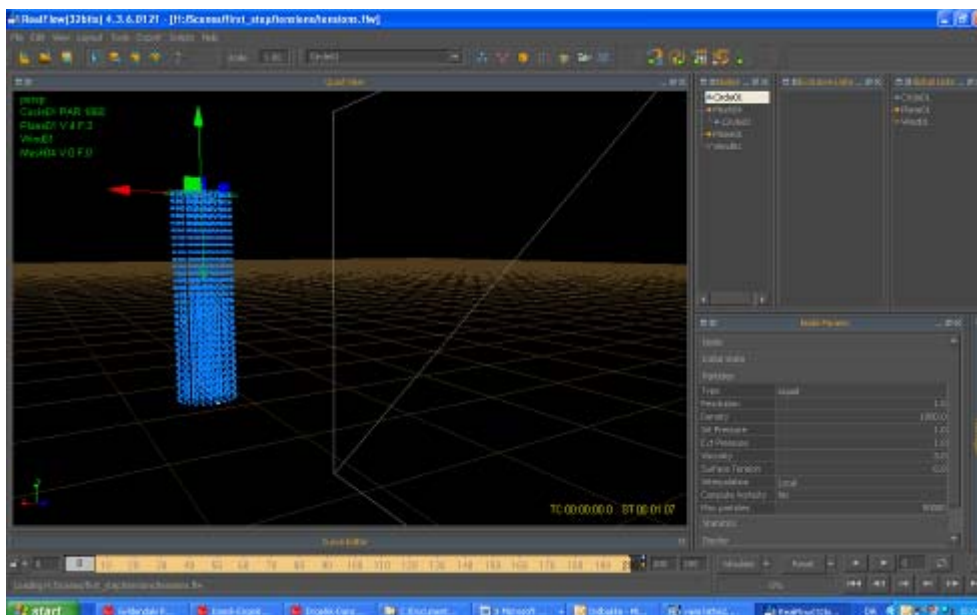
Real Flow (RF) er ligeledes et 3d digitalt software program, men tilgangen er helt anderledes, hvis det bliver brugt som et digitalt formgivningsredskab til 3d artefakter. RF er et såkaldt partikelbaseret software program, hvilket betyder, at det er en konstellation af indbyrdes afhængige partikler i form af punkter, der udgør strukturen i en 3d geometri. Dette indbyrdes afhængige forhold er defineret af en egenskab som f.eks. røg- eller nogle væskepartikler. Konstellationen af en gruppe partikler kan ikke "modelleres" som vi så det i eksemplet med 3d Studio Max ved at flytte enkelte punkter. Dette vil medføre at hele konstellationen af partikler vil ændre karakter. Konstellationen af partikler kan ses som en homogen masse, der som helhed kan blive påvirket af ydre kræfter som f.eks. en digital simulering af vind.

I november 2006 deltog jeg på en workshop afholdt af arkitekten Ali Rahim i et samarbejde med afdeling 8 og *Center for IT og Arkitektur (CITA)* på Kunstakademiets arkitektskole i København. Ali Rahim benytter sig bl.a. af *dynamics* som et redskab i sit arbejde med arkitektur og introducerede til workshoppen RF som et dynamisk redskab til at arbejde med arkitektur. Ali Rahim (2005) beskriver et sådan dynamisk forhold mellem partikler og ydre kræfter ved hjælp af det matematiske begreb et *dynamisk system*. Begrebet et *dynamisk system* benyttes indenfor matematikken til at beskrive tidslige udviklinger med udspring i naturlovene (Ali Rahim 2005). Jeg vil ligeledes i denne sammenhæng benytte dette begreb til at beskrive det indbyrdes forhold mellem partikler og virtuelle kræfter som f.eks. vind og tyngdekraft.

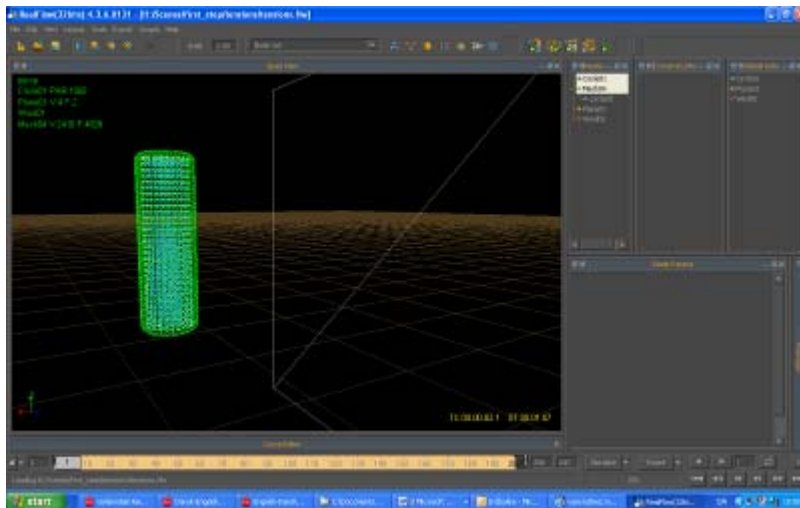
Ved brugen af RF kan formgiveren selv opstille sådanne dynamiske systemer ved hjælp af variable parametre. De variable parametre kan på den ene side bestå af partiklernes mængde, position og viskositet. På den anden side kan det handle om en kraft, der påvirker partiklerne, hvilket kan være en digitalt simuleret vinds styrke og turbulens. RF har, som jeg senere vil eksemplificere, adskillige muligheder for at opstille sådanne dynamiske systemer. Ved en påvirkning forandres partiklernes konstellation over tid og bliver i RF optaget som en animation (filmsekvens). Dette gør det muligt at spole i tid og fastholde et givent

øjeblik. Hvert et billede i animationen af partiklernes konstellation kan danne grundlag for en geometri, der kan overføres til 3d fysisk form ved hjælp af Rapid Prototyping (se sektion 4.3 og 4.4).

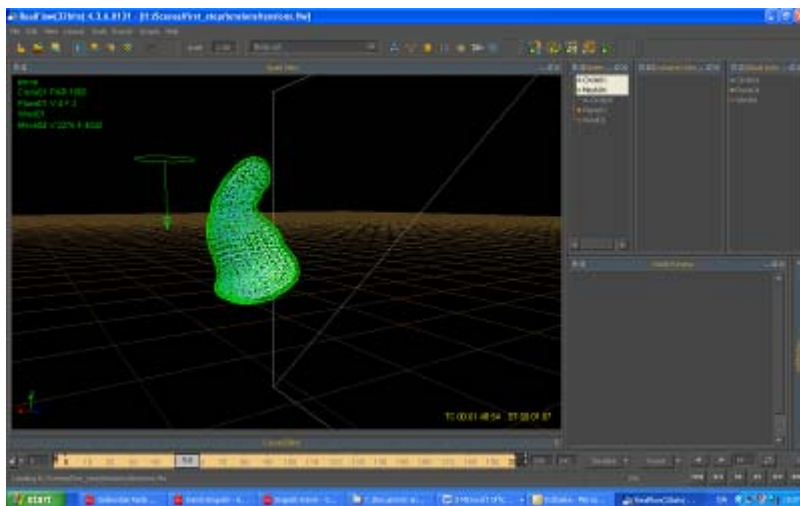
Figur 6.1.6 til 6.1.10 viser et konkret eksempel på et sådan dynamisk system i RF, hvor partiklernes konstellation ændres over tid. På figur 6.1.6 danner en konstellation af partikler udgangspunktet. Figur 6.1.7 viser hvorledes partiklerne danner grundlag for en geometri, der kan ses som et grønt net om partiklerne. På figur 6.1.8 begynder konstellationen af partikler at blive påvirket af en digital simulering af "vind", hvorved konstellationen bevæger sig og ændrer form. På figur 6.1.9 kolliderer partiklerne med en geometri i form af et plan. Figur 6.1.10 viser geometrien visualiseret med en grafisk overflade, hvorved formen bedre beskrives. Den gule ramme nederst på figurene viser afspejler animationens længde og det grå felt i rammen afspejler det aktuelle billede i det filmiske forløb. Figur 6.1.11 viser en sammenstilling af en række snapshots af partiklerne med geometri fra animationen. I dette tilfælde handler det om billede 35, 65, 95, 100 og 105, hvilket kunne danne grundlag for en udvælgelse og videre bearbejdning, der er målrettet en given kontekst som f.eks. kan være et brugsobjekt som et dørhåndtag, - eller det kan danne basis for at ændre det dynamiske systems opstilling eller parametrene for at opnå bedre resultater. Animationen kan endvidere ses i appendikset, se under figurens nummer.



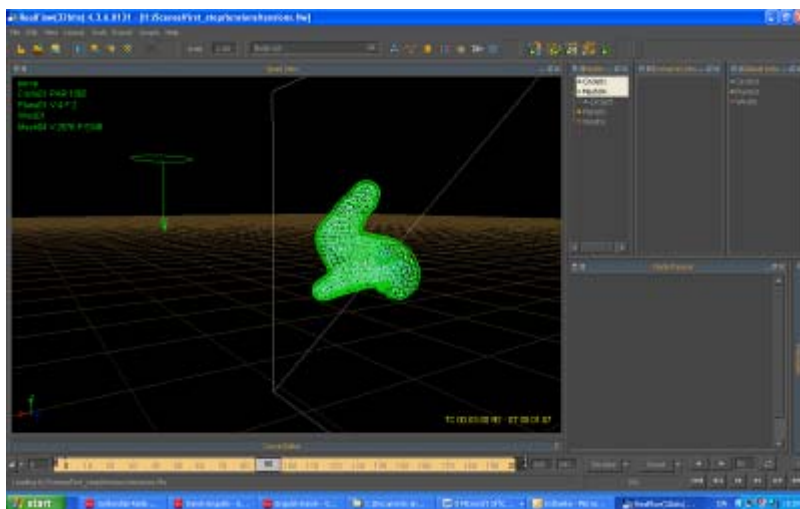
Figur 6.1.6 // En konstellation af partikler danner udgangspunkt 3d digital formgivning.



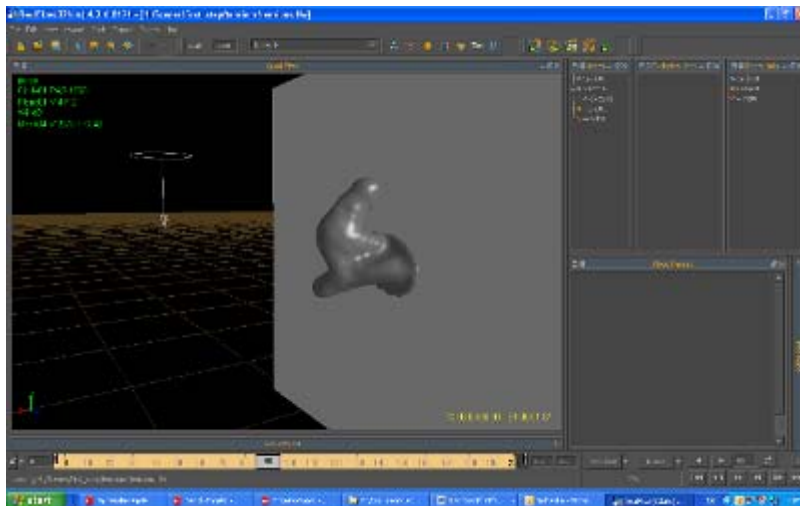
Figur 6.1.7 // Figuren viser hvorledes partiklerne danner grundlag for en geometri, der kan ses som et grønt net om partiklerne.



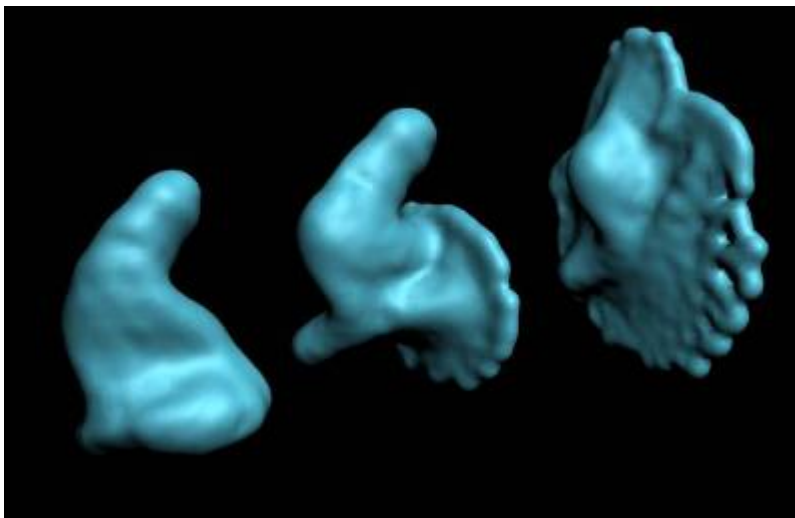
Figur 6.1.8 // En digital simulering af "vind" sætter konstellationen af partikler i bevægelse.



Figur 6.1.9 // Konstellationen af partikler kolliderer med en geometri i form af et plan.



Figur 6.1.10 // Geometrien kan visualiseres med en overflade og den kan overføres til 3d fysisk form ved hjælp af Rapid Prototyping.



Figur 6.1.11 // En sammenstilling af en række snapshots af partiklerne med geometri fra animationen på figur 6.1.6-6.1.10. I dette tilfælde handler det om billede 65, 95, 100 ud af 200 billeder. Se endvidere animationen i appendikset, se figurens nummer.

Geometrien (det grønne net) defineres af partiklernes konstellation og er i dette eksempel baseret på RF's grundindstilling som et BlobMesh. Denne geometri er ligeledes mulig at bearbejde og definere anderledes, men vil alene ændre geometrien og ikke partiklernes position. Geometrien er på den måde ikke en del af det dynamiske system. Jeg vil som udgangspunkt ikke gå dybere ind i dette tema, men benytte mig af det ovennævnte BlobMesh og fokusere på potentialet i det digitale dynamiske system. Figur 6.1.12 viser billede 95 fra figur 6.1.11 overført til fysisk form ved hjælp af RP. Jeg har i dette tilfælde benyttet mig af en 3d printer fra Dimension. Denne teknik overfører den 3d digitale form ved at bygge den op i 0,254 mm tynde lag i ABS plastik. Det er primært denne teknik, der har dannet basis for at overføre den 3d digitale form til 3d fysisk form i dette forskningsprojekt, hvilket jeg senere vil komme nærmere ind på.



Figur 6.1.12 // Billede 95 fra figur 6.1.11 er her overført til fysisk form ved hjælp af en 3d printer fra Dimension. Denne teknik overfører den 3d digitale form ved at bygge den op i 0,254 mm tynde lag i ABS plastik.

Ali Rahim (2005) benytter sig af begreberne det *virtuelle* og *aktuelle* til at forklare sin arbejdsproces med det digitale medie som formgivningsredskab. Det virtuelle skal her ikke forstås som virtuel virkelighed (virtual reality) eller simulering ved hjælp af computergrafik, men forstås som et potentiale, der ikke er målbart eller har fysisk form, og som kan aktualiseres i en række målbare og håndgribelige størrelser, som f.eks. i en konkret arkitektur. Ali Rahim benytter derfor begreberne på en sammenlignelig måde som de blev introduceret i kapitel 3, ved hjælp af Sanford Kwinter (2001) (se sektion 3.4). Det digitale medie repræsenterer for Ali Rahim et arbejdsredskab til at aktualisere det virtuelle og til dette formål kan "dynamics" bl.a. benyttes som et virtuelt dynamisk system, der kan aktualiseres. Ali Rahims brug af begreberne kan derfor benyttes til at drage en parallel mellem begrebet *første niveau i materialedreven formgivning* (se sektion 3.4) og brugen af "dynamics" som et dynamisk system, der begge repræsenterer en virtuel komponent.

Omvendt benytter Ali Rahim (2005) begrebet *analytical techniques* om de tilgange til arkitektur, der tager afsæt i et overordnet koncept, der opstår gennem analyse af brug, funktion mv. Resultatet af en sådan proces afviger typisk ikke fra sit udgangspunkt. I sådan en tilgang udnyttes det digitale medie til at effektivisere processen for at opnå det bedste resultat i forhold til udgangspunktet, f.eks. ved at strukturere værelser i en arkitektur på en effektiv og praktisk måde. Dette er, hvad Ali Rahim kalder en top-down proces, og der er i denne tilgang en lighed til, hvad

jeg har kaldt en *konstruerende digital formgivning*. Ali Rahim benytter sig ligeledes af begrebet *det muliges forhold til det virkelige*, som det blev beskrevet i sektion 3.4 på baggrund af Henri Bergson (1946).

Digitale dynamiske systemer som Ali Rahim beskriver det, har derfor en lighed med ideen om *materialedeven formgivning* og derved med f.eks. Anne Tophøjs tilgang til at eksperimentere med flydende ler, se figur 3.4.1 i sektion 3.4. Anne Tophøj eksperimenterede med en lignende opstilling af indbyrdes afhængige kræfter, som vi så det muligt i eksemplet med RF på figur 6.1.6-6.1.12. I Anne Tophøjs opstilling er det indbyrdes afhængige forhold baseret på flydende ler med en bestemt viskositet, som bliver centrifugeret ud med en bestemt kraft over tid. Jeg vil derfor til dette formål drage en parallel mellem RF's dynamiske system med f.eks. partikler og digital simulering af en vind, - og Anne Tophøjs centrifugering af flydende ler. De er sammenlignelige dynamiske systemer. De er begge dynamiske systemer, der er baseret på, hvad jeg i sektion 3.4 kaldte *første niveau i materialedeven formgivning*, - og som danner grundlag for den dynamiske proces, der forbinder en virtuel komponent til en aktuel komponent (Kwinter, 2001). Den aktuelle komponent er, hvad jeg i sektion 3.4 kaldte *andet niveau i materialedeven formgivning*. I eksemplet på figur 6.1.6-6.1.10 repræsenterer figur 6.1.11 f.eks. et repræsentativt antal aktualiserede versioner af det dynamiske system.

På den måde er der en parallel mellem ideen om 3d *materialedeven formgivning* med fysiske materialer og brugen af det digitale medie, hvilket i dette eksempel er baseret på ideen om et digitalt dynamisk system ved hjælp af *Dynamics*. Jeg vil derfor kalde denne tilgang til 3d digital formgivning baseret på sådanne dynamiske systemer for *materialedeven 3d digital formgivning*.

Real Flow er udviklet primært til at simulere virkelighedsrelaterede fænomener, men kan bruges som et digitalt formgivningsredskab baseret på ideen om et dynamisk system som sådan. Det betyder at der ikke nødvendigvis behøver at være en reference til virkelighedsrelaterede fænomener i det dynamiske system, men at det alene kan handle om indbyrdes forhold mellem forskellige kræfter og en tidlig udvikling. Dette handler konkret om at RF i forbindelse med en formgivningsproces kan udnyttes som et digitalt virkelighedsrelateret materiale som f.eks. en væske eller som et dynamisk system, der snarere genererer abstrakt 3d form. Det er et tema som de følgende sektioner vil belyse, diskutere og vise eksempler på.

6.2 // Indledende eksperimenter med Real Flow

Real Flow giver mulighed for at eksperimentere med et dynamisk system som kan varieres ved hjælp af forskellige indstillinger af parametre og gennem opstillinger af virtuelle hændelser. Denne sektion beskriver en række indledende eksperimenter udført i Real Flow.

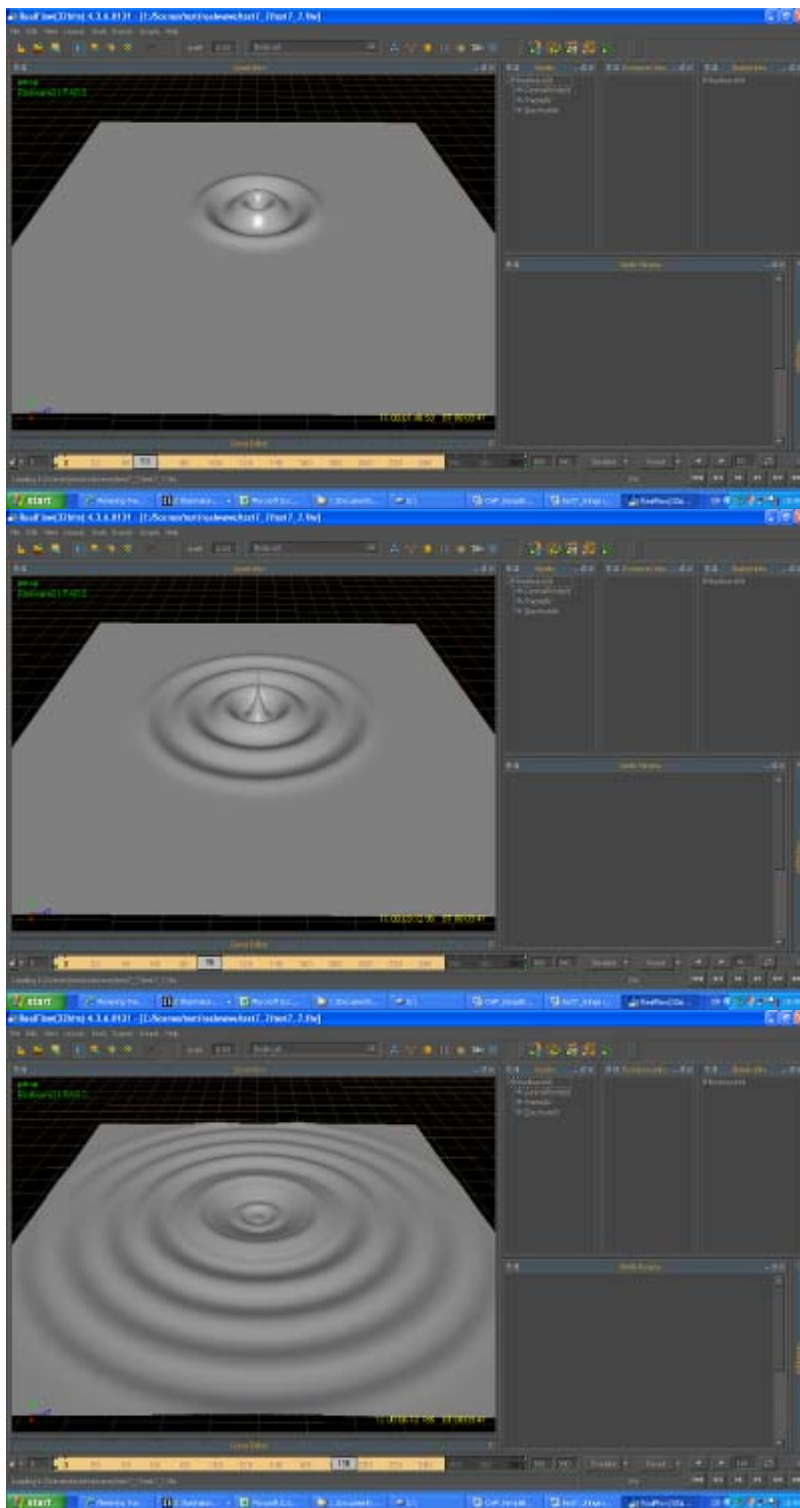
Plask, -simulering af en væskeoverflade:

Et tema, der før har haft min interesse handler om de bevægelser, der opstår på en kollideret væskeoverflade. Et eksempel på dette er de tre keramiske fade på figur 1.1.3, der tidligere blev omtalt i sektion 3.4, som et eksempel på *konstruerende formgivning*. RF's redskaber er blandt andet udviklet til at simulere væskeoverflader og det er derfor oplagt at eksperimentere med, hvad RF kan bidrage med i forhold til dette tema med udgangspunkt i ideen om *materialedreven digital formgivning*. Indledningsvist tog jeg derfor udgangspunkt i RF's redskab *Real Wave*, der er beregnet til at simulere væskeoverflader. Det var umiddelbart ikke min ide at simulere naturalistiske væskeoverflader, men snarere eksperimentere med en flade, der kan generere bølger. De følgende eksperimenter kan opdeles i, hvad jeg vil kalde en *kontrolleret bølgesimulering* og en *ukontrolleret bølgesimulering*.

Den *kontrolleret bølgesimulering* muliggør at simulere en udvikling af bølger ved at kunne animere et givent punkt lineært op og ned i et forudbestemt forløb i den simulerede væskeoverflade. Resultatet er et filmisk forløb af bølger med forskellige højder og afstande. Stillbilleder af en sådan animation kan ses på figur 6.2.2.

Kompleksiteten kan let blive større ved at lade flere centre producere bølger, hvorved der opstår interferens, se figur 6.2.4.

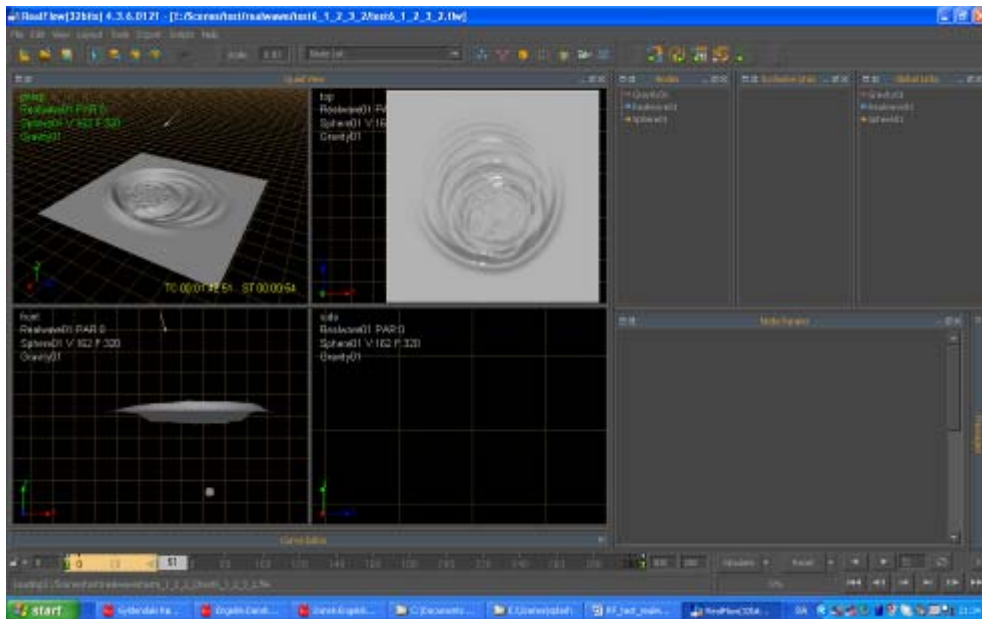
Den anden kategori, som jeg kalder *ukontrollerede bølgesimulering*, er baseret på at overfladen rammes af en geometri. Eksperimenterne på figur 6.2.5 – 6.2.8 kan have mindelser om en meteor, der rammer en væskeoverflade og derfor minde om digitale fysikforsøg.



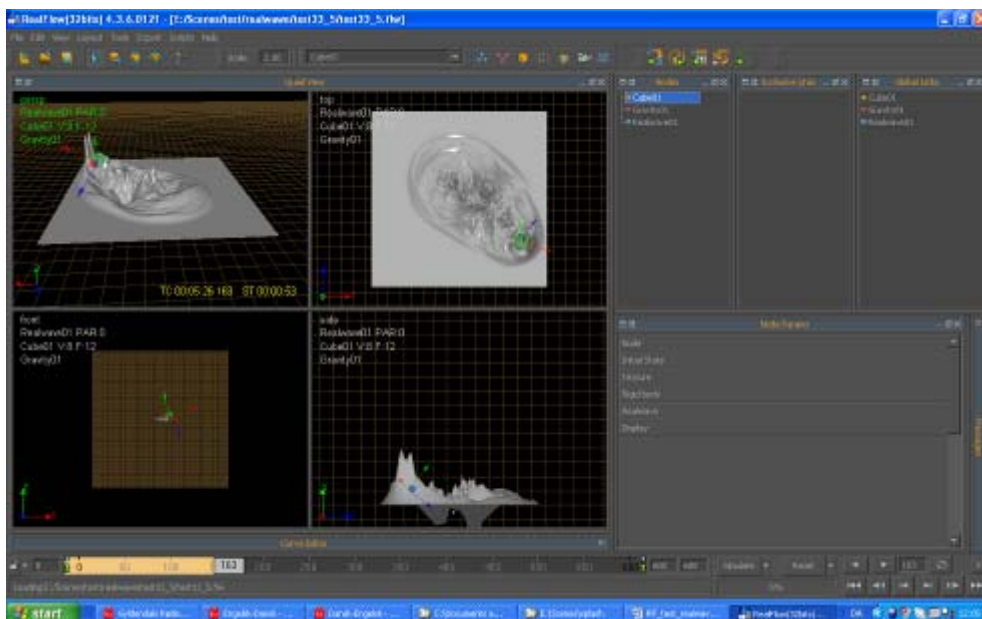
Figur 6.2.2 // Tre stadier af en flade, der genererer bølger fra et punkt, som bevæger sig lineært op og ned. Se endvidere animationen i appendikset, se figurens nummer.



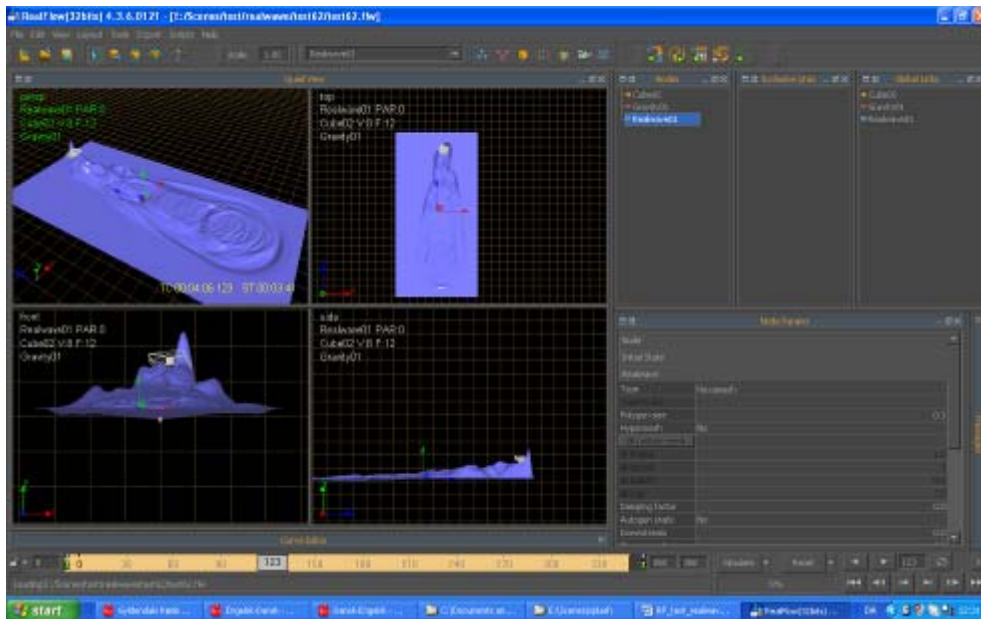
Figur 6.2.4 // Tre stadier af en flade, der genererer bølger fra tre punkter. Punkterne bevæger sig forskudt over tid lineært op og ned og genererer interferens. Se endvidere animationen i appendikset, se figurens nummer.



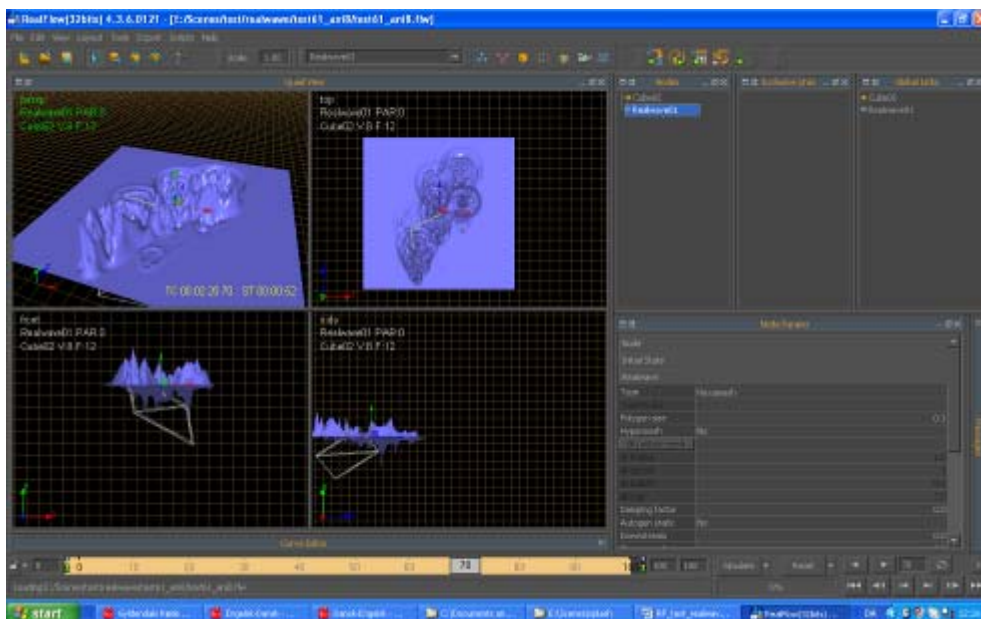
Figur 6.2.5 // En geometri har ramt en flade. Se endvidere animationen i appendikset, se figurens nummer.



Figur 6.2.6 // En geometri har ramt en flade. Fladen er ved hjælp af de justerbare parametre gjort mere responderende end på figur 6.2.5. Se endvidere animationen i appendikset, se figurens nummer.



Figur 6.2.7 // En geometri har ramt en flade fra en lavere vinkel end på figur 6.2.6, hvilket har fået geometrien til at bevæge sig over fladen, - som en smutsten over en vandoverflade. Se endvidere animationen i appendikset, se figurens nummer.



Figur 6.2.8 // En geometri har ramt en flade flere gange, ved at være animeret lodret op og ned flere gange. Se endvidere animationen i appendikset, se figurens nummer.

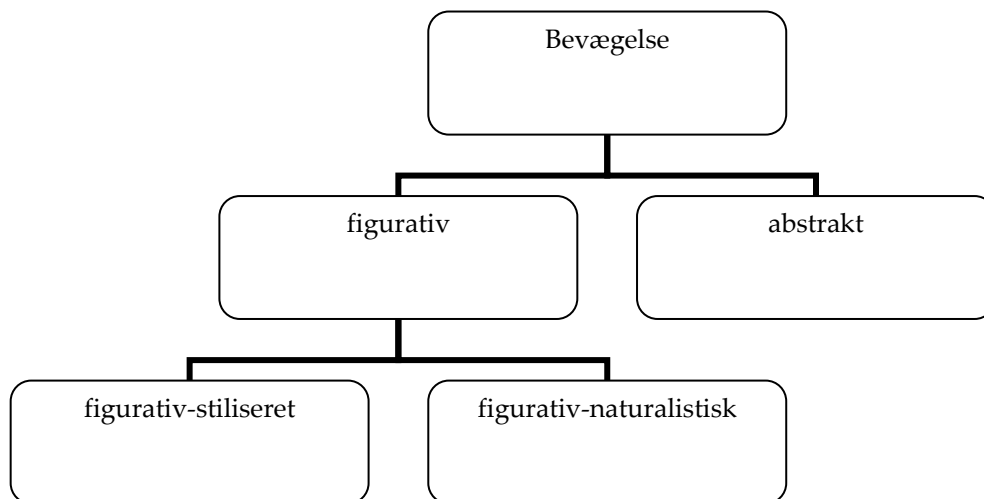
Eksemplerne på figur 6.2.2 – 6.2.8 viser samlet set en række forskellige opstillinger af dynamiske systemer i RF. Disse dynamiske systemer producerer filmiske forløb, der i denne sammenhæng kan udnyttes til at fastholde eller indfange et bestemt øjeblik i hændelsen. Figur 6.2.2 – 6.2.4 viser flere forskellige stadier i animationen, mens figur 6.2.5 – 6.2.8 alene viser udvalgte øjeblikke, hvor en kollision mellem et objekt og en flade er på sit højeste. De dynamiske systemer kan bearbejdes ved

hjælp af en række parametre, der er indbygget i Real Flow eller ved at ændre positionerne på de forskellige objekter. Ændring af parametre kan f.eks. medvirke til at ændre antallet af bølger, bølgenes højder, hældninger mm., hvilket muliggør at eksperimenterer med en høj grad af kompleksitet og dynamik i formgivningen.

For at kunne diskutere og reflektere over disse første eksperimenteres resultater med bevægelse ved hjælp af RF vil jeg benytte mig af de kategorier, som jeg introducerede i sektion 5.1. Det vil for det første sige *figurativ* og *abstrakt* og for det andet *proces* og *øjeblik*.

De første eksperimenter med *kontrolleret bølgesimulering* på figur 6.2.2-6.2.4 var baseret på at et punkt blev animeret og frembragte bølgesimulering. Det var i disse eksperimenter muligt at opnå en høj grad af kompleksitet ved at animere flere punkter og eksperimenterer med interferens. Disse eksperimenter fremstod med bølgenes regelmæssighed som en slags matematiske visualiseringer af fænomener som bølger og interferens.

Jeg kan umiddelbart kategorisere disse eksperimenter som figurative, - men det er på en måde, der snarere minder om en stilisering af bølger, end om bølger jeg har set i virkeligheden. I den virkelige verden ville jeg forvente en højere grad af uregelmæssighed og kompleksitet, og en mindre grad af regelmæssighed. Dette giver anledning til at underkategorisere *figurativ*, i kategorier som jeg vil kalde henholdsvis *figurativ-stiliseret* og *figurativ-naturalistisk*. Dette kan illustreres som på figur 6.2.9.



Figur 6.2.9 // Kategorier indenfor "bevægelse" som tematisk omdrejningspunkt.

Eksperimenterne på figur 6.2.5 – 6.2.8, som jeg kalder *ukontrolleret bølgesimulering* handler om simuleringer af væskeoverflader, der bliver kollideret af en geometri fra forskellige vinkler. Disse eksempler har en højere grad af lighed med, hvad jeg har set i virkeligheden, f.eks. en væskeoverflade. Disse eksperimenter vil jeg derfor kategorisere som *figurativ-naturalistiske*. Dette kan ses på asymmetri,

uregelmæssighed og kompleksitet, hvilket figur 6.2.5 er et eksempel på. Eksemplet på figur 6.2.7 har dog en så høj grad af genkendelighed til et virkelighedsrelateret fænomen, at det nærmest virker forenklet og kan have karakter af at være *figurativ-stiliseret*. Der kan på den måde være en flydende grænse mellem underkategorierne *figurativ-stiliseret* og *figurativ-naturalistisk*.

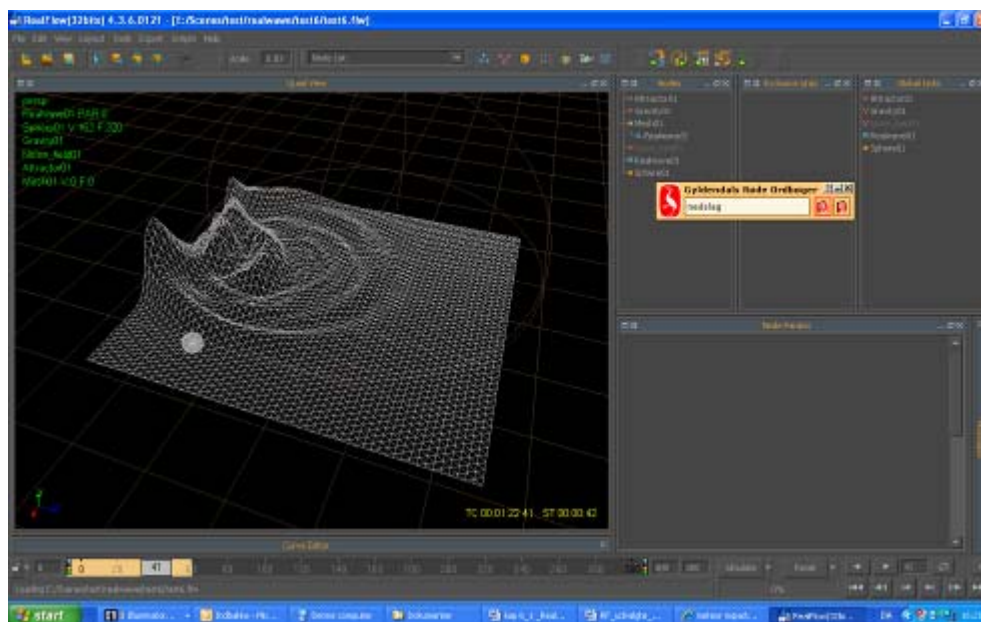
I andre eksempler, som f.eks. på figur 6.2.8, er graden af kompleksitet så høj, at man bliver i tvivl om, hvad det skal forestille og eksemplet kan derfor nærmest fremstå som *abstrakt*. Der kan på den måde ligeledes være en flydende grænse mellem kategorierne *figurativ* og *abstrakt*. En kontekst kan dog være meget afgørende. I figur 6.2.8 kan det være afgørende, hvilken farve og stoflighed formens overflade ses med. Hvis overfladen for eksempel mindede om vand i farven, ville vi måske ikke være i tvivl. En anden mulighed er, at der indgår et objekt som et skib, hvilket vil få overfladen til at give associationer til hav eller sø. Hvordan en kontekst kan udnyttes dynamisk er et tema jeg vil vende tilbage til senere i denne sektion.

En anden kategorisering, der er interessant at inddrage og som ligeledes blev introduceret i sektion 5.1 er opdelingen mellem *proces* og *øjeblik*. I ovenstående eksempler på figur 6.2.2 – 6.2.8 med bølgesimulering opstår bevægelser, der kan ses som bølger. Man kan sige, at eksemplerne ikke handler om objekter, der bevæger sig, men snarere om noget på eller af objektet, der bevæger sig og som helhed får objektet til at ændre form. Det peger på, at bevægelse i disse eksempler snarere handler om metamorfose. Der kan derfor være tale om at eksperimenterne med bevægelse på figur 6.2.2 – 6.2.8 både kan kategoriseres som *proces* og *øjeblik*. Et eksempel der kan bruges til at beskrive dette er figur 6.2.7. Overfladens materialeegenskab, som i dette tilfælde er beregnet til at simulere en væske afspejler et givent stadie i den *proces* som materialet har undergået over tid. Det kolliderende objekt har ikke afsat en række spor som direkte aftryk, men har sat gang i en *proces*, der producerer bølger. Disse bølger afspejler materialets egenskab og kan ses som spor over tid. Det er tydeligt at se kollisionens centrum, og den bevægelse den har produceret over tid i form af bølger. Dette afspejler en *proces*. Bølgerne bliver f.eks. mindre og mindre jo nærmere vi er på kollisionens centrum. Men figur 6.2.7 handler ikke alene om denne *proces*, men ligeledes om et bestemt *øjeblik* i denne *proces* og derved også om kategorien *øjeblik*. *Processen* afspejles derved i form af bølger, mens *øjeblikket* afspejles i det bestemte stadie i *processen*. Dette er interessant, da dette sammenfald af *proces* og *øjeblik* netop kendetegner, hvad jeg kalder et dynamisk system i denne sammenhæng. Et sådan *øjeblik* i en *proces* er ikke alene flygtigt, men det er ligeledes, hvad jeg vil kalde et *dynamisk øjeblik*, fordi det ikke alene beskriver det givne øjeblik, men ligeledes afspejler en metamorfose.

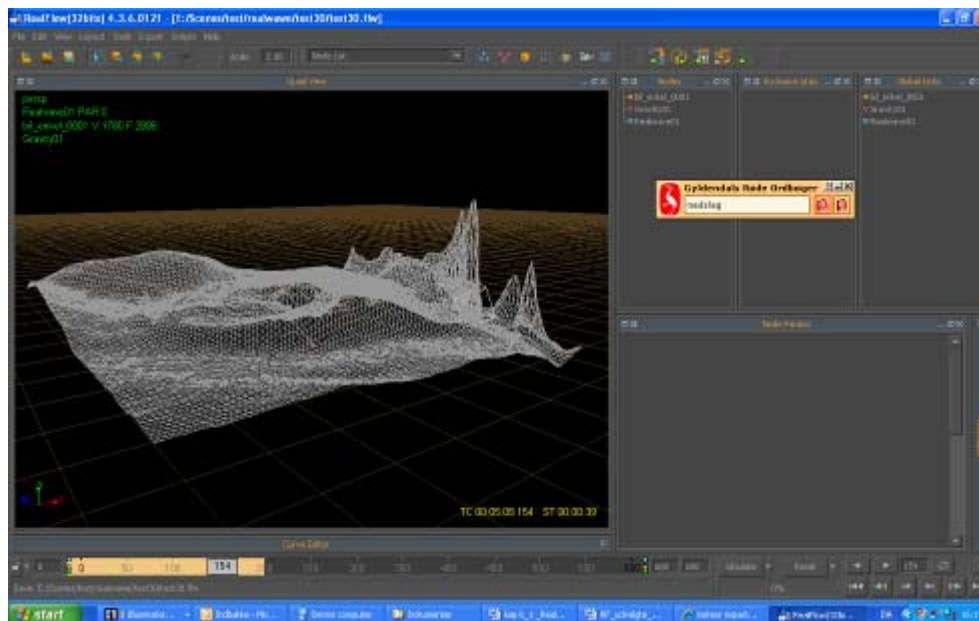
Ali Rahim (2005) beskriver en lignende *proces* ud fra termodynamikken, som en metamorfose og *proces*, der ikke kan vendes om. Ali Rahim eksemplificerer det ved hjælp af den velkendte, men uforudsigelige *proces*, der foregår, når is smelter til vand. I den *proces* undergår materialet en radikal forandring i dets grundlæggende egenskaber. Som en kontrast sammenligner Ali Rahim eksemplet med en bold, der kastes op i luften og falder ned på jorden igen. I den *proces*

undergår materialet ikke nogen forandring, men kommer forudsigeligt tilbage i den samme form som vi kastede. Der er i Ali Rahim's to eksempler en parallel at se til begreberne *materialedeven formgivning* og *konstruerende formgivning*, som ligeledes var kendetegnet ved henholdsvis en uforudsigelig og forudsigelig proces.

Det er yderligere relevant i forbindelse med de indledende eksperimenter på figur 6.2.5 – 6.2.8, at fremhæve, hvorledes bølgesimuleringen kan have betydning for, i hvilken skala vi oplever den simulerede væskeoverflade. Man kan f.eks. simulere en naturalistisk hændelse, der involverer store vandmasser, som ved et stort meteornedslag i et hav, eller man kan gengive en hændelse, som kræver mindre vandmasser som en kop kaffe, der bliver kollideret af en sukkerknald. Et eksempel på denne forskel fremgår af figur 6.2.10 og 6.1.2.11. På figur 6.1.2.11 er det muligt at opnå langt flere detaljer end på figur 6.1.2.10 på grund af, at den simulerede væskeoverflade som udgangspunkt simulerer et langt større areal og en mere responderende væskeoverflade. Det er interessant, da RF på dem måde muliggør at eksperimenterer i en skala, jeg normalt ikke har adgang til ved materialedeven formgivning med fysiske materialer, - f.eks. giver dette muligheden for at simulere et hav og naturkræfter som i et digitalt laboratorium. Det er yderligere interessant at jeg efterfølgende kan overføre en 3d fysisk model af eksperimentet ved hjælp af RP, men i en mindre skala. Dette kan f. eks. handle om et eksperiment, der handler om at simulere et meteornedslag i et hav. Hvordan dette kan udnyttes i et dynamisk samspil med traditionelle keramiske materialer og teknikker vil jeg vende tilbage til i den næste sektion.



Figur 6.2.10 // En geometri har ramt en simulering af en væskeoverflade, der til sammenligning med simuleringen på Figur 6.2.11 opleves i en langt mindre skala.

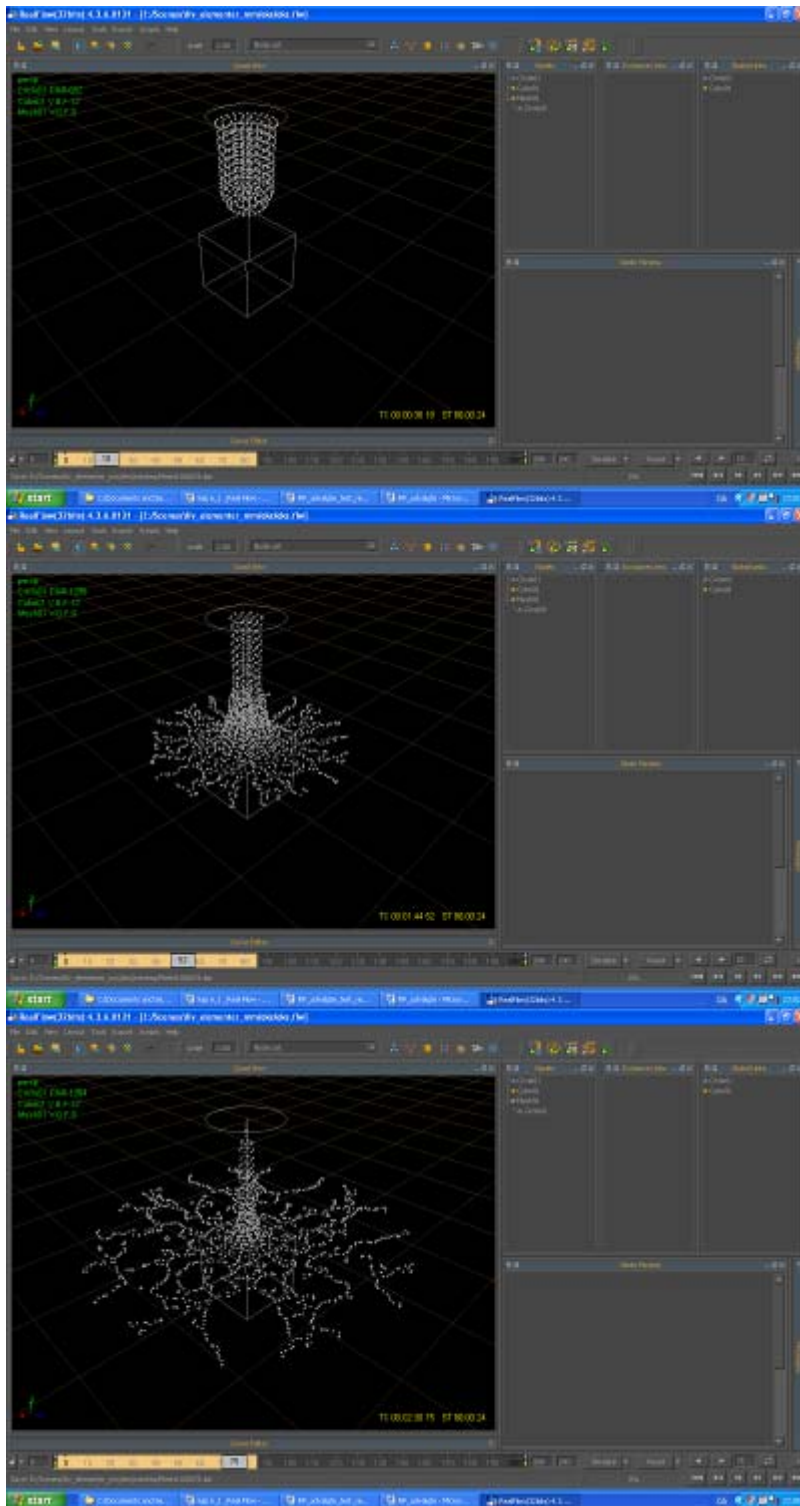


Figur 6.2.11 // En geometri har ramt en simulering af en væskeoverflade. Væskeoverfladen er her større og mere responderende end på figur 6.2.10 og opleves derfor som om, det var en hændelse i en langt større skala.

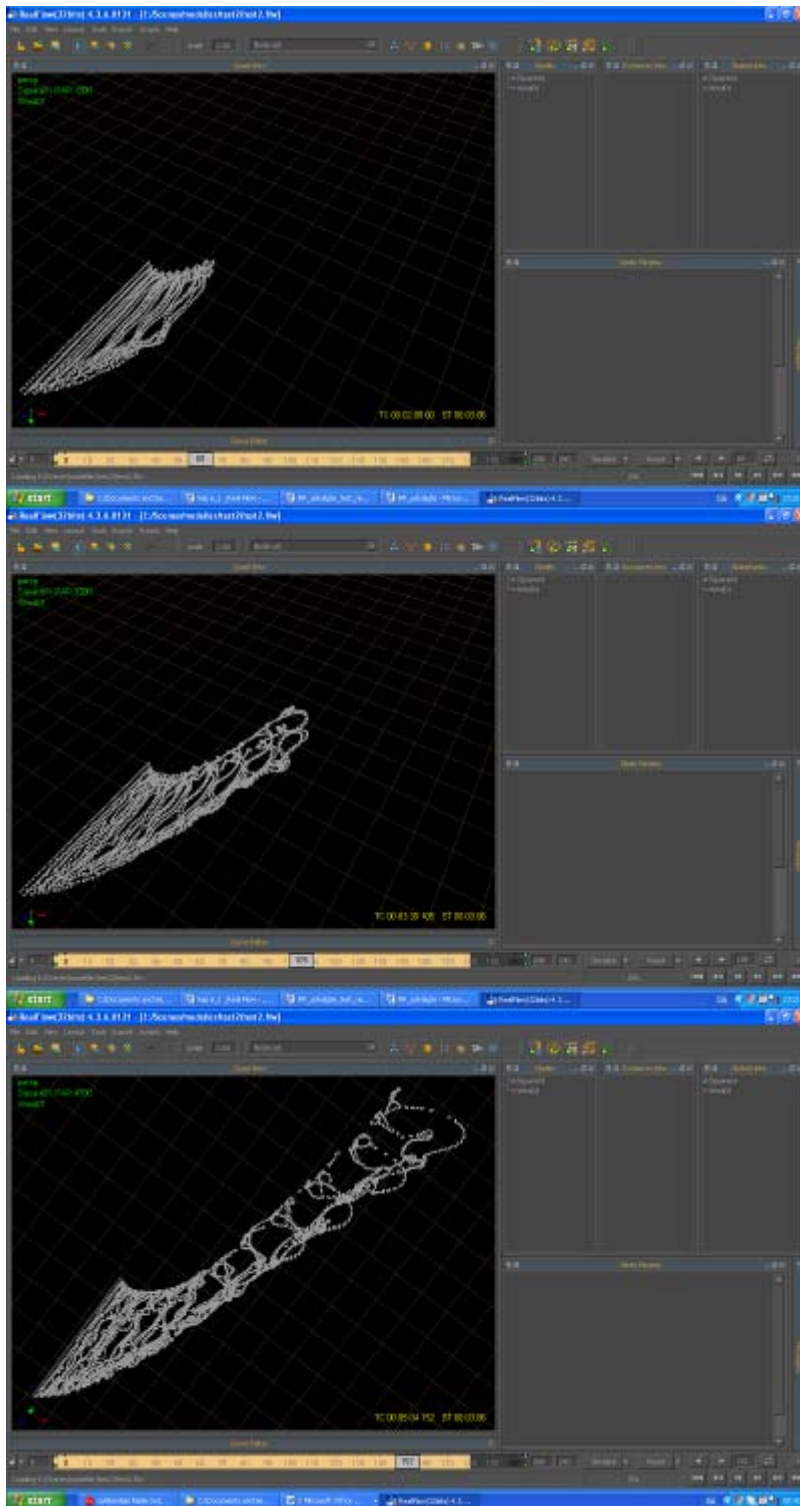
Real Flow, et dynamisk formgivningsredskab:

Et tema jeg ligeledes har afprøvet i de indledende eksperimenter handler om at generere en mønstrelignende effekt. Disse eksperimenter er interessante, da de har en lighed med Anne Tophøjs eksperimenter med at centrifugere flydende porcelæn, se figur 3.4.1 i sektion 3.4. Anne Tophøj eksperimenterede med det flydende lers egenskab til at danne et mønster på fanen af en tallerken ved hjælp af centrifugering. Det var oplagt at eksperimentere med lignende effekter ved hjælp af virtuelle væsker, der kolliderede med geometrier eller blev påvirket af digitale simuleringer af vinde eller lignende kræfter. I de følgende eksempler handler eksperimenterne derfor om partikler, der udgår fra en kilde. I RF kaldes en sådan kilde en *emitter*, hvilket kan sammenlignes med, at der kommer vand ud af en haveslange. På figur 6.2.14 udgår partiklerne fra en cirkel og kolliderer med en kubisk geometri, hvilket danner et sammenligneligt dynamisk mønster som på kanterne af Anne Tophøjs keramiske tallerkner.

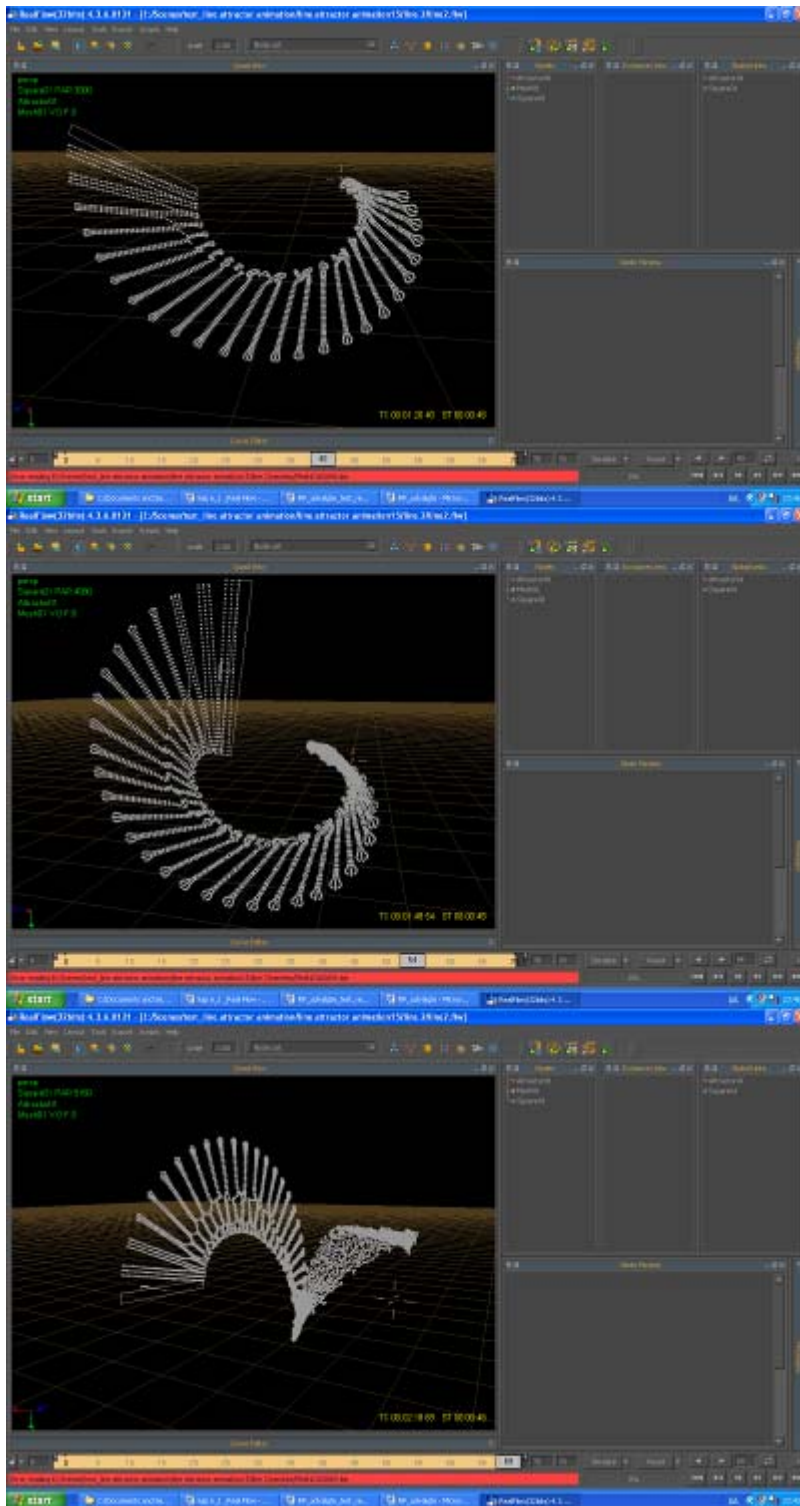
Et andet eksempel kan ses på figur 6.2.15, hvor partiklerne udgår fra et rektangulært felt og en digital simulering af vind blæser til partiklerne. Dette eksempel afviger fra det på figur 6.2.14 og eksemplet af Anne Tophøj ved hverken at forholde sig til en flade eller til tyngdekraft. På figur 6.2.15 er det alene den digitale simulering af vinden, der bidrager med en mønstereffekt.



Figur 6.2.14 // Tre stadier fra en animation, hvor en emitter producerer partikler der kolliderer med en kubisk geometri, hvilket genererer et mønster. Se endvidere animationen i appendikset, se figures nummer.



Figur 6.2.15 // Tre stadier fra en animation, hvor en emitter producerer partikler og en digital simulering af en vind bidrager med en mønstereffekt. Se endvidere animationen i appendikset, se figurens nummer.



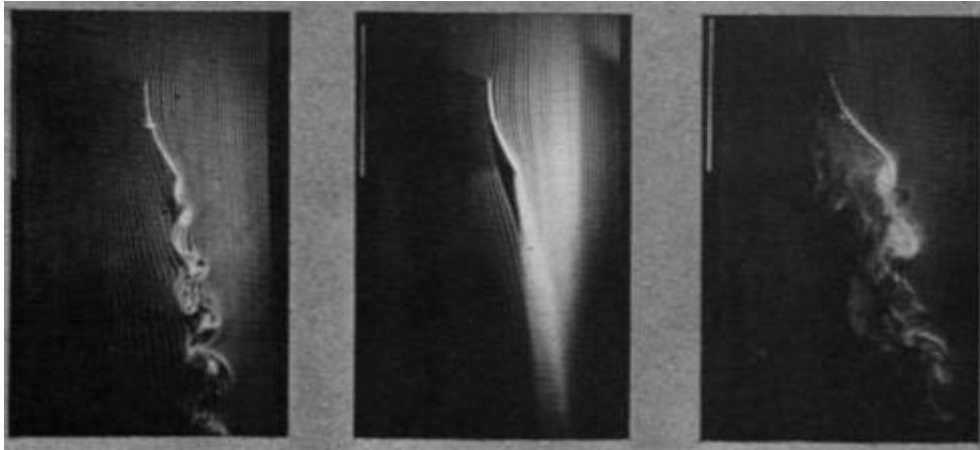
Figur 6.2.16 // Tre stadier fra en animation, hvor en emitter producerer partikler mens den bevæger sig fra en position til en anden under animationen. Se endvidere animationen i appendikset, se figurens nummer.

Et tredje eksempel kan ses på figur 6.2.16. Eksemplet viser tre stadier fra et eksperiment, hvor en *emitter* bevæger sig fra en position til en anden under animationen. Dette svarer til at vi holdt en havevandslange i hånden og bevægede den frit rundt i luften, mens vandet sprøjtede ud. Udover at emitteren bevæger sig rundt er der yderligere en virtuel kraft, der tiltrækker partiklerne.

I eksperimenterne på figur 6.2.2-6.2.8 handlede eksperimenterne i høj grad om, at der var en reference til noget virkelighedsrelateret, hvilket gjorde at eksperimenterne blev kategoriseret som *figurative*. Til sammenligning kan eksperimenterne på figur 6.2.14-6.1.16 snarere kategoriseres som *abstrakte*. Det interessante ved dette er, at det dynamiske system i denne sammenhæng bliver benyttet som et digitalt formgivningsredskab som sådan. Dette handler om at såvel partikler og ydre kræfter ikke refererer til noget naturalistisk som fysiske materialer og love, men alene kan opfattes som et dynamisk system af indbyrdes kræfter, der genererer form over tid og frit kan udnyttes kreativt som et dynamisk formgivningsredskab.

Eksperimenterne på figur 6.2.14-6.1.16 handler ligeledes om et *øjeblik* i en *proces*, og derved om metamorfose som jeg tidligere beskrev det i forbindelse med figur 6.2.7. Det handler derfor ligeledes om at indfange et dynamisk øjeblik i den bevægelse, der afspejler partiklernes egenskab, når de kolliderer eller bliver påvirket af ydre kræfter. I forhold til kategorierne *figurativ* og *abstrakt* afspejler disse eksperimenter tydeligt et dynamisk system til at generere abstrakt 3d form.

I forbindelse med figur 6.2.15 er det oplagt at sammenligne undersøgelsen med nogle fotografiske undersøgelser af Étienne-Jules Marey. Étienne-Jules Marey har i sine fotografiske undersøgelser på figur 6.2.17 undersøgt fysiske dynamiske systemer med vandpartikler, der bliver udsat for luftpåvirkninger. Disse undersøgelser er videnskabelige undersøgelser og er interessante i denne sammenhæng, da de udover at vise fascinerende dynamiske øjeblikke tydeligt relaterer sig til ideen om materialedreven formgivning. Det gør det yderligere interessant i denne sammenhæng, at undersøgelserne har en lighed med det potentiale som RF muliggør at eksperimentere med. Men modsat RF kunne man forestille sig at det må have været meget ressourcekrævende at opbygge Marey's fysiske dynamiske system og til sammenligning må det være et meget rigtigt system, hvis der skal undersøges andre opstillinger. I visse tilfælde kan man forestille sig, at det nærmest ville være fysisk umuligt. Denne sammenligning og iagttagelse er interessant, da den giver en ide om den fleksibilitet og det potentiale, der er tilgængeligt ved hjælp af det digitale medie og som kan være svært at opnå i brugen af fysiske materialer i forbindelse med materialedreven formgivning.



Figur 6.2.17 // Undersøgelser af vandpartikler, der bliver udsat for luftpåvirkning. Fotografisk undersøgelse af Étienne-Jules Marey 1901.

Brugen af RF som et digitalt formgivningsredskab til *abstrakt* form svarer til den tilgang som Ali Rahim præsenterede til workshoppen i november 2006 på Kunstakademiets arkitektskole i København. Den store forskel mellem dette forskningsprojekt og Ali Rahim's ide om RF som et dynamisk formgivningsredskab handler om, hvilket formål det benyttes til.

Ali Rahim eksperimenterer med RF som et formgivningsredskab til arkitektur, hvilket pga. skalaen og formålet kræver et andet og større produktionsredskab. Dette betyder, at der er en længere proces fra eksperiment til færdigt resultat sammenlignet med formgivning indenfor det keramiske fagområde. Derfor er den endelige udførelse normalt heller ikke udført af arkitekten selv, - og udførelsen vil typisk heller ikke inkludere en *materialedreven formgivning*, der kan påvirke det endelige formgivningsresultat. Selve udførelsen vil typisk snarere afspejle, hvad Manuel De Landa (2002) beskriver som lineære systemer (se sektion 3.2). Til sammenligning eksperimenterer jeg i dette forskningsprojekt med en langt mindre skala. Dette muliggør at eksperimenterne ligeledes kan handle om eksperimenterende brug af det keramiske materiale i et samspil med den digitale formgivning og om den betydning dette har for såvel formgivningsprocessen og det endelige formgivningsresultat. Hvilken betydning dette kan have, vil jeg beskrive i den næste sektion (6.3) i forbindelse med min belysning af forskningsspørgsmål 2's andet delmål 2b.

Dynamisk samspil mellem figur og *materialedreven formgivning*:

Jeg har tidligere i forbindelse med kategoriseringen *figurativ* og *abstrakt*, omtalt at den sammenhæng en 3d form indgår i kan være afgørende for, hvorvidt den opfattes som figurativ eller abstrakt. Det kan f.eks. være afgørende, hvilken farve en 3d form har og om vi placerer en figur som en hjort eller et skib på den. Sammenhængen kan fremkalde en association og tydeliggøre 3d formen som en genkendelig figur som f.eks. vand. Et sådan indbyrdes afhængigt forhold eksperimenterer Gitte Jungersen med i sine keramiske værker. Gitte Jungersen har i eksemplet på figur 6.2.19 sat et træ fra en modeljernbane sammen med et keramisk artefakt. Det keramiske artefakt kan i denne sammenhæng passende

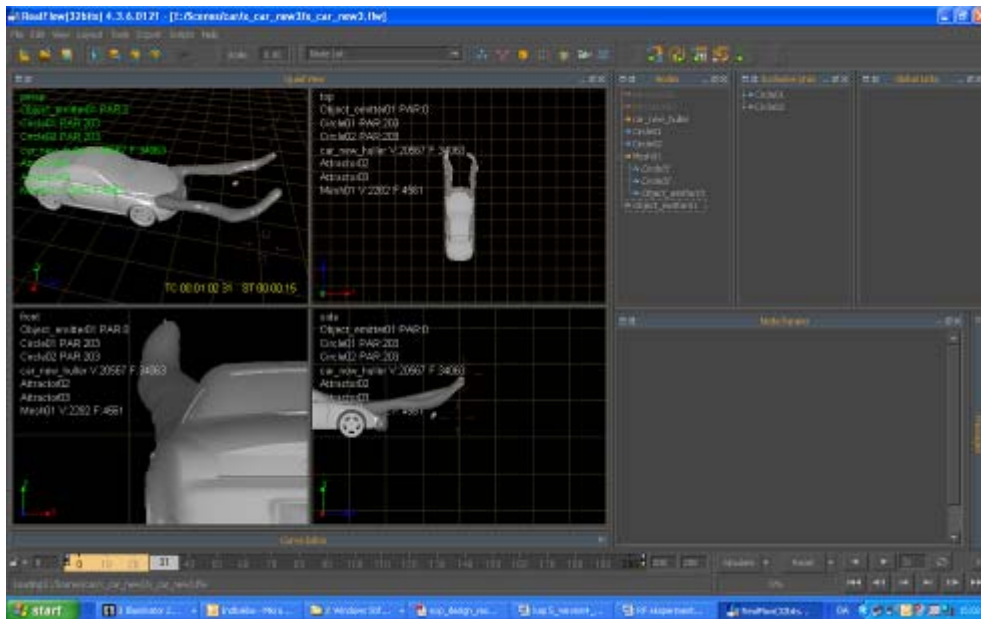
kategoriseres som *materialedeven formgivning*, da formgivningen er baseret på den kemiske transformation, som glasuren undergår i brændingen. I dette tilfælde har glasuren bevidst undergået en ekstrem transformation, hvilket er baseret på eksperimenter og forsøgsrækker, og en viden og erfaring om at få glasuren til at boble, koge og flyde på en til formålet passende måde. Dette handler om formgivning, der er baseret på ovn temperaturens potentiale til at transformere det keramiske materiale og derfor materialedeven formgivning som i eksemplerne på figur 1.1.7 og 1.1.8, der er omtalt i sektion 3.5.1. Hvis vi så Gitte Jungersens keramiske artefakt uden figuren ville den først og fremmest afspejle og fortælle om den keramiske transformation den havde undergået, - men i sammenstillingen med figuren af et træ opstår der et dynamisk indbyrdes forhold mellem artefaktet og figuren. Dette handler om, at et møde mellem to forskellige medier; et træ fra en modeljernbane og et stykke vulkansk lignende keramisk materiale umiddelbart virker uforenelige, men at figuren ved nærmere eftersyn fremkalder associationer om, at det keramiske artefakt f.eks. er et drømme- eller tegneserielandskab. Man kan sige, at figuren af et træ transformerer det keramiske artefakt til et landskab og at der på den måde opstår et dynamisk samspil. Dette betyder, at det keramiske artefakt nu ses i et andet skalaforhold som var det en figur, der ligner noget større (Gitte Jungersen, personlig samtale, 17. februar 2009). På grund af den store forskel mellem de to artefakter opstår der dog en vekslen hos os som beskuer, mellem på den ene side at opleve det keramiske materiale som det keramiske materiale det er, dvs. noget *abstrakt*, - og på den anden side at opleve det keramiske materiale som et landskab og derved som noget *figurativt*.

Dette er et dynamisk indbyrdes forhold, der er interessant i denne sammenhæng, fordi det er muligt at opnå et lignende dynamisk forhold ved hjælp af RF. Det er, som vi ved, muligt at eksperimentere med materialedeven 3d digital formgivning, men det er også muligt selv at bestemme en emitters geometri. Dette kan, som jeg vil vise, danne udgangspunkt for et sammenligneligt dynamisk forhold som vi så det i eksemplet af Gitte Jungersen på figur 6.2.19. Figur 6.2.20 og 6.2.21 viser eksempler på sådanne eksperimenter, hvor en genkendelig geometri i form af en bil har dannet udgangspunkt for et eksperiment med at agere som emitter. Denne og lignende geometrier kan downloades fra adskillige databaser på internettet, og tilgangen har på den måde en lighed med Gitte Jungersens brug af fundne figurer. I RF er det efterfølgende muligt at udvælge specifikke områder på geometrien, der skal agere som emitter. I det første eksempel på figur 6.2.20 er det området ved bilens forlygter, der har dannet et sådan udgangspunkt. Partiklerne og deres geometri danner på den måde lange gevækster som kan have mindelser om følehorn fra snegle eller lignende. Vi vil derfor som beskuer pendle mellem at opleve bilen som den bil den er, og som et levende væsen.

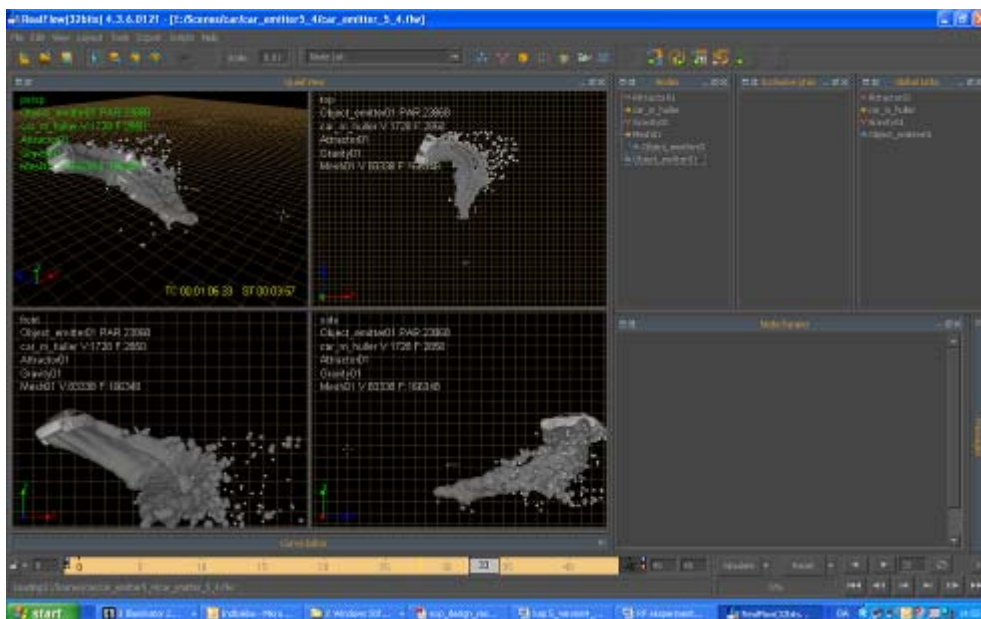
Et andet eksempel kan ses på figur 6.2.21, hvor partiklerne udgår fra bunden af bilen. Bilen bevæger sig i dette eksempel fra en position til en anden, mens partiklerne vokser frem som var det et organ fra et dyr eller lignende, der voksede frem. Vi vil ligeledes i dette eksempel veksle mellem på den ene side at opfatte de to artefakter som en helhed, og på den anden side opfatte dem som uforenelige, - men det er netop det, der gør sammenstillingen interessant og dynamisk.



Figur 6.2.19 // Keramisk artefakt med et træ fra en modeljernbane. Gitte Jungersen 2009. Foto. Dorte Krogh.



Figur 6.2.20 // Bilens forlygter agerer emitter, hvilket giver den mindelser om at være et levende væsen med følehorn. Se endvidere animationen i appendikset, se figurens nummer.



Figur 6.2.21 // Bilens bund agerer emitter, hvilket giver den mindelser om, at bilen f.eks. sidder på et større organ fra et dyr eller lignende. Se endvidere animationen i appendikset, se figurens nummer.

6.2.1 // Delkonklusion

I denne sektionens eksperimenter har jeg ved hjælp af RF afprøvet en række muligheder for at opstille et dynamisk system ud fra ideen om *materiale dreven formgivning*. Disse eksperimenter har vist et potentiale for at udnytte det dynamiske system på en måde, der for det første bidrager til formgivningsprocessen med uforudsigelige resultater gennem en uvis og

dynamisk proces. For det andet har eksperimenterne vist, at det er muligt med det dynamiske system at fastfryse øjeblikke i en bevægelse. Denne bevægelse har i denne sammenhæng snarere handlet om metamorfose end om et objekts bevægelse fra en position til et anden. De dynamiske øjeblikke har for det første handlet om figurative fænomener, som både kunne være meget naturalistiske eller fremstå som stiliseringer af f.eks. ringe på en væskeoverflade. Sådanne simuleringer af naturalistiske fænomener har været mulige at eksperimentere med i en skala og kompleksitet, der ikke umiddelbart lader sig gøre med et fysisk dynamisk system. For det andet har de dynamiske systemer i RF vist sig egnede til at generere abstrakte mønstre, der ikke nødvendigvis har ligheder med fysiske materialer. Disse dynamiske systemer har snarere været baseret på RF's potentiale for at opstille et dynamisk system som sådan. Dette handler om at såvel partikler som ydre kræfter ikke refererer til noget naturalistisk som fysiske materialer og love, men alene kan opfattes som et dynamisk system af indbyrdes kræfter, der genererer form over tid, og frit kan udnyttes kreativt som et dynamisk formgivningsredskab.

De indledende eksperimenter i RF har hovedsageligt fokuseret på materialedreven 3d digital formgivning. Da forskningsprojektet handler om formgivning af keramiske artefakter har dette rejst et spørgsmål (S3, se figur 6) om, hvordan den digitalt producerede model kan indgå i et dynamisk samspil med det keramiske materiale. Eksperimenterne på figur 6.2.20 og figur 6.2.21 viste et interessant potentiale i sammenstillingen med andre temaer. Det er ideen om et sådan dynamisk indbyrdes forhold som Gitte Jungersen værk på figur 6.2.19 også repræsenterede, der har ansporet den næste sektion's undersøgelse og diskussion. Sektion 6.3 handler derfor om forskningsspørgsmål 2 med fokus på delmål 2b, der handler om at eksperimentere med et dynamisk samspil mellem den digitale formgivning og det keramiske materiale for at opnå en kompleksitet i et 3d keramisk artefakt. I forhold til ideen om *forgrenende eksperimenter* indledte dette spørgsmål ikke et nyt spor af eksperimenter, men målrettede de indledende eksperimenter E1 (se figur 6.1) med Real Flow.

RF viste sig brugbart som udgangspunkt for at afprøve ideen om *materialedreven 3d digital formgivning*. Det er dog ikke muligt at interagere i selve formgivningsøjeblikket i RF. Det dynamiske system er baseret på en opstilling og en række parametre, der kan indstilles, hvorefter eksperimentet kan udføres. Denne formgivningsproces kan sammenlignes med eksemplerne på figur 1.1.7 og 1.1.8, der er omtalt i sektion 3.5.1, hvor det keramiske materiale delvist er "smeltet" pga. en for høj brændingstemperatur. Den materialedrevne formgivning er i eksemplerne opnået alene gennem selve brændingen af det keramiske materiale uden mulighed for at interagere i selve formgivningsøjeblikket. Det er ligeledes heller ikke muligt at interagere i selve formgivningsøjeblikket i RF, hvilket gør at brugen af RF i forhold til ideen om *materialedreven formgivning* kan kategoriseres som *autonom materialedreven formgivning*. Dette virker umiddelbart begrænsende i forhold til at udnytte ideen om et dynamisk systems potentiale fuldt ud, da det ikke er muligt at interagere i en impulsiv, legende, undersøgende og eksperimenterende dialog med det dynamiske system. Denne manglende mulighed for at interagere i selve formgivningsøjeblikket har rejst spørgsmålet S1

(se figur 6.1) om, hvorvidt det er muligt at opnå en højere grad af interaktion med et digitalt dynamisk system, dvs. gennem en *interaktiv materialedreven formgivning* (se sektion 3.5.2). Dette spørgsmål indledte sporet med eksperimenterne: Dynamisk interaktivt formgivningsredskab (E2, se figur 6), der bliver beskrevet i kapitel 7.

S1	Er det muligt at opnå en højere grad af interaktivitet med et digitalt dynamisk system i formgivningsøjeblikket? Dette spørgsmål indledte sporet med eksperimenterne: Et dynamisk interaktivt formgivningsredskab (E2), se kapitel 7
S3	Hvordan kan den 3d digitale formgivning og det keramiske materiale indgå i et dynamisk samspil og bidrage med en kompleksitet i det keramiske artefakt? Dette spørgsmål indledte ikke et nyt spor af eksperimenter, men målrettede det indledende eksperiment (E1), se kapitel 6.

Tabel 6.2.1 // Sektionen har givet anledning til følgende spørgsmål.

6.3 // Plask, - et møde mellem digital og keramisk form

Denne afhandling handler overordnet om at understøtte formgivningsprocessen af 3d keramiske artefakter ved hjælp af det digitale medie. Det betyder, at forskningsprojektet for det første handler om *materialedreven 3d digital formgivning* og for det andet om overførelsen af den 3d digitale form til det keramiske materiale. I artiklen "Experimental Use of Digital Media within the Field of Ceramics" ⁶(Hansen, 2009c) diskuterer jeg, hvad en sådan 3d digital formgivning kan bidrage med i sig selv og i et dynamisk samspil med det keramiske materiale. Denne sektion handler om denne problemstilling, hvilket afspejler forskningsspørgsmål 2 med fokus på delmål 2b (se sektion 1.2).

I denne sektionens eksperiment handler dette dynamiske samspil om, hvordan et artefakt produceret ved hjælp af Rapid Prototyping⁷ (RP) kan indgå i et samspil med de klassiske keramiske materialer og teknikker for at opnå en kompleksitet i det keramiske artefakt. Det vil sige, at der først bliver produceret et artefakt ved hjælp af en RP teknik, som efterfølgende bliver overført til det keramiske materiale. I denne sektionens eksperiment benytter jeg en RP teknik baseret på en 3d printer fra Dimension, der bygger den 3d digitale geometri fysisk op, lag for lag i ABS plastic i en tykkelse på 0.254 mm. Denne teknik producerer et til formålet brugbart produkt. Det RP producerede artefakt bliver efterfølgende overført til det

⁶ Artiklen "Experimental Use of Digital Media within the Field of Ceramics" blev præsenteret på konferencen Design Connexity - 8th International Conference of the European Academy of Design, 1 - 3 April 2009, Aberdeen, Scotland og er vedlagt i den engelske udgave af ph.d. afhandlingen.

⁷ om Rapid Prototyping teknikken, se yderligere sektion 4.3 og 4.4.

keramiske materiale ved hjælp af en keramisk teknik⁸, der udføres ved hjælp af et gipsaftryk og støbe-ler.

I en 3d digital formgivningsproces kan den digitale formgivning ses som en repræsentation af det endelige formgivningsresultat, som efterfølgende blot skal overføres til et fysisk materiale, f.eks. porcelæn. Men den digitale formgivning kan også ses som et skridt på vejen eller et del-element. Et eksempel kan være en keramisk produceret tekop, hvor hanken er formgivet ved hjælp af 3d digital formgivning og korpus er formgivet ved hjælp af en traditionel drejetechnik med ler. Denne ide kan, hvis den bliver udnyttet, handle om et dynamisk samspil mellem 3d digital formgivning og formgivning ved hjælp af klassiske keramiske teknikker og materialer. Et konkret eksempel på dette er Martin Kaldahl's værk *Starshot Implosion 1, 2009*, der er et sammensat keramisk artefakt af en digital formgivning (en profil af en stjernes overgang til en kugleagtig form) og en keramisk afstøbning af en grenstump, se figur 6.3.0. Den digitale formgivning afspejler her det digitale medies potentiale til at generere en perfekt matematisk kompleksitet, mens den keramiske teknik viser sit potentiale til at tage et nøjagtigt aftryk og forene de to forskellige udtryk i et legende samspil i et og samme materiale. Det er et sådan samspil som jeg i denne sektion vil uddybe og diskutere med fokus på ideen om materialedreven 3d digital formgivning.

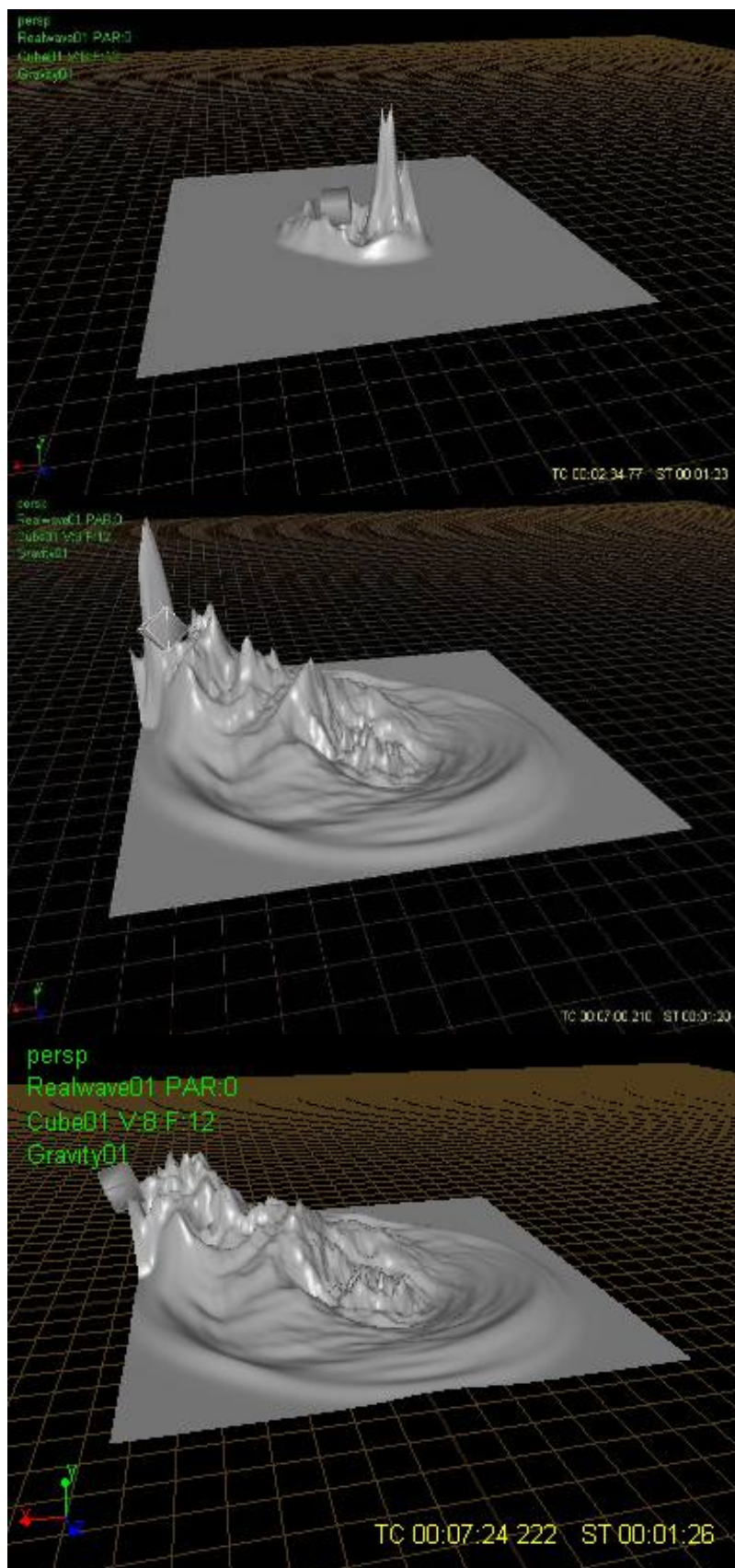
Udgangspunktet for denne sektionens eksperiment er eksemplet på figur 6.2.6 fra sektion 6.2, der simulerer en kollision af en væskeoverflade. Figur 6.2.6 afspejler kollisionens klimaks i animationen. En række snapshots fra animationen kan ses på figur 6.3.1. Simuleringen er et eksempel på, hvad jeg kaldte *figurativ-naturalistisk*, se sektion 6.2. Der er altså en høj grad af genkendelighed af et virkelighedsrelateret fænomen.

⁸ Denne keramiske teknik går ud på, at der bliver taget et gipsaftryk af et artefakt, der kan danne grundlag for en reproduktion i ler. Gips har den kvalitet, at når det som pulvermateriale blandes med vand går fra at være et flydende materiale til at være et fast materiale pga. en krystalliseringsproces. Dette gør gips velegnet til at tage et nøjagtigt aftryk af et artefakt, der efterfølgende kan udnyttes som et reproduktionsredskab til keramisk form ved hjælp af flydende ler. Det flydende ler bliver hældt i eller over en gipsform, hvorefter gipsen suger vandet ud af leret. Leret danner derved en hård skal, der typisk opnår at blive 2-5 mm tyk, alt afhængig af lerets sammensætning. Det overskydende stadig flydende ler fjernes efterfølgende. Denne støbeteknik anvendes sædvanligvis ved industriel produktion af keramik.



Figur 6.3.0 // Martin Kaldahl's værk *Starshot Implosion 1*, 2009 viser et dynamisk samspil mellem en digital og keramisk teknik i et keramisk artefakt. Foto: Ole Akhøj

Et udvalgt stadie har dannet basis for en RP produceret model, se figur 6.3.2, og den RP producerede model har efterfølgende muliggjort det gipsaftryk, der kan ses øverst på figur 6.3.3. Dette gipsaftryk danner i eksperimentet grundlag for at afprøve den 3d digitale formgivning i et dynamisk samspil med en *interaktiv materialedreven formgivning*, der her er baseret på flydende porcelæn. I dette tilfælde handler det om en interaktiv materialedreven formgivning, da jeg som formgiver har mulighed for at interagere med den flydende støbemasse i formgivningsøjeblikket. Den flydende porcelænsmasse bliver hældt fra en kande, og jeg har derfor indflydelse på, hvordan porcelænsmassen plasker og flyder under formgivningsøjeblikket. Figur 6.3.3 viser en række snapshot fra denne proces. I dette eksperiment handler det netop om, hvordan støbemassen flyder ud over gipsformen, hvilket er interessant i et samspil med den digitale formgivning.



Figur 6.3.1 // En række snapshot fra animationen på figur 6.2.6, der har dannet udgangspunkt for denne sektionens eksperiment.



Figur 6.3.2 // Det udvalgte stadie på figur 6.2.6 har dannet basis for en RP producerede model

Det færdigt brændte resultat kan ses på figur 6.3.4. Artefaktets materiale er porcelæn, som er brændt til 1260 grader Celsius. Porcelæn kan betegnes som det reneste af lers grundsubstans. Artefaktets størrelse er 40x30x12(h) cm. Jeg har kaldt artefaktet *Plask*, da det netop består af plask, endda to, henholdsvis et digitalt simulerede plask og et analogt. De to forskellige tilgange og brug af medier er derved integreret i et og samme artefakt gennem en kemisk transformation og i et uforgængeligt og raffineret materiale.

Artefaktet kan beskrives ved, at det har en markant, organisk voksende og detaljeret formation i midten, og at det er afsluttet med en blød kurvet kant, der er bestemt af det flydende materiale, det er produceret af. Måden porcelænet har flydt og dannet konturen på er unik, og afspejler den måde jeg har hældt porcelænet, og hvad der konkret skete i virkeligheden. Det flydende porcelæn har plasket voldsomt i dets møde med gipsens hårde overflade og er derefter langsomt faldet til ro i en form med bløde kurver. Som en kontrast er den irregulære formation opstået på baggrund af en digital simulering af en væskeoverflade, der rammes af et objekt. Denne hændelse er fastfrosset i et bestemt øjeblik, hvor resultatet af kollisionen har opnået et klimaks. Formationen er ikke stiliseret, men er produceret med en intention om at være en naturalistisk repræsentation af en hændelse, - men en, der aldrig skete i virkeligheden. Detaljerne på figur 6.3.5 og 6.3.6 viser de karakteristiske forskelle på de to tilgange og medier.



Figur 6.3.3 // Den RP producerede model på figur 6.3.2 har dannet basis for et gipsaftryk. Den flydende porcelænsmasse bliver hældt fra en kande, hvilket har betydning for, hvordan porcelænsmassen plasker og flyder under formgivningsøjeblikket.



Figur 6.3.4 // Resultatet af samspillet mellem den digitale formgivning og det keramiske materiale i artefaktet *Plask*. Porcelæn, dia. 45 cm. 2007. Foto: Dorte Krogh

Det der er interessant er, hvilken forskel det gør, om hændelserne skete i virkeligheden eller er en simulering, - og hvad en sådan sammenstilling kan bidrage med af kompleksitet.

Detaljen på figur 6.3.5 viser, hvordan leret er flydt ud over formen og har lagt sig i rolige bløde kurver ved hjælp af tyngdekraften, - mens detaljen på figur 6.3.6 stritter spidst i en dramatisk vækstagtig form. Dette samspil mellem brugen af to medier producerer i dette tilfælde nogle dynamiske konflikter, som jeg henholdsvis kalder *skalakonflikt* og *materialekonflikt* (Hansen, 2009c). Det er dynamiske konflikter, der minder om det dynamiske indbyrdes forhold mellem to medier i et artefakt, som jeg ligeledes diskuterede i sektion 6.2 i forbindelse med Gitte Jungersens værk på figur 6.2.19 og figurene 6.2.20 og 6.2.21. Denne sektion eksperiment adskiller sig dog fra disse eksempler ved ikke at benytte en genkendelig figur som f.eks. en bil eller et træ i et samspil med materialedreven formgivning. I stedet handler *Plask* om et dynamisk samspil mellem to eksempler på materialedreven formgivning, som jeg vil beskrive og diskutere mere detaljeret.



Figur 6.3.5 // Detaljen viser, hvordan leret er flydt ud over formen og har lagt sig i rolige bløde kurver.



Figur 6.3.6 // Detaljen fra den digitale formgivning stritter spidst i en dramatisk vækstagtig form.

Hvis vi henholdsvis reflekterer over artefaktets kontur og formationen opleves udtrykkene fundamentalt forskellige. Artefaktets kontur refererer til sig selv og sin egen tilblivelse. Den ligner, hvad den er, og det har aldrig været meningen, at den skulle være andet end flydende porcelæn, der er stivnet i sin bevægelse. Som en kontrast forestiller formationen et fænomen om vand. Den er naturalistisk, men fiktiv, og har aldrig været en flydende væske og adskiller sig derfor i sin tilblivelse

fra en virkelig hændelse på samme måde som en figur af f.eks. et træ eller en bil gør det.

De to udtryk adskiller og integrerer sig i et og samme artefakt, hvilket bidrager med en flertydig og dynamisk konflikt. Fordi formationen er en integreret del af artefaktet kan den ved første øjekast blive fortolket som et plask, der er blevet til som en del af artefaktets tilblivelsesproces, - samtidig med at den bløde kurvede kant blev til; f.eks. ved, at der er blevet kastet et objekt ned i den flydende porcelænsmasse. Ved nærmere eftersyn er det dog tydeligt, at formationen i denne sammenhæng afspejler et plask i en anden skala, - som f.eks. et meteornedslag i et stort hav. Dette er understreget ved, at den organiske kompleksitet i formationen er gengivet med en fotografisk nøjagtighed. Dette bidrager med, hvad jeg kalder en *skalakonflikt*. En skalakonflikt er generelt let at opnå f.eks. ved en sammenstilling af legetøjsbiler i forskellige skala. Det der gør det interessant i denne sammenhæng er, at formationen imiterer et materiale som sådan. Dette gør sammenstillingen mere kompleks og dynamisk, da imitationen gør skalakonflikten sværere at gennemskue.

Et andet vigtigt aspekt er at formationen afspejler et fastfrosset øjeblik. Dette giver mindelser om fotografiets mulighed for at indfange et øjeblik. Dette peger på, at formationen ikke blev til som en del af artefaktets tilblivelsesproces. Det flydende porcelæn, som artefaktet er produceret i, ville ikke stivne så hurtigt i et dramatisk øjeblik, men vil falde langsomt til ro, som vi kan se det på den kurvede kant. En sådan forskellig egenskab afspejlet i et og samme artefakt bidrager med, hvad jeg kalder en *materialekonflikt*. I dette eksperiment handler det om en konflikt mellem den digitale simulering af et materiale og det keramiske materiale.

Sådanne konflikter er interessante, da de ikke tydeligt afslører, at der er noget galt, men blot giver en fornemmelse af at noget er fiktion og noget er, hvad vi kan kalde virkeligt. På den ene side har vi det fysiske materiales egenskab, der bidrager med håndgribelighed, sanselighed og en oplevelse af noget autentisk. På den anden side har vi en dramatisk, naturalistisk, men fiktiv og dynamisk fortælling om fænomenet "væske". I sammenstillingen i det ene og samme artefakt bidrager det med flydende grænser. Det fiktive og meget dynamiske udtryk bliver håndgribeligt og troværdigt, når det bliver benyttet i et samspil med de fysiske materialer og teknikker, - og resultatet af det keramiske fysiske materiales plasken kan blive fortolket som en del af den fiktive fortælling og blive noget andet end blot materiale som sådan. Når vi betragter artefaktet vil vi pendle mellem fiktion og virkelighed, og mellem repræsentation og materiale som sådan. Dette er interessant og afspejler en kompleksitet og synergi i mødet mellem det digitale medie og det keramiske materiale, hvilket afspejler den kompleksitet som forskningsspørgsmål 2 og delmål 2b ligeledes handler om.

Flere af de indledende eksperimenter, der er omtalt i sektion 6.2 har ligeledes dannet grundlag for lignende undersøgelser. I disse undersøgelser er det graden af og behovet for genkendelighed, der er blevet afprøvet i forhold til at opnå et dynamisk samspil mellem den digitale formgivning og det keramiske materiale. Et eksempel er artefaktet på figur 6.3.7. Her har den *kontrollerede bølgesimulering*, der blev introduceret på figur 6.2.4 dannet udgangspunktet. I artefaktet fremstår

grænserne mellem den digitale formgivning og leret ikke så flydende som i artefaktet på figur 6.3.4. Den *kontrollerede bølgesimulering* kommer som tidligere nævnt til at fremstå som en stilisering af bølger, hvorfor eksemplet blev kategoriseret som *figurativ-stiliseret*. Der er nemlig noget mekanisk ved bølgerne, og vi er ikke i tvivl om, at det ikke er det flydende ler, der har bidraget til formgivningen af bølgerne. Den *kontrollerede bølgesimulering* kommer derfor snarere til at virke som en kontrast til artefaktets kurvede kant, end at producere en flydende grænse mellem fiktion og virkelighed.



Figur 6.3.7 // Den *kontrollerede bølgesimulering* virker som en kontrast til artefaktets kurvede kant.

Et andet eksempel er artefaktet på figur 6.3.8. Figur 6.2.8 i sektion 6.2 har i dette tilfælde dannet grundlag for den digitalt RP producerede model. Den digitale formgivning er meget kompleks og genkendeligheden til et virkelighedsfænomen er derved ikke særlig tydelig. Dette bidrager med en tvivl om, hvorvidt den digitale formgivning afspejler en væskeoverflade, et bjerglandskab eller blot nogle underlige forstyrrelser, se figur 6.3.8b af detaljen. På grund af denne tvivl bidrager dette derfor heller ikke i samme grad med en flydende grænse mellem fiktion og virkelighed. Denne kompleksitet kan man ligeledes sige var en tendens i artefaktet på figur 6.3.4, men det var ikke så udtalt. Artefaktet på figur 6.3.9 er baseret på den digitale formgivning på figur 6.2.7. I dette eksempel er der til gengæld en klar genkendelighed i den digitale formgivning til en naturalistisk væskeoverflade. Dette bidrager yderligere til en tydelig forskel i skalaforholdet mellem den digitale formgivning og formgivningen med leret. Man kan måske blive i tvivl om, hvorvidt denne forskel bliver for tydelig enten på grund af den høje grad af forskel i skalaforholdet eller på grund af den høje grad af genkendelighed. Ideen kan derfor blive for tydelig og dynamikken forsvinde som i tilfældet med artefaktet på figur 6.3.7. For at opnå den flydende grænse mellem fiktion og virkelighed handler det derfor om, at den digitale formgivning for det første har den rette grad af

genkendelighed og for det andet har den rette skala i forhold det flydende lers udformning. Målet er at vi som beskuer veksler mellem på den ene side at se artefaktet alene som det materiale, det er fremstillet af, - og på den anden side at blive i tvivl og se artefaktets digitale formgivning adskille sig og fremstå som en figur, der skildrer hvordan noget flydende plasker.



Figur 6.3.8a // Den digitale formgivning er meget kompleks og bidrager ikke med en særlig høj grad af dynamisk samspil med artefaktets kurvede kant.



Figur 6.3.8b // Detalje fra figur 6.3.8a.



Figur 6.3.9 // Den høje grad af genkendelighed til en naturalistisk væskeoverflade i den digitale formgivning kan bidrage med at det dynamiske samspil med artefaktets kurvede kant mindskes.

6.3.1 // *Delkonklusion*

Eksperimenterne i sektion 6.3 har handlet om, hvordan den digitale formgivning og det keramiske materiale kan indgå i et dynamisk samspil. Målet har været at eksperimentere med en flydende grænse mellem fiktion og virkelighed og en undren over, hvad der er virkeligt eller simuleret.

Konkret handler dette om at opnå et samspil, der stiller beskueren i tvivl om, hvorvidt den digitalt RP producerede model opleves, som en selvstændig figur, der er tilføjet det keramiske artefakt, - eller den opleves som et resultat af tilblivelsesprocessen. Dette samspil kan producere, hvad jeg har kaldt skalakonflikter og materialekonflikter indenfor materialedreven formgivning. Disse konflikter afspejler en kompleksitet og nogle dynamiske forhold, det er muligt at opnå i samspillet mellem brugen af det digitale medie og det keramiske materiale. Det er netop sådanne forhold som dette forskningsprojekt ønsker at beskrive, diskutere og opnå gennem eksperimenter. Dette handler i denne sektionens eksperiment om på den ene side, at det fysiske keramiske materiale kan bidrage med håndgribelighed, troværdighed og en oplevelse af noget autentisk, og på den anden side, at det digitale medie kan bidrage med et naturalistisk, men fiktivt og meget dynamisk udtryk, - og at der i samspillet opnås en dynamisk fortættet helhed. Det er en sådan kompleksitet jeg vil forfølge i de efterfølgende eksperimenter.

Eksperimentet i sektion 4.3 har rejst to spørgsmål, der giver mulighed for at forfølge denne problemstilling og kompleksitet gennem nogle eksperimenter af overvejende teknisk karakter.

For det første indebærer overførelsen af en RP produceret model til det keramiske materiale ved hjælp af et gipsaftryk og flydende porcelæn, en teknisk begrænsning i, hvor komplicerede et formudtryk, det er muligt at overføre. Begrænsningen består i, at det skal være muligt at afmontere et gipsaftryk fra en model. Det svarer til at vi, når vi bager en kage i en kageform, efterfølgende skal kunne tage kagen hel ud af formen. Problemstillingen er åbenlys i en form som f.eks. på figur 6.2.15, hvor det er umuligt at producere et gipsaftryk, der efterfølgende kan afmonteres. Denne problemstilling initierede spørgsmålet (S2, se figur 6.1): Den keramiske teknik med gips og støbe-ler begrænser, hvor komplicerede en RP producerede model, det er muligt at overføre til det keramiske materiale. Kan denne overførelsesteknik forbedres? Spørgsmålet indledte det parallelle spor af eksperimenter "Fra digital form til keramisk form" E3, som vil blive diskuteret i kapitel 9. Problemet var ikke relevant i forhold til sektion 6.3's eksperimenter, da disse tager udgangspunkt i RF's redskab *RealWave*. Tilfældet er, at dette redskab kun bidrager med en digital form, der kan indgå i keramiske teknikker uden problemer.

Det andet spørgsmål (S4, se figur 6.1) handler om, hvorvidt det er muligt at opnå lignende resultater med dynamisk konflikter som det var tilfældet med Real Flow i sektion 6.3 alene ved hjælp af fysiske materialer? I eksemplet på figur 6.3.4 kunne det f.eks. tænkes, at der var blevet kastet et objekt ned i den flydende porcelænsmasse eller lignende i det præcise øjeblik, hvor gipsen sugede vandet ud af det flydende ler. Dette spørgsmål affødte en række eksperimenter med fysiske materialer med udgangspunkt i gips. Disse eksperimenter beskrives i kapitel 8: Flygtige fænomener i fysiske materialer.

S2	Den keramiske teknik med gips og støbe-ler begrænser, hvor kompliceret en RP produceret model, det er muligt at overføre til det keramiske materiale. Kan denne overførelsesteknik forbedres? Dette spørgsmål indledte et spor med eksperimenterne: Fra digital form til fysisk form (E3) se kapitel 9
S4	Er det muligt at indfange flygtige fænomener med fysiske materialer, f.eks. ved hjælp af gips, og opnå lignende resultater med dynamisk konflikter som det var tilfældet med Real Flow i sektion 6.3? Dette spørgsmål indledte et spor med eksperimenterne: Flygtige fænomener i fysiske materialer (E4), se kapitel 8

Tabel 6.3.1 // Sektionen har givet anledning til følgende spørgsmål.

6.4 // Real Flow i en designkontekst

For at afprøve Real Flow som et formgivningsredskab i en designkontekst, dvs. hvor artefaktet skal forstås og bruges uden en verbal forklaring, inviterede jeg udvalgte designere til i et samarbejde at eksperimentere med RF som et formgivningsredskab. Formålet med dette var et behov for at lade forskningsprojektet blive perspektiveret i et samspil med andre designere, og samtidig få afprøvet projektets ide om materialedreven 3d digital formgivning i forhold til et brugsobjekt. I de følgende to sektioner beskrives to samarbejder med hver sin tilgang til at formgive ved hjælp af RF.

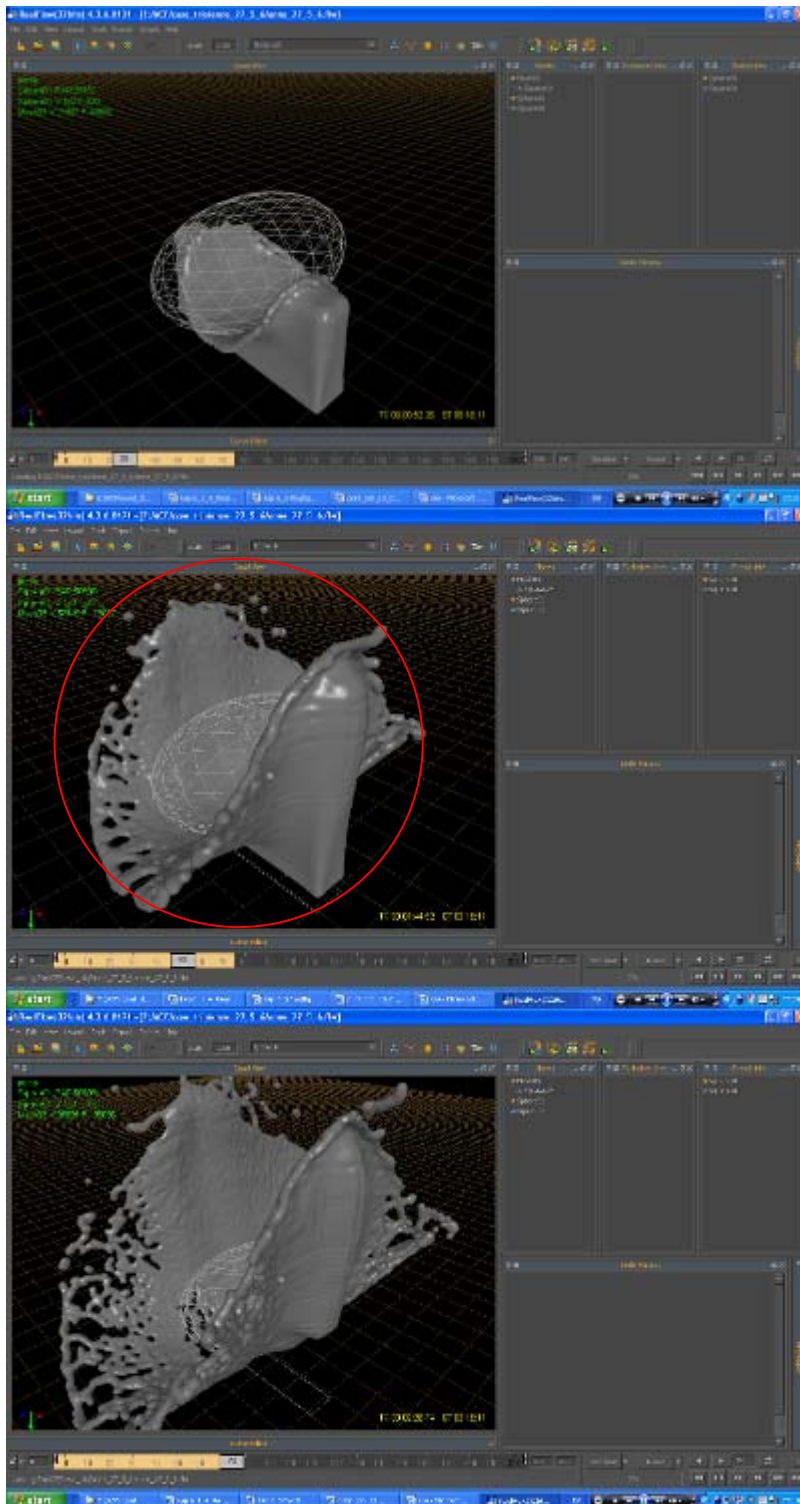
Ske, et samarbejde med Anne Tophøj og Carla Stine Jørsum:

Til dette samarbejde var Anne Tophøj oplagt at invitere, fordi hun i høj grad eksperimenterer med materialedreven formgivning. Anne Tophøj har ikke tidligere eksperimenteret med eller benyttet digitale medier i sit formgivningsarbejde. Desuden deltog Carla Stine Jørsum, som på det tidspunkt var studerende på Glas og Keramikskolen, Bornholm og praktikant hos Anne Tophøj. Formålet var at undersøge Real Flow som et dynamisk formgivningsredskab til at producere brugsting. Med brugsting mente vi en skål, et håndtag eller lignende. Anne og Carla blev indledningsvist introduceret til Real Flow, og vi blev efterfølgende enige om for overskuelighedens skyld at begrænse os til en mindre del af Real Flows redskaber. Til dette formål valgte vi at koncentrere os om partiklers kollision med 3d geometriske former eller andre partikler. Vores ide var, at vi hver især fandt på en opstilling af et dynamisk system i RF, som vi var nysgerrige efter at se resultatet af. Efterfølgende ville vi diskutere opstillingernes potentiale i forhold til en brugsfunktion ved at gennemse animationen i fællesskab.

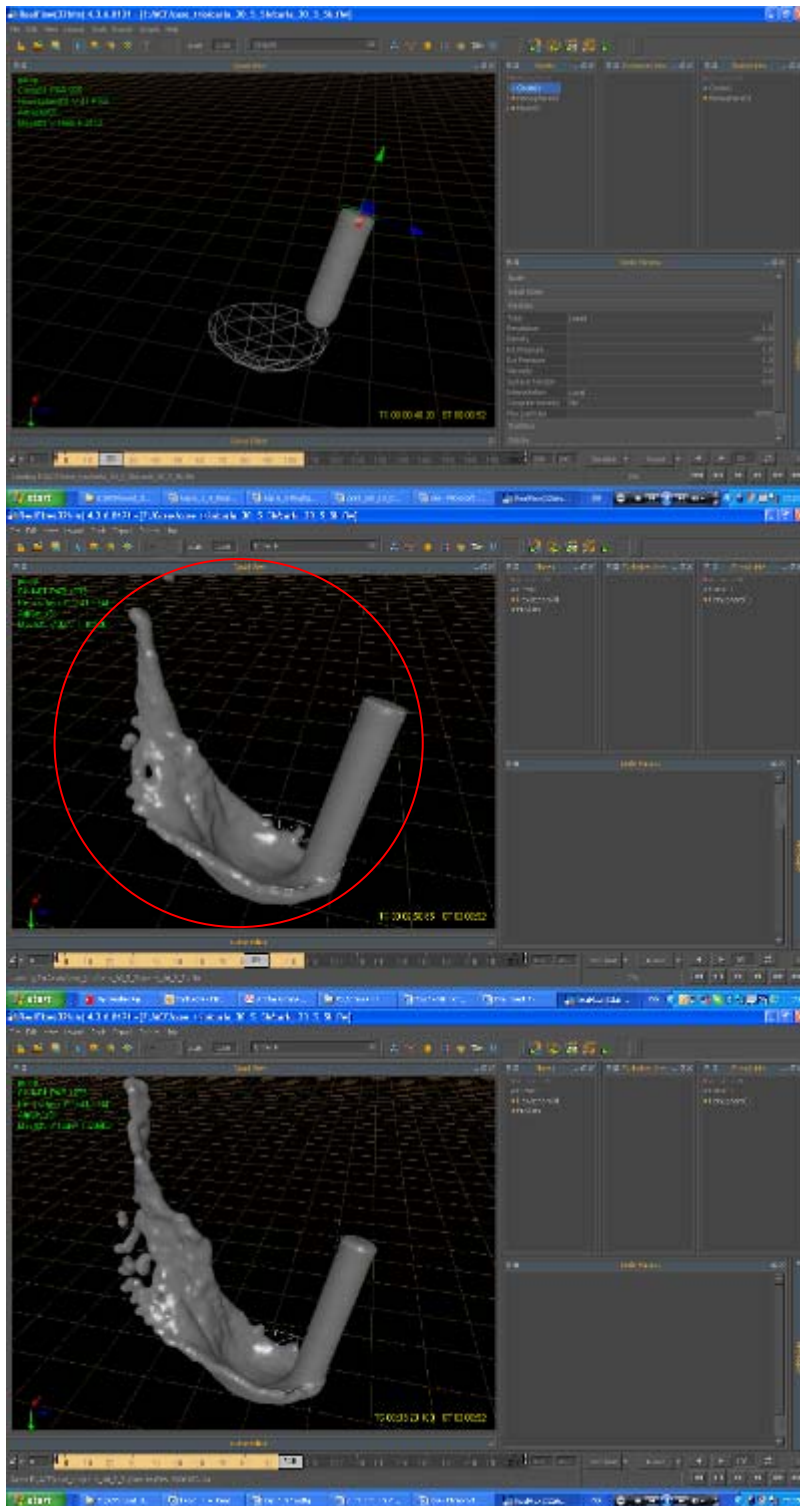
Ideen var at vi som udgangspunkt ikke skulle vide, hvilken brugsting vi skulle formgive. Dette ville muliggøre, at vi gennem eksperimenter ville have en større chance for at opdage et potentiale for at formgive en brugsting. Det betød med andre ord en bottom-up proces.

De tre opstillinger kom til at bestå af:

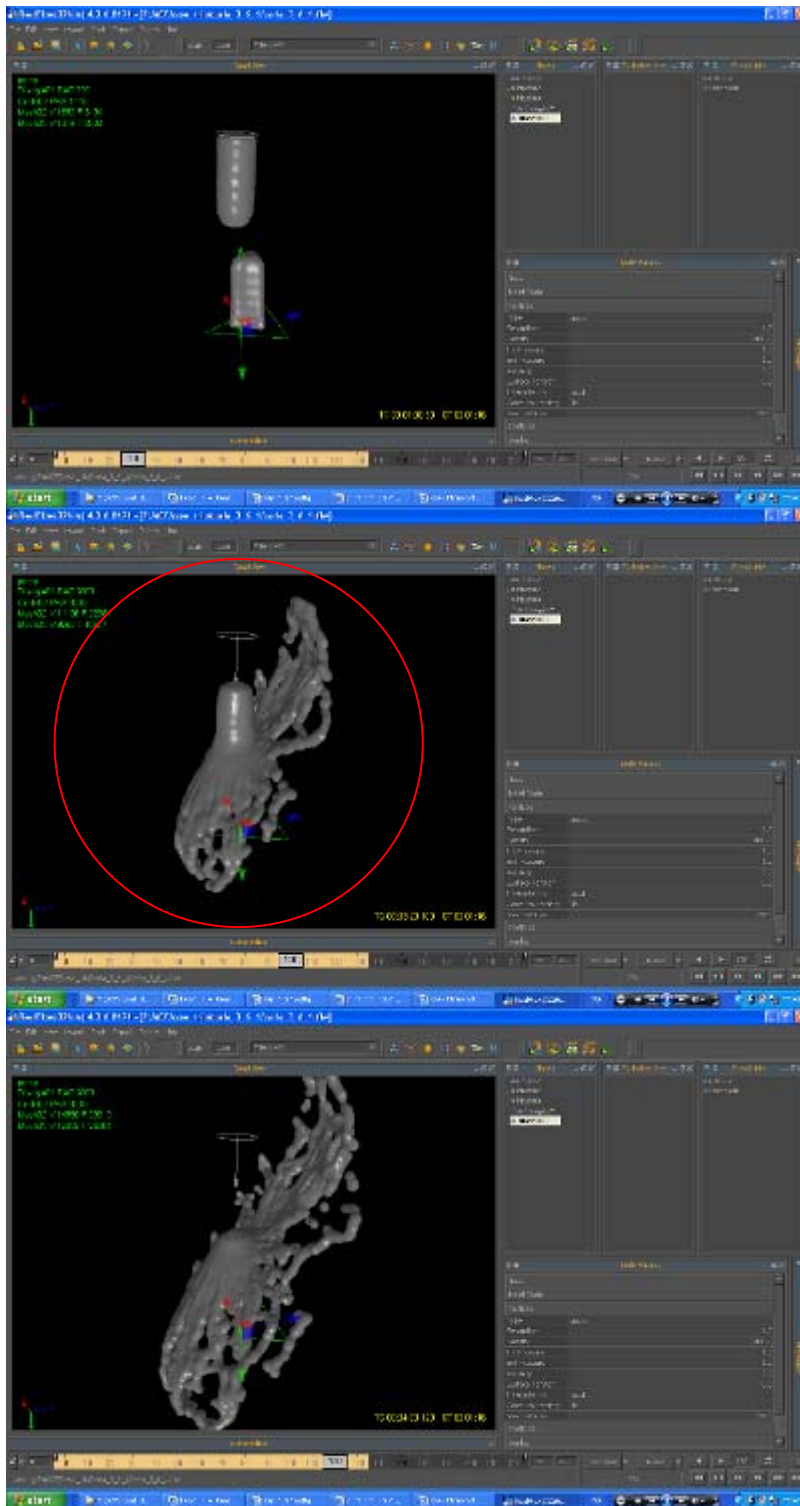
1. En partikelstrøm kolliderer en ellipseformet geometri, se figur 6.4.1, der viser snapshots fra animationen.
2. En partikelstrøm kolliderer en konkav geometri, se figur 6.4.2, der viser snapshots fra animationen.
3. To partikelstrømme kolliderer med hinanden, se figur 6.1.4.3, der viser snapshots fra animationen.



Figur 6.4.1 // Opstilling 1. Tre stadier af en partikelstrøm, der kolliderer en ellipseformet geometri.



figur 6.4.2 // Opstilling 2. Tre stadier af en partikelstrøm, der kolliderer en konkav geometri.



Figur 6.4.3 // Opstilling 3. Tre stadier af to partikelstrømme, der kolliderer hinanden.

I alle tre opstillinger var det især det stadie, hvor kollisionen var på sit højeste, der havde vores interesse, markeret med rød cirkel. Det er på det tidspunkt, hvor partiklerne er kollideret og er på vej væk fra kollisionsfeltet, men stadig ikke har forladt feltet helt. På det stadie er der en dynamik mellem, at partiklerne på den ene side udgør en rumlig form og på den anden side er i opløsning. Vi kunne se et potentiale i alle tre eksempler og valgte at 3d printe dem alle tre i det udvalgte stadie (se figur 6.4.4a - 6.4.4c). Vi fandt 3d printet meget brugbart, da det muliggjorde at undersøge artefaktet i en konkret kontekst; f.eks. som en broche, en skål, et håndtag eller lignende, hvilket kunne danne grundlag for den efterfølgende diskussion og formgivningsproces. På computerskærmen kunne vi kun forestille os en sådan kontekst, men med det fysiske artefakt i hånden kunne vi spontant undersøge og lege med artefaktet ved at sætte det på en dør, vippe med det på bordet eller placere det et sted på kroppen osv. På grund af den korte tid, der var afsat til eksperimentet (3 dage) tog vi en hurtig beslutning for at ende med et færdigt produkt.

Vi valgte at fortsætte med opstilling nummer to (Figur 6.4.4b) på grund af den tydelige association til en ske. En ske består af et håndtag og en hulning og kan typisk bruges til noget flydende, - et eksempel er en suppe ske. Formgivningen af 3d printet er baseret på det øjeblik, hvor en konstellation af partikler i bevægelse kolliderer med en konkav geometri. Det minder om situationen med suppe, ske og tallerken, hvilket giver et sjovt sammenfald mellem funktion og formsprog og formgivningsproces.



Figur 6.4.4a // 3d print af opstilling 1

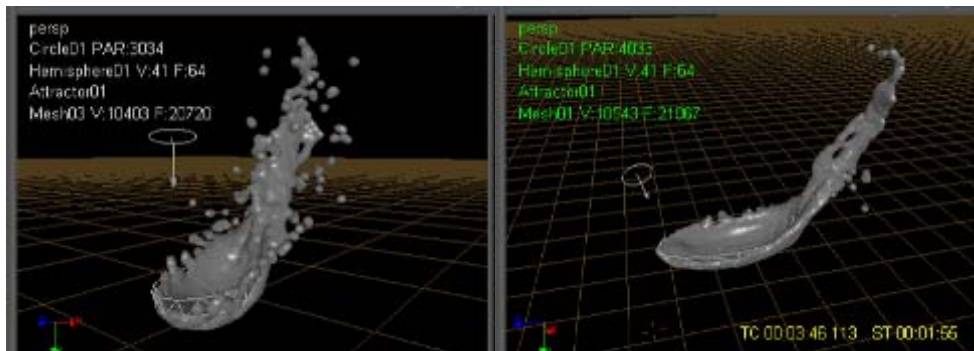


Figur 6.4.4b // 3d print af opstilling 2

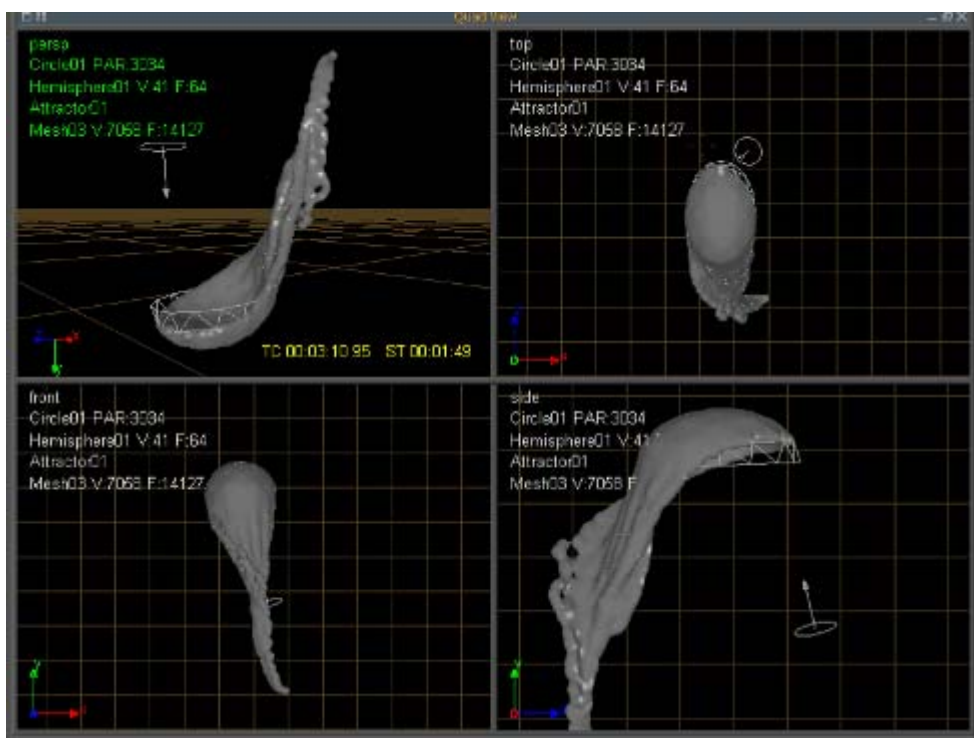


Figur 6.4.4c // 3d print af opstilling 3

I den efterfølgende proces undersøgte og præciserede vi geometrien ved at ændre partiklernes parametre og hulningens udformning, som det fremgår af figur 6.4.5. Disse eksperimenter viste forskellige variationer, men vi fandt ikke brugen af RF egnet til at lave specifikke korrektioner f.eks. en ændring i størrelsesforholdet mellem håndtag og hulning. En sådan forudbestemt ændring ville være lettere at opnå i softwareprogrammer som Rhino, 3d Studio max m.fl. med redskaber, der repræsenterer en mulighed for *konstruerende formgivning*. RF bidrog på den måde med en legende og undersøgende tilgang til formgivningsprocessen og med et dynamisk og overraskende udgangspunkt for et brugsobjekt, men som evt. ville kræve en yderligere bearbejdning baseret på *konstruerende formgivning*. Den digitale formgivning på dette stadie i formgivningsprocessen kan ses på figur 6.4.6.



Figur 6.4.5 // Eksperimenter med at præcisere geometrien på figur 6.4.4b ved at ændre parametre for partiklernes simulering af viskositet og den konkave geometri.



Figur 6.4.6 // Den udvalgte digitale formgivning af skeen fra fire vinkler. Se endvidere animationen i appendikset, se figurens nummer.

En løsning i den endelige udførelse ville være at lade plastic materialet, som 3d printerne printer med, være materialet. Vi havde dog et ønske om at undersøge, hvordan det digitale medie kan integreres i et klassisk fagområde, og at eksperimentere med et samspil mellem den digitale formgivning og et klassisk materiale som f.eks. keramik, glas, træ mv.

Vores første ønske var at udføre skeen i et keramisk materiale. Skeens udformning har dog et komplekst formsprog, som umiddelbart ikke lader sig overføre til et

keramisk materiale ved hjælp af den klassiske keramiske teknik med gipsform og støbe-ler (se sektion 6.3). En problemstilling som jeg belyste i sektion 6.3 i forbindelse med artefaktet *Plask* og som initierede spørgsmål S2 (se tabel 6.4.1):

S2	Den keramiske teknik med gips og støbe-ler begrænser, hvor kompliceret en RP produceret model, det er muligt at overføre til det keramiske materiale. Kan denne overførelsesteknik forbedres? Dette spørgsmål indledte et spor med eksperimenterne: Fra digital form til fysisk form (E3) se kapitel 9
----	---

Tabel 6.4.1 // Spørgsmål 2 blev rejst i sektion 6.3.

Denne problemstilling vil som sagt senere blive belyst og diskuteret i kapitel 9, men gjorde at vi i dette eksperiment undersøgte andre muligheder.

I det samme tidsrum var jeg blevet introduceret til forskningsprojektet *Automake* af Justin Marshall, ph.d. fra forskerklyngen *Autonomic*. I forbindelse med *Automake*, der er omtalt i sektion 4.3, bliver der bl.a. eksperimenteret med formgivning af smykker. I den sammenhæng bliver det 3d RP producerede artefakt i plastic efterfølgende belagt med sølv ved hjælp af en coating, der bliver benyttet indenfor smykke faget. Dette muliggør et samspil mellem en digital formgivning og et klassisk materiale, hvilket vi mente var oplagt at afprøve i forhold til skeen. Sølvskéen er en klassisk brugsting og ville på den måde forbinde et klassisk tema med digital formgivning. Denne coating blev foretaget og venligst sponsoreret af Askhims Eftf. ApS. Det endelige artefakt kan ses på figur 6.4.7, hvor skeen har en størrelse på ca. 30 cm som en suppe ske eller øse.



Figur 6.4.7 // Den endelige udførelse af skeen i sølv.

Ring, - et samarbejde med Katrine Borup:

Ideen med at coate et 3d print med sølv inspirerede til at se de øvrige to artefakter på figur 6.4.4a og 6.4.4c fra samarbejdet med Anne Tophøj, som et oplagt omdrejningspunkt til en diskussion om RF som et formgivningsredskab til smykker. Der var ligeledes flere tidligere eksperimenter fra de indledende undersøgelser med RF i sektion 6.2, der kunne fungere som interessante oplæg i denne forbindelse. De relevante geometrier var på dette tidspunkt allerede 3d printet som prøver og i en skala, der til dette formål kunne virke inspirerende. Eksempler på dette kan ses på figur 6.4.8 og 6.4.9. Figur 6.4.10 viser artefaktet på figur 6.4.9 undersøgt som en forsølvet fingerring. På figur 6.4.11 bliver artefaktet på figur 6.4.4a undersøgt som smykke.

Disse forundersøgelser medførte at jeg kontaktede smykkekunstner Katrine Borup og spurgte om hun havde lyst til et samarbejde. Valget af Katrine Borup var begrundet med hendes analytiske tilgang til formgivning, hvor materialerne og artefakternes betydning og signalværdi danner udgangspunkt for formgivningen (Borup, 2009). Katrine Borup arbejder derfor med en ide, der går forud for selve formgivningen og repræsenterer som formgiver derfor ikke ideen om materialedreven formgivning (Borup, personlig samtale, 4. april 2009). Katrine Borups tilgang kunne virke som et modspil til at eksperimentere med RF fra en anden vinkel. Katrine Borup havde ikke tidligere brugt digitale medier i forbindelse med formgivning. Jeg introducerede Katrine Borup for RF og baggrunden for de introducerende skitser.



Figur 6.4.8 // 3d print af en tidligere undersøgelse omtalt i sektion 5.2, som oplæg til smykke.



Figur 6.4.9 // 3d print af en tidligere undersøgelse omtalt i sektion 5.2, som oplæg til smykke.



Figur 6.4.10 // Artefaktet på figur 6.4.9 bliver undersøgt som en forsvøvet fingerring.

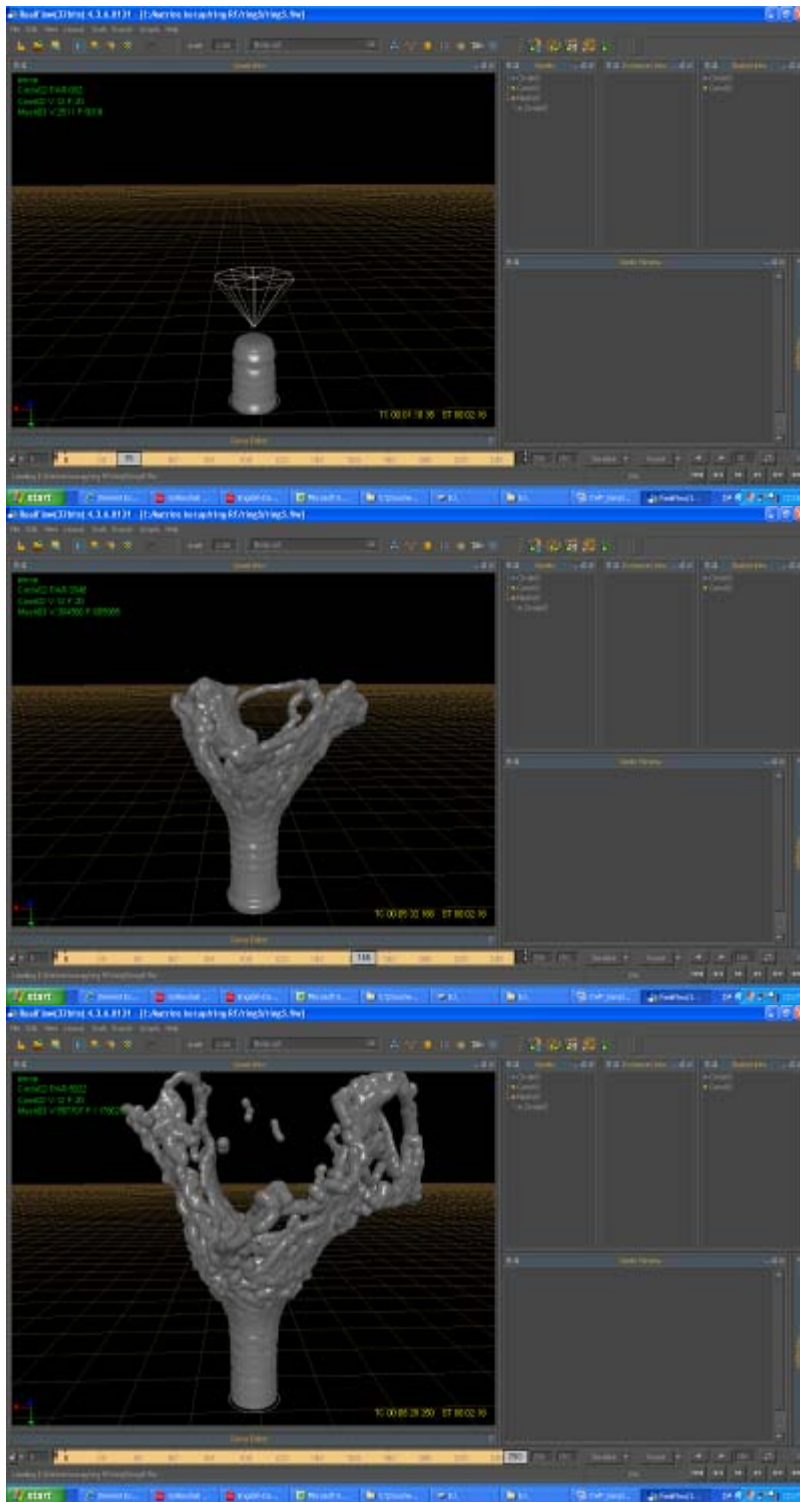


Figur 6.4.11 // Artefaktet på figur 6.4.4a bliver undersøgt som smykke.

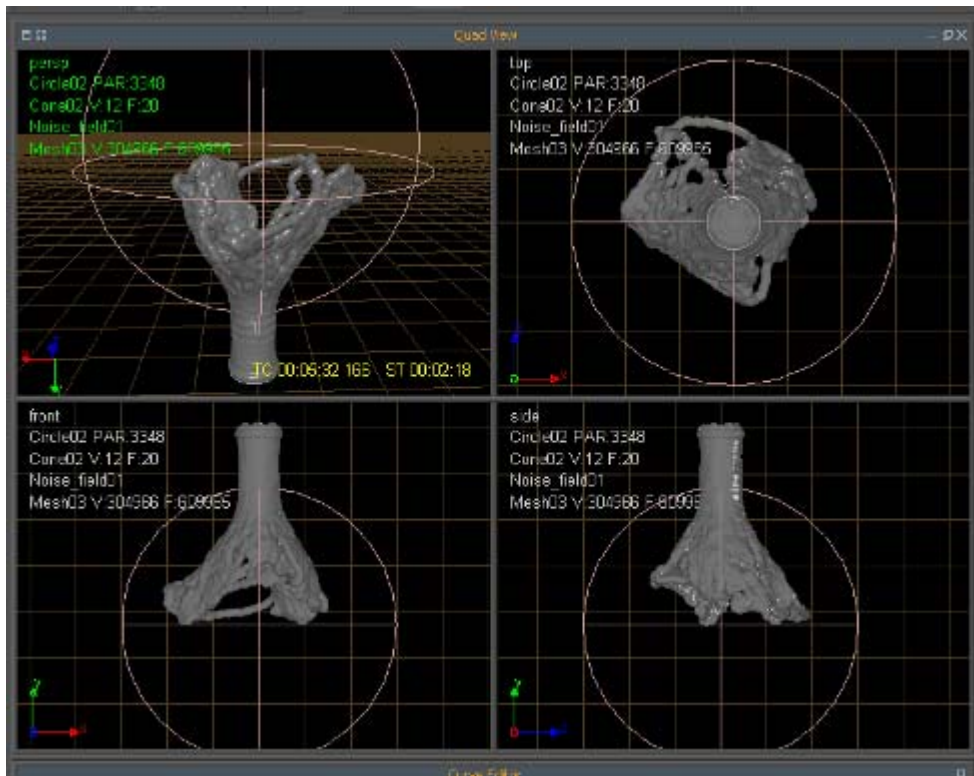
Vores samarbejde fokuserede som udgangspunkt på det kropsnære som smykker er og på RF's potentiale til at simulere væsker. Det blev til en diskussion om kroppen og om væskers betydning. Det var på den måde Katrine Borups tilgang til materialets (her simulering af væsker) betydning og signalværdi, der fik indflydelse på formgivningen og kom til at handle om kroppens blod. Til sammenligning var det et andet udgangspunkt end i samarbejdet med Anne Tophøj. Samarbejdet med Katrine Borup var snarere en top-down tilgang. Vi talte om, hvilken kontekst og betydning muligheden for at simulere blod kunne indgå i, før vi eksperimenterede med, hvilken 3d form vi kunne generere med RF. Vi fik en ide om en fingerring som gave til gengæld for at være bloddonor.

Vores ide var, at selve bloddonationen skulle danne udgangspunkt for et skitseforløb. Det vil sige når nålen stikker hul i huden og blodet pibler ud, - eller snarere og endnu mere dramatisk sprøjter ud. Dette gav grundlag for skitsen, der kan ses på figur 6.4.12 og 6.4.13, hvor partikler kolliderer en keglespids (nålespids). Vi vidste altså mere eller mindre, hvilket udtryk vi ønskede at opnå inden vi begyndte at formgive med RF og havde på forhånd analyseret, hvad vi kunne forvente at opnå.

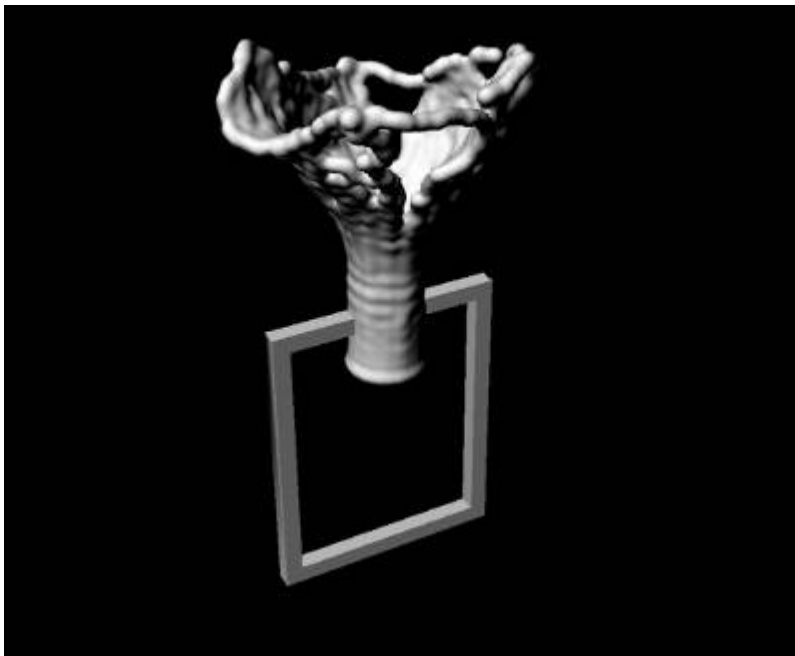
Sideløbende formgav vi i 3d Studio Max en simpel geometrisk form, der skulle fastholde "blodspøjtet" og gøre det til en fingerring, se figur 6.4.14. Et 3d print blev efterfølgende udført, se figur 6.4.15.



Figur 6.4.12 // Fire stadier af en partikelstrøm med geometri, der kolliderer en klegespid. Se endvidere animationen i appendikset, se figurens nummer.



Figur 6.4.13 // Det udvalgte stadie på figur 6.4.12 fra fire vinkler



Figur 6.4.14 // Blodsprøjtet bliver fastholdt af en simpel geometri, der samtidig danner en fingerring.

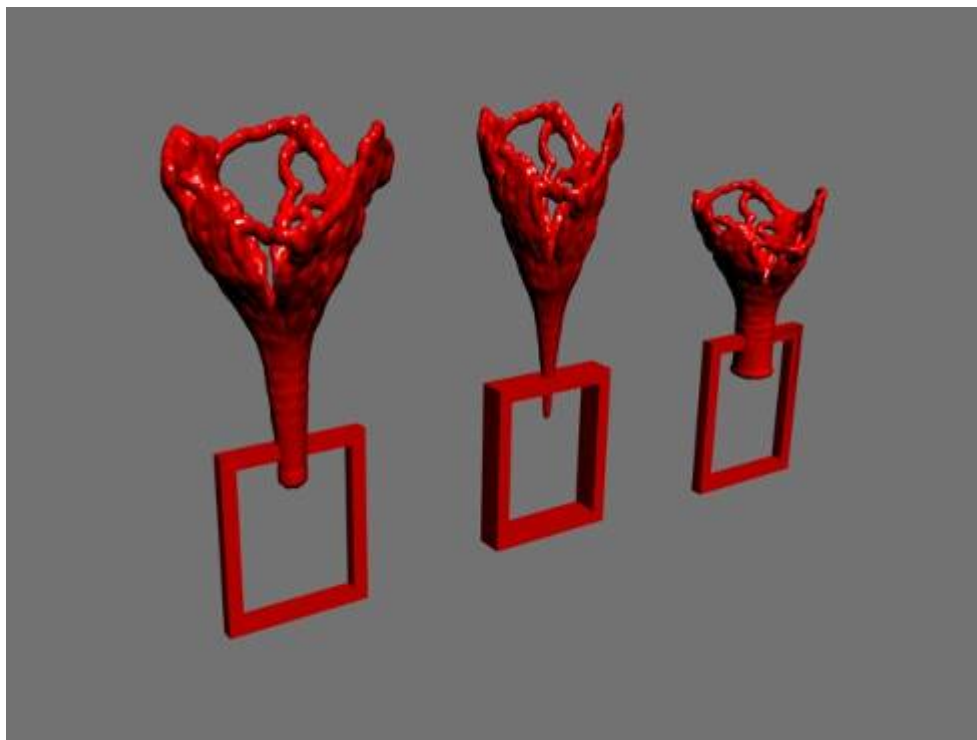


Figur 6.4.15 // 3d print af geometrien på figur 6.4.14

3d printet gav et tilfredsstillende resultat af en brugbar fingerring, men affødte samtidig en diskussion af, hvorvidt resultatet gav den rette association. Det var tydeligt, at den ikke nødvendigvis associerede til et blodsprøjt, men snarere noget vækstagtigt som en frøkapsel eller lignende, og at der skulle korrigeres i formen for, at den fik den rette association til et blodsprøjt. Vi diskuterede derfor, hvorvidt vi skulle være tro overfor den oprindelige ide om et blodsprøjt eller være tilfredse med resultatet. Vi fastholdte vores oprindelige ide om et blodsprøjt, da vi ville forfølge det potentiale som RF har for at simulere og fastholde et flygtigt materiale som en væske. En frøkapsel eller lignende kan vi til sammenligning finde ude i naturen og få forsøvet, - og oven i købet i den skala, der hører til en fingerring. Den efterfølgende proces handlede derfor om en præcisering i formgivningen for at skabe den rette association og dynamik. En stor forskel mellem associationen til frøkapselen og blodsprøjtet, handler især om den forskel i fart de udtrykker hver især.

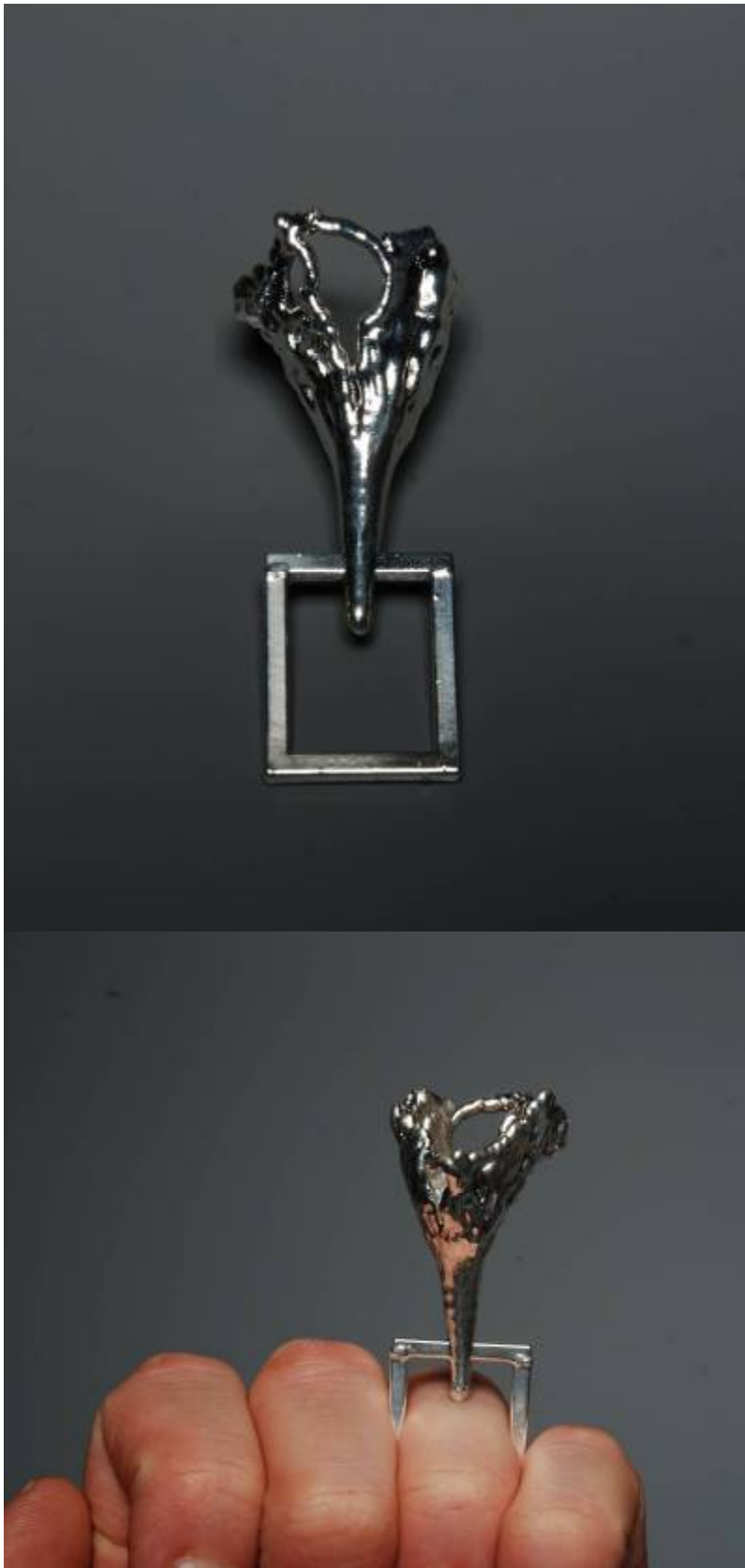
I de første forsøg justerede vi parametrene i RF. Dette gav et teknisk håndværksmæssigt problem, da min erfaring med RF ikke var stor nok til at opnå det forudbestemte resultat. Vores ide om den rette association virkede meget fastlagt. Det var nogle meget præcise justeringer, vi ønskede foretaget som f.eks. at blodsprøjtets møde med fingeren skulle være mere spids og at formen generelt skulle være mere aflang osv. Det endte med, at vi opgav at bearbejde formen i RF og i stedet udnyttede 3d Studio Max's redskaber (*konstruerende formgivning*), der blandt andet muliggjorde at skalere specifikke lokale steder med udvalgte redskaber, hvilket eksemplerne på figur 6.4.16 viser. Vi kunne konkludere, at den naturalistiske gengivelse voldte os problemer at udføre direkte i brugen af RF. Desuden bidrog dette problem med en diskussion af dilemmaet i at gengive et fænomen som et naturalistisk blodsprøjt med et simuleringsredskab. Dilemmaet ligger i forskellen på, hvad man associerer med et blodsprøjt og hvordan det i virkeligheden ser ud. Virkeligheden i et fastholdt blodsprøjt ser måske slet ikke ud på en måde, der danner den ønskede association, hvis det bliver udført som et

fastholdt øjeblik i et andet materiale (i dette tilfælde sølv). Det ville desuden kræve et længere studie i, hvordan et blodsprøjt i virkeligheden ser ud og en større håndværksmæssig erfaring med RF end vi formåede, - eller det ville kræve et samarbejde med en ekspert indenfor brug af *speciel effekt*. Vi konkluderede at vores egen association til, hvordan et blodsprøjt ser ud skulle være vores rettesnor og at RF kunne bidrage med et naturalistisk udgangspunkt, som efterfølgende kunne præciseres i 3d Studio Max.



Figur 6.4.16 // Den digitale formgivning i RF til højre blev bearbejdet i 3d Studio Max, hvilket blandt andet muliggjorde at skalere specifikke lokale steder med udvalgte redskaber

På dette tidspunkt havde vi udført eksempler på 3d print på Danmarks Designskoles 3d printer fra Dimension. Denne teknik udfører et groft print i forhold til at en fingerring er et lille artefakt. Vi kontaktede derfor "Damvig Develop A/S Rapid Prototyping Solutions", der indvilligede i at være sponsor til et 3d print med den nyeste teknologi. Det betød at vi ville få et stærkere modelmateriale og højere printopløsning. Mens 3d printeren fra Dimension på Danmarks Designskole bygger med en lag tykkelse på 0.254 mm, bygger den valgte teknik udført af "Damvig Develop A/S Rapid Prototyping Solutions" med en lag tykkelse på 0,016 mm. 3d printet blev til sidst forsølvet, sponsoreret af virksomheden Askhims Eftf. ApS. Den færdige fingerring kan ses på figur 6.4.17



Figur 6.4.17 // Den endelige udførelse af ringen i sølv.

6.4.1 // Delkonklusion

Jeg har i sektion 6.4 undersøgt to tilgange i brugen af RF som et digitalt formgivningsredskab til et brugsobjekt i et samarbejde med henholdsvis Anne Tophøj og Katrine Borup. Indfaldsvinklerne til samarbejdet var markant forskellige. Samarbejdet med Anne Tophøj var en *bottom up* proces, hvilket vil sige, at vi som udgangspunkt ikke vidste, hvad vi ville formgive. Vi ville se, hvad teknikken/materialet ville bidrage med. I samarbejdet med Katrine Borup var indfaldsvinklen omvendt, dvs. *top-down*. Det betød, at vi først analyserede vores teknik/materiale for efterfølgende at beslutte vores tema og ide med formgivningen. Disse forskelligheder vil jeg nærmere beskrive.

I samarbejdet med Anne Tophøj tog vi udgangspunkt i opstillinger af dynamiske systemer, der vakte vores interesse. Denne tilgang var præget af nysgerrighed og leg. Animationernes forløb muliggjorde, at der på et stadie i samtlige opstillinger var et resultat, der gav anledning til en videre bearbejdning. Dette stadie kunne let udvælges ved hjælp af muligheden for at spole i tidslinjen og analysere animationen. Det var vigtigt at 3d printe dette stadie for at fortsætte den legende undersøgelse med et fysisk artefakt i forhold til en brugsfunktion. Denne tilgang var undersøgende og eksperimenterende og tog udgangspunkt i at identificere et dynamisk system, dvs. i ideen om *første niveau i materialedreven formgivning* (se sektion 3.4). Efterfølgende undersøgte vi hvilke stadier, der kunne være relevante som et brugsobjekt til en bestemt kontekst, dvs. *andet niveau i materialedreven formgivning* (se sektion 3.4). Konklusionen er at RF virkede som et dynamisk formgivningsredskab til at opnå en legende og eksperimenterende formgivningsproces med positive formgivningsresultater, men ikke viste sig egnede til at opnå en specifik bearbejdning og præcisering af den digitale formgivning. Til dette formål konkluderede vi at redskaber i andre softwareprogrammer som f.eks. 3d Studio Max ville være mere egnede.

I samarbejdet med Katrine Borup gennemtænkte vi først, hvad RF kunne bidrage med som formgivningsredskab før vi begyndte at formgive. Vi kom frem til at udnytte RF's potentiale for at bidrage med en figurativ fortælling i form af et 3d fysisk artefakt. Med afsæt i dette potentiale udviklede vi en ide om et brugsobjekt. Efterfølgende udnyttede vi RF's potentiale til at simulere et naturalistisk blodsprøjt på en finger. Denne formgivningsproces var baseret på at opnå et forudbestemt resultat. Formålet var at opnå et enestående detaljeret naturalistisk udtryk, som ikke kan fastholdes som 3d form i virkeligheden. Konklusionen var at RF kunne bidrage med et kvalitativt udgangspunkt, men ikke det rette resultat. For at opnå det ønskede resultat kunne vi enten tilegne os en større håndværksmæssig erfaring med RF, eller søge assistance fra en med professionel erfaring indenfor *speciel effekt*, - eller vi kunne udnytte udvalgte redskaber ved hjælp af software som f.eks. 3dstudiomax til at bearbejde det udgangspunkt vi havde opnået i RF, dvs. ved hjælp af en *konstruerende formgivning*. Vi valgte det sidste.

RF blev fundet brugbar til både en bottom-up og top-down tilgang i forhold til at bidrage med et brugbart udgangspunkt for en formgivning af brugsobjekter. Ved begge tilgange vil det dog være en fordel at kunne bearbejde og præcisere den digitale formgivning i RF ved enten at tilegne sig en større håndværksmæssig

erfaring med RF, eller ved at RF bliver benyttet i et samspil med software, der har redskaber, der baserer sig på ideen om *konstruerende formgivning*. Sådanne software er f.eks. 3d Studio Max og Rhino.

Samarbejdet med henholdsvis Anne Tophøj og Katrine Borup var interessante fordi de perspektiverede hinanden. Samarbejdet med Anne Tophøj afspejlede især ideen om materialedreven formgivning, da det var karakteriseret af en uvis og dynamisk proces (se sektion 3.4). I samarbejdet med Katrine Borup forholdt det sig anderledes. Det dynamiske system bidrog godt nok til en 3d formgivning, men det var snarere med udgangspunkt i en forudbestemt ide. Samarbejdet viser på den måde et eksempel på, hvordan brugen af et dynamisk system i formgivningsprocessen ikke nødvendigvis afspejler ideen om materialedreven formgivning, men også kan afspejle ideen om konstruerende formgivning.

7 // Et dynamisk interaktivt formgivningsredskab (E2)

De indledende eksperimenter med Real Flow (RF) i sektion 6.1.2 stillede spørgsmål til (S1, se figur 6.1), hvorvidt det er muligt at opnå en højere grad af interaktion med et 3d digitalt dynamisk system som ved *interaktiv materialedreven formgivning* (se sektion 3.5.2). Dette spørgsmål indledte sporet med eksperimenterne: Et dynamisk interaktivt formgivningsredskab E2 (se figur 6.1), som dette kapitel vil beskrive og diskutere. Disse eksperimenter undersøger muligheden for, at jeg som formgiver kan opnå en sådan interaktion, dvs. at jeg kan respondere på det digitale dynamiske system i selve formgivningsøjeblikket.

Inspireret af andre forskeres og designeres eksperimenter, har jeg løbende været optaget af muligheden for selv at udvikle og "formgive" egne dynamiske digitale systemer. Jeg har reflekteret over denne problemstilling i forhold til forskningsprojektets forskningsspørgsmål og har skrevet arbejdspapiret "Capturing movements in a 3d interactive dynamic system" (Hansen, 2009a)⁹, der belyser et sådan eksperiment i et samarbejde med programmør og interaktionsdesigner Marcin Ignac. Samarbejdets ide og formål er at udvikle et dynamisk 3d digitalt interaktivt system baseret på ideen om *interaktiv materialedreven 3d digital formgivning baseret på et redskab* (se sektion 3.5.2). I eksperimentet benyttes en wii-mote, der for det første indfanger håndens 3d bevægelser, og for det andet kan interagere med det til formålet udviklede 3d digitale dynamiske interaktive system.

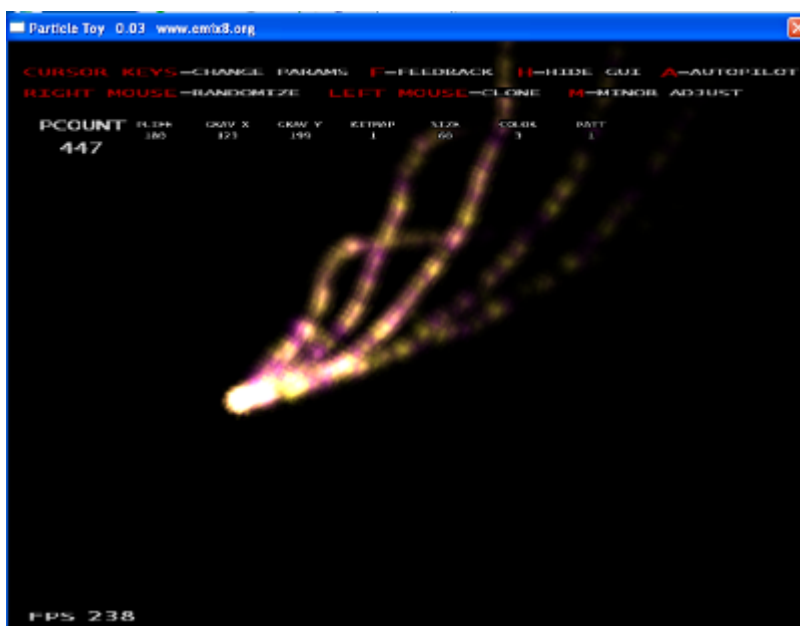
Kapitlets sektioner vil indledningsvist belyse nogle af mine egne eksperimenter, der tager udgangspunkt i eksisterende software. Derefter vil en række andre forskeres og designeres eksperimenter blive introduceret, hvorefter samarbejdet med Marcin Ignac vil blive beskrevet. Til sidst vil kapitlets eksperimenter blive diskuteret i forhold til forskningsspørgsmål 2's arbejdshypotese om, at det digitale

⁹ Arbejdspapiret "Capturing movements in a 3d interactive dynamic system" blev præsenteret på konferencen Engaging artefacts, Nordes, Oslo 2009. Arbejdspapiret er vedlagt i den engelske udgave af ph.d. afhandlingen.

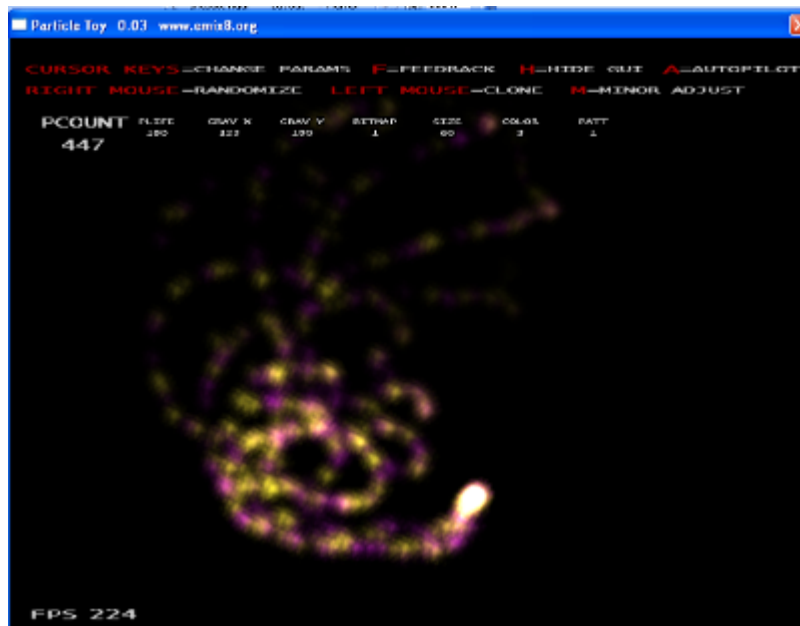
medie egner sig til at fastholde flygtige fænomener, der adskiller sig fra fysiske materialers begrænsninger.

7.1 // 2d dynamiske systemer og 3d geometri

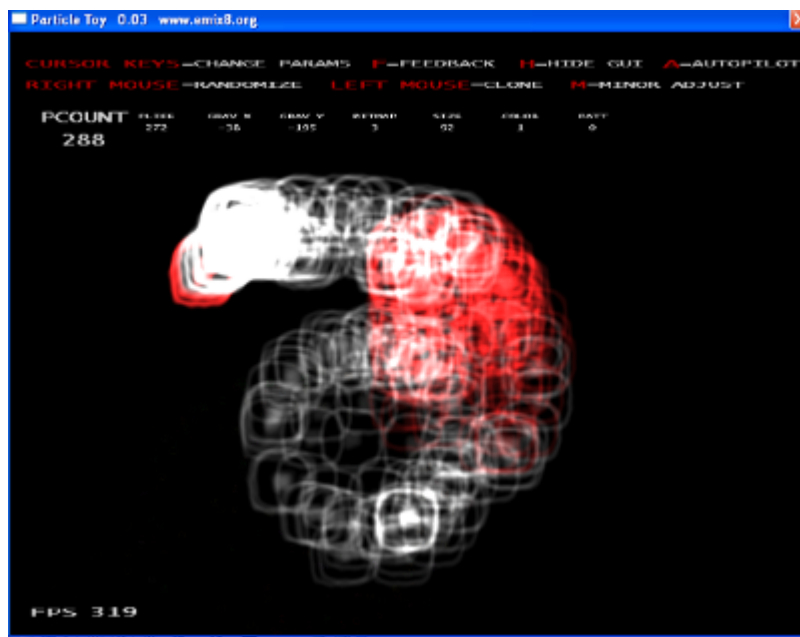
Particle Toy er et af mange små software programmer, der kan downloades gratis på Internettet. Particle Toy er ikke udviklet til et specifikt formål, men udviklet af Ville Krumlinde, som en hobby ved siden af en karriere som IT konsulent og programmør (Krumlinde, 2006). Particle Toy er et interaktivt digitalt partikelsystem, idet at cursorens position følger musens bevægelse og at der fra denne position udgår partikler i mønstre på baggrund af indstillelige parametre. F.eks. som i eksemplet på figur 7.1.1, hvorfra der fra det mest lyse felt (cursorens position) løbende udgår fem strømme af partiklerne, der alt efter cursorens bevægelse kan udnyttes til at formgive grafik med, se figur 7.1.2. Der kan indstilles en lang række kombinationer af mulige partikelsystemer ved hjælp af forskellige parametre, som f.eks. størrelse, form, hastighed og mønster, som det ligeledes fremgår ved en sammenligning med figur 7.1.3.



Figur 7.1.1 // Fem strømme af partiklerne udgår fra cursorens position.



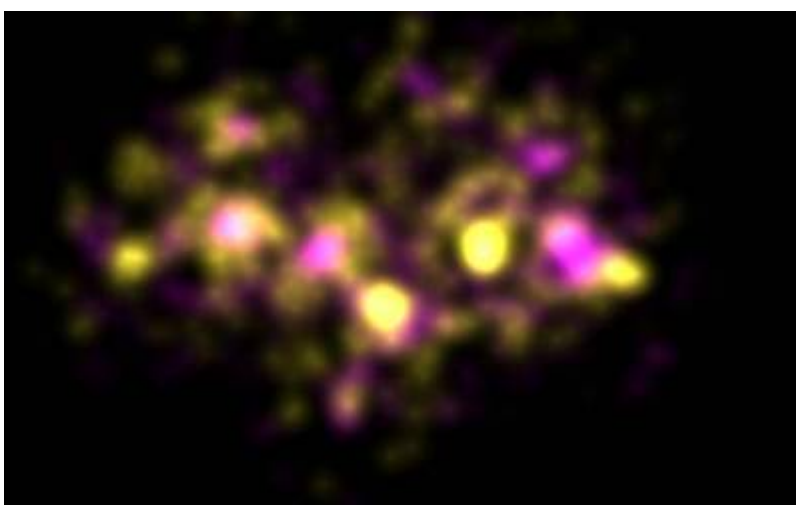
Figur 7.1.2 // De fem strømme af partiklerne kan udnyttes til at formgive grafik med.



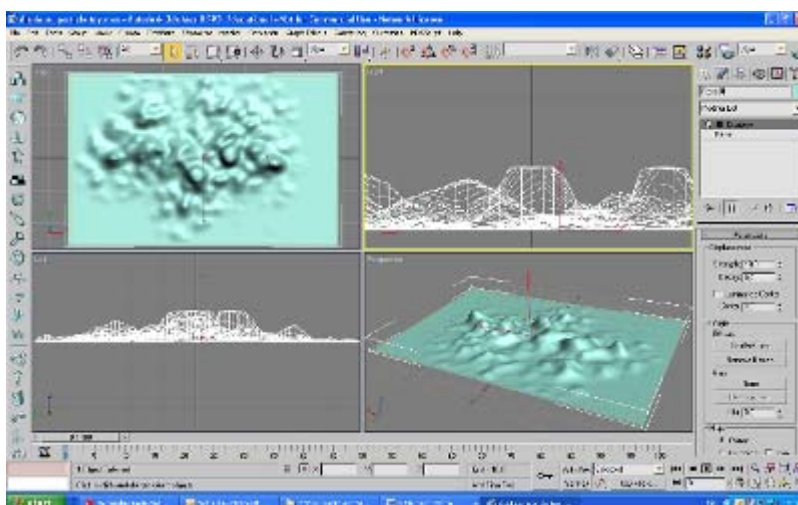
Figur 7.1.3 // Partiklernes grafik og egenskab kan ændres ved hjælp af forskellige parametre, - f.eks. størrelse, form, hastighed og mønster

Ideen om et interaktivt dynamisk system er på den måde muligt at opnå i Particle Toy. Det kan karakteriseres som en *interaktiv materialedreven formgivning* ved at interaktionen opnås ved hjælp af et redskab (her musen). Det dynamiske system er i en konstant forandrende proces, som er mulig at fastfryse ved hjælp af en såkaldt

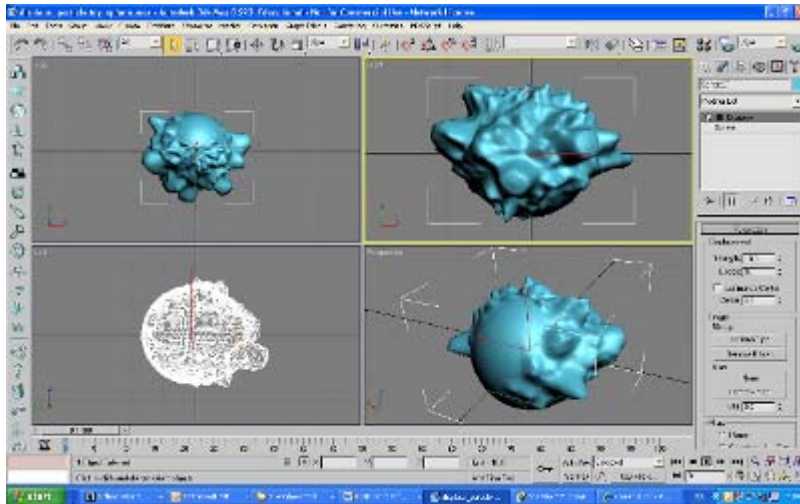
print screen funktion, - altså en digital affotografering af skærbilledet. Men i forhold til projektets problemstilling handler Particle Toy om 2d grafik og ikke 3d grafik og kan derfor ikke direkte overføres til 3d digital form, som er dette projekts ærinde. Den todimensionelle (2d) grafik kan dog fungere som et stadie i formgivningen af 3d digital form. Softwaret 3d Studio Max har til dette formål et redskab, der hedder *Displace*, der omsætter 2d grafik til 3d geometri afhængig af grafikens toner fra lys til mørk. En 2d grafik kan på den måde tilføres en 3d geometri og kan ved hjælp af parametre bearbejdes ved at forhøje eller forsænke geometrien alt efter 2d grafikens gråtoneskala. I dette tilfælde blev dette afprøvet i forhold til et plan, se figur 7.1.5 og en kugle, se figur 7.1.6 med udgangspunkt i Particle Toy, se figur 7.1.4.



Figur 7.1.4 // Eksperiment med udgangspunkt i Particle Toy med det formål at overføre 2d grafik til 3d grafik.



Figur 7.1.5 // 2d grafikken fra figur 7.1.4 er omsat til 3d grafik med udgangspunkt i et plan ved hjælp af redskabet *displace* i 3d Studio Max.



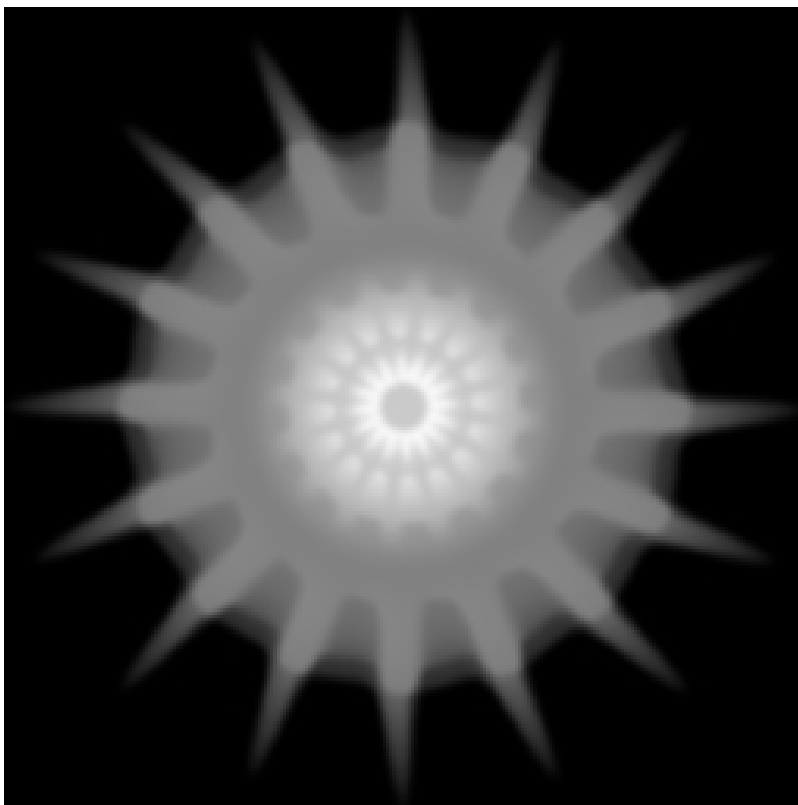
Figur 7.1.6 // 2d grafikken fra figur 7.1.4 er omsat til 3d grafik med udgangspunkt i en kugle ved hjælp af redskabet *displace* i 3d Studio Max.

3d geometrierne på figur 7.1.5 og 7.1.6 kan danne grundlag for at producere et 3d fysisk artefakt ved hjælp af Rapid Prototyping (RP) eller CNC fræsning, der kan overføres til keramik som vi har set det i sektion 6.3. Brugen af Particle Toy som et digitalt interaktivt dynamisk system til formgivning er relevant i forhold til dette kapitels problemstilling, men i den proces hvor 2d grafikken overføres til en 3d geometri ændres tilgangen fra at være *materialedeven 3d digital formgivning* til at være *konstruerende 3d digital formgivning* (se sektion 6.1).

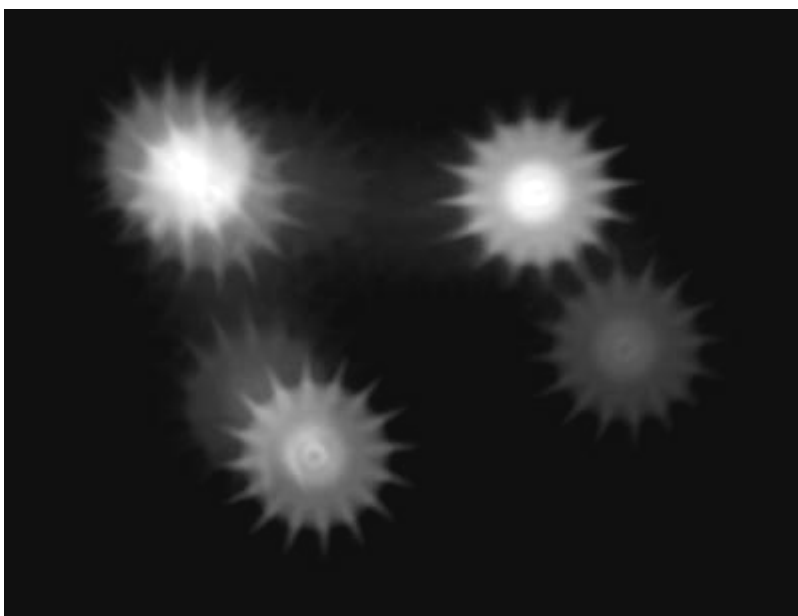
Formgivningsprocessen består på den måde af to forskellige faser. Det dynamiske system i Particle Toy muliggør et udgangspunkt baseret på ideen om *materialedeven 3d digital formgivning*. I den efterfølgende fase kan formgivningen af geometrien nu alene bearbejdes som en justerbar skabelon, ved hjælp af grafikens position og gråtoneskalaens kontraster. Der er derfor ikke længere tale om et dynamisk system, der responderer. Formgivningsprocessen af 3d form ved hjælp af det digitale medie kan derfor i dette tilfælde karakteriseres som en kombination af *materialedeven* og *konstruerende formgivning*, der forløber over to faser. Det er derfor interessant i den efterfølgende forskningsproces at undersøge dette kapitels problemstilling med det mål, at det skal kunne lade sig gøre i en enkeltstående fase.

Sideløbende med eksperimentet i Particle Toy eksperimenterede jeg med softwareprogrammet Z-Brush, der især bliver brugt indenfor spilindustrien til f.eks. modellering af nuancerede ansigtstræk på computerspillets figurer. Z-brush har et redskab, der bygger på det samme princip som *Displace* i 3d studio max til at overføre 2d grafik til 3d geometri ud fra gråtone skalaen. Det adskiller sig dog ved at Z brush ligeledes kan bruges som et dynamisk tegneredskab. Det dynamiske i programmet er at grafikens generelle højdeniveau er afhængigt af cursorens hastighed. Cursorens position er afspejlet af en grafik, f.eks. som på figur 7.2.1. Hvis cursoren bevæger sig langsomt bliver 3d geometrien mere udtalt og omvendt hvis langsomt mindre udtalt. Et eksempel på en sådan bevægelse med grafikken

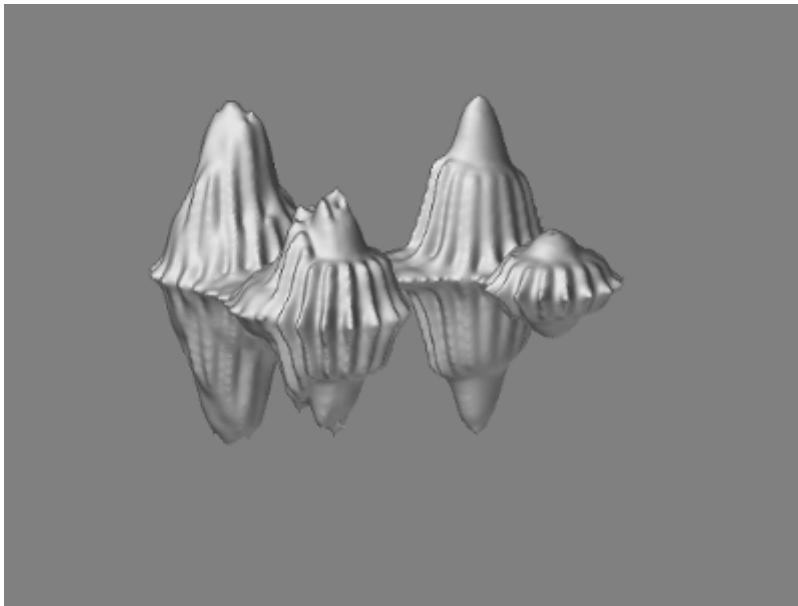
ved hjælp af musen kan ses på figur 7.2.2. Grafikken kan derefter overføres som en 3d geometri på baggrund af en række parametre, hvilket eksemplet på figur 7.2.3a og 7.2.3b viser. En sådan geometri kan efterfølgende danne grundlag for et 3d print ved hjælp af RP, se figur 7.2.3c.



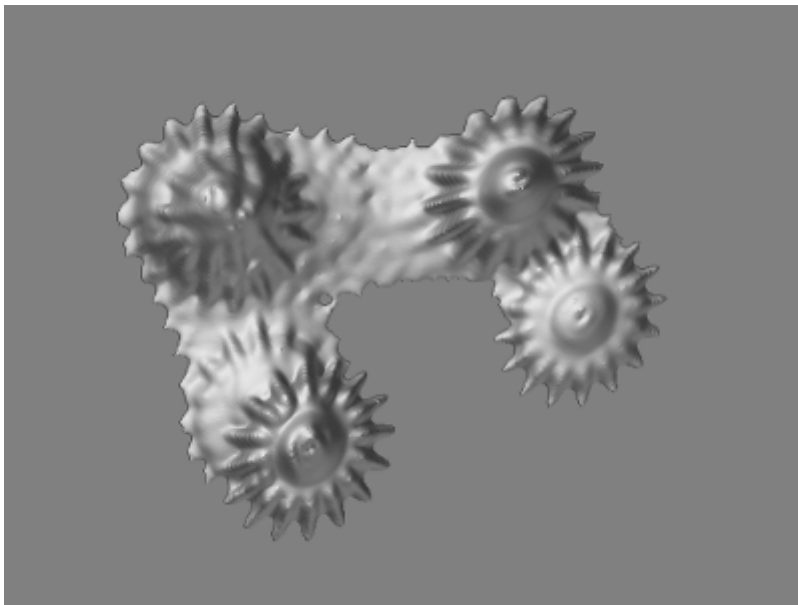
Figur 7.2.1 // Cursorens position kan i Z-Brush være afspejlet i en grafik.



Figur 7.2.2 // Hastigheden i bevægelsen med cursoren afspejles i grafikken.



Figur 7.2.3a // Grafikken kan i Z Brush danne grundlag for en 3d geometri på baggrund af en række parametre.



Figur 7.2.3b // 3d geometrien på figur 7.2.3a set oppe fra.



Figur 7.2.4 // Geometrien på figur 7.2.3a kan efterfølgende 3d printes ved hjælp af Rapid Prototyping.

Problematikken angående Z Brush i forhold til dette kapitels problemstilling minder om den ved Particle Toy. Formgivningsprocessen består af to adskilte faser, hvilket indledningsvist består af det responderende dynamiske system, men efterfølgende en lignende *konstruerende* tilgang i overførelsen fra 2d til 3d grafik som vi så det i eksperimentet med Particle Toy.

Både Particle Toy og Z Brush repræsenterer interessante eksempler på interaktive dynamiske systemer, men det jeg ønsker at undersøge er et potentiale med interaktive dynamiske systemer, der baserer sig på en interaktion med 3d grafik i formgivningsøjeblikket. Det kan som et spørgsmål formuleres som: Kan jeg indfange min hånds 3d bevægelser og samtidigt interagere med et 3d dynamisk interaktivt system? For at udforske denne problemstilling har jeg set på andre kunstneres og forskeres eksperimenter med at indfange 3d bevægelse som digital data i relation til interaktive dynamiske systemer. Dette handler de næste sektioner om.

7.2 // 3d bevægelser indfanget i et 3d grafisk rum.

Traditionelt udnytter vi musen som et redskab til at kommunikere med computeren og dens skærm. Det var, hvad jeg gjorde i eksperimenterne med Particle Toy og Z-brush. Det betyder, at vi er begrænset til at bevæge os i et 2d plan. Det er som, når vi tegner på et stykke papir. Motion Capture, som tidligere blev belyst i sektion 5.2, handler derimod om en teknik, der indfanger en 3d fysisk bevægelse, hvilket typisk bliver brugt i filmindustrien. Flere forskere og designere har ligeledes eksperimenteret med at udnytte denne teknik i forbindelse med deres forskning og kunstneriske virke. Jeg har f.eks. tidligere i sektion 5.2 beskrevet Tavs Jørgensens (2009) eksperimenter med en datahandske som et eksempel på *motion capture*. Det er ikke et dynamisk system Tavs Jørgensen eksperimenterer med, men

det er interessant i forhold til dette kapitels problemstilling, at Tavs Jørgensen udnytter det digitale medies mulighed til at indfange en 3d bevægelse i et 3d grafisk rum i forhold til en formgivningsproces. Det er interessant, fordi det giver mulighed for at indfange en 3d bevægelse, som et spor over tid på en lignende måde som vi har set det i eksemplerne med futuristernes eksperimenter med fotografiet, - f.eks. som på figur 5.1.5 "Change of Position" af Anton Bragaglia 1911.

Det er enestående for det digitale medie at kunne indfange eller kunne "tegne" 3d fysisk i luften, simultant med, at det afspejles i et 3d virtuelt rum. Det er til sammenligning med papir og blyant ikke muligt. Et andet eksempel på at udnytte dette potentiale er den svenske designgruppe Front. Front udnytter bl.a. *motion capture* til at tegne møbler i luften ved hjælp af en infrarød lyspen, hvis bevægelser bliver indfanget af flere kameraer og derved omsat til 3d data, se figur 7.2.1. De hvide tegnespor på figur 7.2.1, er ikke fysiske resultater af håndens bevægelser, men illustrerer blot bevægelsen, der bliver omsat til 3d data i et 3d grafisk softwareprogram og efterfølgende kan bearbejdes og overføres til fysisk form ved hjælp af Rapid Prototyping. Teknikken har en lighed med Jane Harris' eksperimenter med *motion capture*, som jeg ligeledes omtalte i sektion 5.2



Figur 7.2.1 // Front udnytter *motion capture* til at tegne møbler i 3d ved hjælp af en infrarød lyspen, hvis bevægelser bliver indfanget af flere kameraer og efterfølgende omsat til 3d data.

For at perspektivere ideen om at indfange 3d bevægelser i et 3d grafisk rum er det interessant at sammenligne Tavs Jørgensens og Front's eksperimenter med Geoffrey Mann's *Flight landing* på figur 5.2.4 i sektion 5.2. *Flight landing* skildrer og indfanger ligeledes en bevægelse som spor over tid. Forskellen mellem på den ene side Geoffrey Mann's eksperimenter og på den anden side Tavs Jørgensens og Front's eksperimenter er, at *Flight landing's* data er indfanget på baggrund af en videooptagelse af en flyvende fugl, mens Tavs Jørgensens og Front's bevægelser er deres egne bevægelser, der bliver omsat direkte til 3d data. Det betyder, at det for det første ikke er Geoffrey Mann's egen bevægelse, men et objekt der bevæger sig, - og for det andet, at det er 2d grafisk data (videooptagelse), der skal overføres til 3d datainformation. Geoffrey Mann's tilgang bidrager på den måde ikke til at

kunne interagere med det dynamiske system i formgivningsøjeblikket og er derfor ikke relevant i forhold til dette kapitels problemstilling.

Tavs Jørgensens og Front's teknikker muliggør derimod at indfange 3d bevægelser fysisk i rummet, hvilket jeg ikke gjorde med Particle Toy og Z-Brush ved at benytte en mus. Til gengæld bidrog Particle Toy og Z-Brush med et interaktivt dynamisk system. Det er derfor interessant, hvordan jeg kan koble disse to potentialer sammen. Den næste sektion vil beskrive muligheden for selv at udvikle dynamiske systemer til et bestemt formål, hvilket kan danne basis for at kombinere dynamiske systemer med teknikker som *motion capture*.

7.3 // Interaktive dynamiske systemer

Jeg har beskrevet dynamiske systemer i eksisterende software som Real Flow og Z Brush. Disse er udviklet som redskaber, der som udgangspunkt primært kan understøtte fagområder som film og computerspil. En problematik ved disse softwareprogrammer er, at de allerede er målrettet mod en bestemt brug. Dette gør, at de for det første er begrænset og for det andet at de kan forekomme som skabeloner til et formudtryk, der kan spores i et artefakt. Det sidstnævnte handler om den problematik som jeg tidligere har nævnt i sektion 4.2.1 og som Drummond Masterton (2005) peger på.

We have reached a point where it is possible to identify similarities in visual and formal aesthetics in the work of makers utilising digital technologies.
(Masterton, 2005)

Det er derfor oplagt at spørge, om det ikke er muligt selv at formgive de dynamiske systemer?

Den engelske designgruppe 1234lab har eksperimenteret med at omforme lyd til fysisk form i projektet 8hertz. I 8hertz bliver en personlig stemme optaget og omsat til 3d geometri ved hjælp af et til formålet specielt udviklet softwareprogram (1234lab, 2009). Den 3d digitale geometri kan efterfølgende blive overført til en fysisk form ved hjælp af RP, og udgøre et halssmykke som det kan ses på figur 7.3.1.

Programmeringen repræsenterer her det dynamiske system, der i dette tilfælde er udviklet specielt til formålet og altså ikke baseret på et dynamisk system i en eksisterende software. Det er medlemmerne i udstillingsgruppen 1234lab, der har bestemt hvilket formudtryk programmeringen skal producere, men den konkrete formgivning er baseret på den personlige stemme. Formgivningsprocessen forløber i to faser. Den første fase består af den personlige stemme som et *digital-input* (se sektion 4.2) og den anden fase går ud på at programmeringen omsætter stemmen til form. Disse to faser forekommer i dette tilfælde ikke simultant, men som to adskilte processer. En sådan formgivningsproces minder dog om den, vi kender fra Real Flow og ideen om *autonom materialedreven formgivning* se sektion 3.5.1.



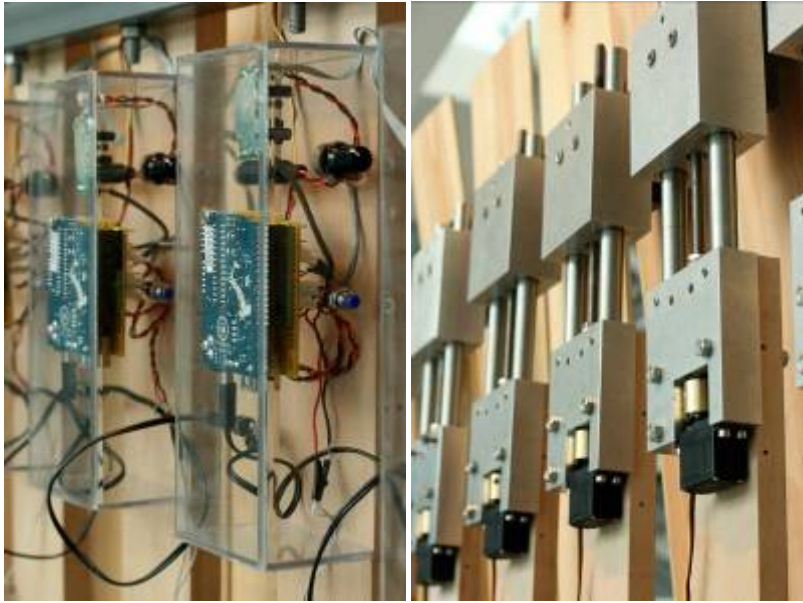
Figur 7.3.1 // I 8hertz af 1234lab bliver en personlig stemme optaget og omsat til 3d geometri ved hjælp af et til formålet specielt udviklet programmeret software.

Det interessante ved eksemplet er, at det eksperimenterer med et dynamisk system, der er udviklet med udgangspunkt i en specifik ide baseret på et unikt *digital-input* med det formål at formgive et 3d fysisk artefakt. Det interessante er ligeledes at designgruppen ikke konkret vil formgive artefakterne selv, men vil lade en bruger blive involveret i formgivningsprocessen, så formgivningsresultatet bliver baseret på forbrugers personlige stemme og derved bliver et personligt artefakt. Der er i denne tilgang til formgivning en lighed med projektet *Automake* (se sektion 4.3), der ligeledes var baseret på et dynamisk system, der genererede form og på en lignende måde involverede en bruger i formgivningsprocessen af et personligt artefakt. Det interessante ved en sådan tilgang er, at den snarere handler om at formgive formgivningens muligheds rum, end at formgive selve artefaktet. Dette har en lighed med at identificere *første niveau i materialedreven formgivning* (se sektion 3.4) og efterfølgende lade forbrugeren folde det fulde potentiale ud, - hvilket svarer til *andet niveau i materialedreven formgivning* (se sektion 3.4).

En mere radikal version af et digitalt dynamisk system kan beskrives ved hjælp af Anna Vallgårdas forskning. Anna Vallgårdas udgangspunkt er, at computeren med skærm, tastatur og mus kun er *en* mulig måde at interagere med computere på, og hun foreslår at computerteknologi kan ses som et materiale, som så mange andre materialer vi formgiver med (Anna Vallgård & Redström, 2007). Dette har Anna Vallgård bl.a. undersøgt i eksperimentet *Planks* i et samarbejde med billedkunstneren Henrik Menné, se figur 10.2.1a og 10.2.1b . *Planks* består af en række træplanker, der ved hjælp af computere former og bevæger sig afhængigt af lyd. *Planks* eksperimenterer på den måde med, hvordan computeren kan ændre udtrykket i et traditionelt materiale som træ (Anna Vallgård, 2010). Træplankerne og computeren er i dette eksperiment blevet en integreret helhed.



Figur 10.2.1a // *Planks* består af en række træplanker, der ved hjælp af computere former og bevæger sig afhængigt af lyd. *Planks* er et samarbejde mellem Anna Vallgård ph.d. og billedkunstner Henrik Menné 2008.



Figur 10.2.1b // Figuren viser de computere og den mekanik, der får træplankerne til at forme og bevæge sig afhængigt af lyd. *Planks* 2008. Et samarbejde mellem Anna Vallgård ph.d. og billedkunstner Henrik Menné.

Sammenligner vi Anna Vallgård's eksperiment med træplankerne og eksemplet med *Plask* i sektion 6.3, viser det en forskel mellem på den ene side at opsøge og identificere dynamiske systemer i de såkaldte eksisterende softwarepakker, og på den anden side at opfinde og udvikle dem ved hjælp af computerteknologi på sine helt egne præmisser. I *Planks* er der ikke tale om et formgivningsredskab til 3d artefakter, men om et interaktivt dynamisk system som publikum kan interagere med gennem bevægelse. Det, der er interessant i denne sammenhæng, er at forestille sig, at lignende fysiske interaktive dynamiske systemer (digitalt styrede) lige såvel kunne tænkes at blive udviklet til at være et formgivningsredskab. Dette åbner ideerne op for, hvad et digitalt dynamisk interaktivt formgivningsredskab kan være.

Et sidste eksempel i denne sektion er den interaktive kunstinstallation *Untitled 5* af Camille Utterback, hvilket især har inspireret til samarbejdet med Marcin Ignac. Det interessante ved *Untitled 5* er, at værket er baseret på et interaktivt *grafisk* dynamisk system, der responderer på publikums bevægelser (Utterback, 2004). Publikum kan bevæge sig indenfor et markeret felt på gulvet, hvorved deres bevægelser bliver indfanget af et kamera i loftet. Bevægelserne bliver simultant omsat via et af Camille Utterback formgivet digitalt dynamisk system til en omskiftelig grafik på et lærred på væggen, se figur 7.3.3. Camille Utterback har en baggrund som kunstmaler og det er til dette kapitels formål derfor interessant at se *Untitled 5* som et eksempel på et grafisk formgivningsredskab, snarere end et interaktivt kunstværk.



Figur 7.3.3 // Camille Utterback. *Untitled 5* er baseret på et interaktivt visuelt dynamisk system, der responderer på publikums bevægelser.

Det er sådanne ideer med selv at kunne formgive et dynamisk system sammen med ideen om at indfange 3d bevægelser, som jeg beskrev det i sektion 7.2 gennem eksempler af Tavs Jørgensen og Front, der har dannet grundlag for et eksperiment med at udvikle et dynamisk interaktivt formgivningsredskab, hvilket den næste sektion handler om.

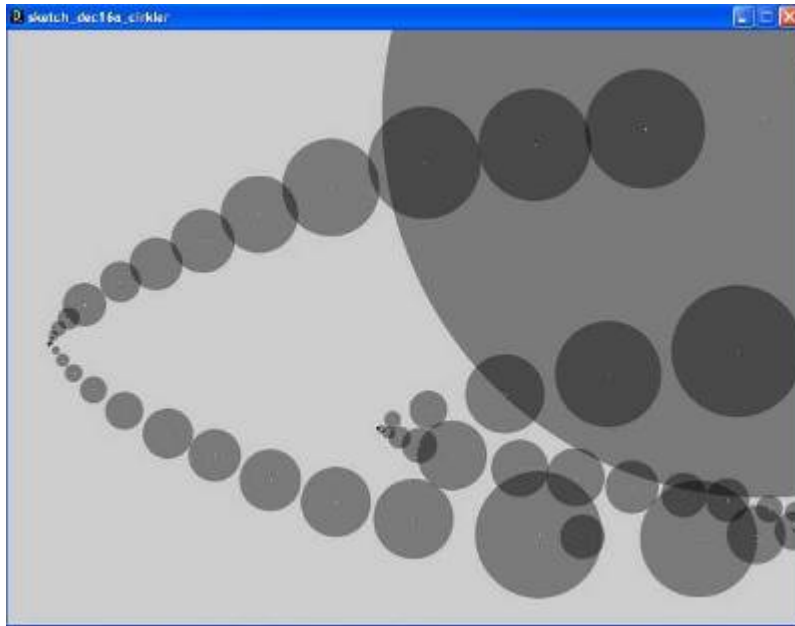
7.4 // Et samarbejde med Marcin Ignac

Ideen om selv at kunne formgive et dynamisk interaktivt system, der er muligt at interagere med ved hjælp af 3d bevægelser, dannede grundlag for at udvikle, hvad jeg har kaldt et *dynamisk interaktivt formgivningsredskab (DIF)* i et samarbejde med programmør og interaktionsdesigner Marcin Ignac. Samarbejdet eksperimenterer med at udnytte en wii-mote som redskab til at indfange 3d bevægelse og at formgive et digitalt dynamisk system ved hjælp af programmeringsproget *Processing*. Processing er udviklet af Casey Reas og Ben Fry (2001) som en platform til designere, kunstnere og andre, der er interesserede i interaktive dynamiske systemer og visuelt arbejde igennem udvikling af software. Processing er et gratis programmeringssprog også kaldet "open source programming language", der har været tilgængeligt på internettet siden 2001, og kan både benyttes af folk med både en lille og stor erfaring. Det er brugerne selv på den internetbaserede platform, der er med til at udvikle Processing ved at dele erfaringer, svare på spørgsmål i et forum og dele programmeringskoder. Processing er derfor ikke en brugerflade som vi kender det fra software som 3d Studio Max med ikoner og lignende, men skal programmeres med et såkaldt script, for at en grafisk visualisering opstår.

Samarbejdet med Marcin Ignac tog udgangspunkt i allerede eksisterende 2d interaktive dynamiske systemer på Processing's internet platform. Eksemplerne på figur 7.4.1a og b repræsenterer et sådan udgangspunkt, hvor musen bruges som redskab til at interagere med det dynamiske system. Figur 7.4.1a afspejler et dynamisk system, hvor hastigheden og bevægelsen med musen afspejles i cirklernes størrelse. Det betyder i dette tilfælde, at en hurtig bevægelse med musen genererer små geometrier og omvendt. Figur 7.4.1b afspejler derimod musens bevægelse som et spor af ekkoer, der bliver mindre og mindre over tid og som til sidst forsvinder.

På figur 7.4.1c kan ses et eksempel på et såkaldt script i Processing, der genererer det dynamiske system på figur 7.4.1b. Kort kan jeg uddrage følgende af scriptet: Tallet 160 i den første linje fortæller om størrelsen på den cirkel som musens position repræsenterer. Tallene 500, 500 i syvende linje fortæller om tegnefeltets størrelse. Tallene 255, 153 fortæller om farven på den tegnede grafik. Linie 17-25 afspejler det dynamiske system, der bidrager med et spor af ekkoer. Linie 28 fortæller om grafikens form. Scriptet kan afprøves på <http://processing.org/learning/basics/storinginput.html>.

En erfaren programmør kan for det første aflæse langt mere komplekse scripts og gennemskue, hvad der grafisk vil opstå. Desuden kan programmøren også få grafikken til at udføre handlinger, der afspejler en så høj grad af kompleksitet, at det kræver erfaring med programmering, for at kunne have fantasi til at forestille sig grafikken på forhånd.



Figur 7.4.1a // Figuren viser, hvordan musens hastighed og bevægelse afspejles i cirklernes størrelse.



Figur 7.4.1b // Figuren viser musens bevægelse som et spor af ekkoer der bliver mindre og mindre over tid og som til sidst forsvinder.

```
int num = 160;
float mx[] = new float[num];
float my[] = new float[num];

void setup()
{
  size(500, 500);
  smooth();
  noStroke();
  fill(255, 153);
}

void draw()
{
  background(51);

  // Reads through the entire array
  // and shifts the values to the left
  for(int i=1; i<num; i++) {
    mx[i-1] = mx[i];
    my[i-1] = my[i];
  }
  // Add the new values to the end of the array
  mx[num-1] = mouseX;
  my[num-1] = mouseY;

  for(int i=0; i<num; i++) {
    ellipse(mx[i], my[i], 1/2, 1/2);
  }
}
```

Figur 7.4.1c // Et såkaldt script til at generere det dynamiske system, der illustreres på figur 7.4.1b.

Det er interessant at sammenligne et sådan script med en kemisk formel, der beskriver et fysisk materiales indhold af grundstoffer. I det keramiske fagområde benyttes en kemisk formel, der kaldes en segerformel. Segerformlen afspejler f.eks. en keramisk glasurs mineralers grundstoffer og er et værktøj til at vurdere og korrigere sine glasurer (Linnet, 1996).

En glasur opskrift kan f.eks. bestå af følgende grundstoffer:

Kalifeldspat	24,1%
Kaolin	22,4%
Kvarts	43,4%
Kridt	10,1%
	100%

Segeformlen kan beregnes ud fra opskriften og omvendt og afspejler den samlede mængde mineralers indbyrdes forhold af grundstoffer. En sådan beregning kan foretages med en lommeregner, men er typisk baseret på et computerprogram, der indeholder de relevante råmaterialers kemiske sammensætninger. Segeformlen vil med udgangspunkt i ovenstående opskrift f.eks. se sådan ud:

0,3 K ₂ O		
	0,9 Al ₂ O ₃	8SiO ₂
0,7 CaO		

Tabel 7.4.1 // Tabellen viser Segeformlens opdeling i tre kategorier; fra venstre: basiske oxider, amfotere oxider og sure oxider.

Segeformlen er opdelt i tre kategorier, der fra venstre opdeles i basiske oxider, amfotere oxider og sure oxider. Eksemplet er taget fra Erik Linnets bog Glasurnøglen (1996). Et eksempel på, hvordan en glasur kan vurderes ud fra segeformlen, er at se på forholdet mellem de amfotere oxider og sure oxider. I dette tilfælde indikerer dette forhold f.eks. en blank glasur, der f.eks. kan gøres mat ved at hæve Al₂O₃ mængden og sænke SiO₂ mængden. Dette kan gøres i et computerprogram, der efterfølgende omregner segeformlen til en opskrift baseret på keramiske råstoffer. Den erfarne keramikere, der benytter sig af segeformler kan dog (som programmøren) hurtigt se dette, og ved at dette f.eks. kunne løses med et råmateriale som kaolin. Ligeledes er det muligt at aflæse og justere brændingstemperatur eller korrigerer glasuren til en ønsket stoflighed. Jo flere mineralske materialers egenskaber keramikeren har erfaring med, des mere kan glasuren bliver udviklet til at opfylde et bestemt behov.

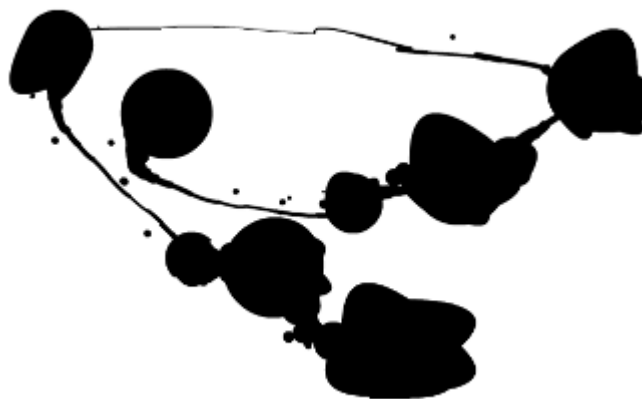
Som en kontrast er det meget brugt at keramikeren ved hjælp af konkrete eksperimenter og systematiske prøverækker blander keramiske råmaterialer og opnår, eller snarere opdager tilfredsstillende glasurresultater. Dette er en tilgang, der kan forbindes med materialedreven formgivning, hvis den er baseret på at undersøge et dynamisk potentiale gennem eksperimenter, (se sektion 3.4). Sidstnævnte tilgang er f.eks. udnyttet af Gitte Jungersen (2009) i forbindelse med værket på figur 6.2.19 i sektion 6.2.

I samarbejdet var min erfaring, at Marcin Ignac's programmeringsarbejde repræsenterede en blanding af en sådan erfaring med "kemiske formler", dvs. script og en eksperimenterende tilgang, der kan byde på overraskelser (Ignac, 2009) (Marcin Ignac, personlig samtale, 4. marts 2009). Det var netop en sådan erfaring med programmering og min egen erfaring med materialedreven formgivning, jeg ønskede at undersøge og udnytte i et samspil for at opnå en kompleksitet i formgivningen.

Det dynamiske system, som figur 7.4.1a repræsenterer, kan have mindelser om en pensels strøg på et lærred, der ligeledes kan afspejle håndens bevægelse og hastighed. Det er i den sammenhæng interessant at referere til action-painting,

hvor Jackson Pollock f.eks. dryppede maling ekspresivt ud over et lærred med en pensel eller et andet redskab. Jackson Pollock's action-painting afspejler ikke alene håndens bevægelse, men ligeledes hastighed, malingens viskositet og tyngdekraften som parametre og er et godt eksempel på *interaktiv materialedreven formgivning*.

Den græskfødte kunstner Miltos Manetas har ladet sig inspirere af Jackson Pollocks action-painting og har eksperimenteret med en programmering beregnet til Ipad fra Apple. Fra Miltos Manetas hjemmeside kan man få adgang til JacksonPollock.org, der består af et dynamisk interaktivt tegneprogram der responderer på cursorens bevægelse og bidrager med resultater, der minder om Jackson Pollocks action-painting. Eksemplet på figur 7.4.2 er resultatet af et besøg, som jeg har haft på hjemmesiden. Miltos Manetas programmering er i denne sammenhæng et udmærket eksempel på at en erfaring med fysiske materialers generative potentiale er blevet udforsket i forhold til det digitale medie.



Figur 7.4.2 // Figuren viser resultatet af et besøg, som jeg har haft på Miltos Manetas hjemmeside: JacksonPollock.org. JacksonPollock.org består af et dynamisk interaktivt tegneprogram, der responderer på cursorens bevægelse og bidrager med resultater, der minder om Jackson Pollocks action-painting.

The Decisive Moment er titlen på en bog af Cartier-Bresson, som er blevet et begreb, der beskriver det øjeblik af kreativitet, hvor fotografen tager et billede (Bresson, 1992). Det dynamiske system på figur 7.4.1b kan have mindelser om at indfange et sådan flygtigt øjeblik. Det dynamiske system på figur 7.4.1b er i konstant forandring. Når musen bevæges, vil der fra cursorens centrum konstant udgå voksende geometrier og grafikken vil derfor hele tiden være under forandring. Hvis et øjeblik i denne bevægelse skal indfanges handler det ligeledes om et øjeblik af kreativitet, - hvilket teknisk set i dette tilfælde kan indfanges ved hjælp af print screen funktionen. En interessant sammenligning at pege på i forhold til figur 7.4.1b er ligeledes Étienne-Jules Marey's og futuristernes fotografiske eksperimenter, som jeg tidligere har beskrevet i sektion 5.1. Jeg tænker især på "Change of Position" af Anton Bragaglia på figur 5.1.5 og ideen om bevægelse skildret som *en proces* og som *abstrakt*. Figur 7.4.1a og figur 7.4.1b handler om at

indfange en bevægelse over tid, dvs. som en proces, der afspejles i en geometri, der er abstrakt. Konkret er der ligeledes en interessant lighed med "Change of Position" ved at figur 5.1.5 tydeligt afspejler en hånds hastighed i en gestus eller et øjeblik af kreativitet.

Det var sådanne overvejelser, der konkret dannede grundlag for samarbejdet med Marcin Ignac, og gjorde det interessant at eksperimentere med i forhold til 3d bevægelser og 3d digital geometri. I samarbejdet eksperimenterede vi med at en wii-mote indfanger formgiverens 3d bevægelser med hånden, se figur 7.4.3. Håndens bevægelser bliver simultant omsat til 3d geometri gennem et dynamisk system, der er baseret på hastighed. Eksempler på dette kan ses på figur 7.4.4a og 7.4.4b.

Figur 7.4.4a viser, hvordan håndens bevægelse og hastighed med wii-moten afspejles i størrelsen af de kuglerunde 3d geometrier og deres indbyrdes afstand. Jo hurtigere bevægelse med wii-moten des mindre geometrier og længere afstand mellem geometrierne. Vi kan kalde dette dynamiske system for det *størrelsesbaserede* dynamiske system. Se endvidere demonstrationsvideo i appendikset, se figurens nummer.

Figur 7.4.4b afspejler derimod, hvordan håndens bevægelse og hastighed med wii-moten er baseret på, at kuglerunde geometrier konstant vokser ud fra wii-motens position. Ved bevægelse med wii-moten efterlades derfor et spor, der afspejles i de kuglerunde geometriers indbyrdes afstand. I dette tilfælde er geometrierne under konstant forandring, og det gælder her om at fastfryse et flygtigt øjeblik. Vi kan kalde dette dynamiske system for det *voksende* dynamiske system. Se endvidere demonstrationsvideo i appendikset, se figurens nummer.

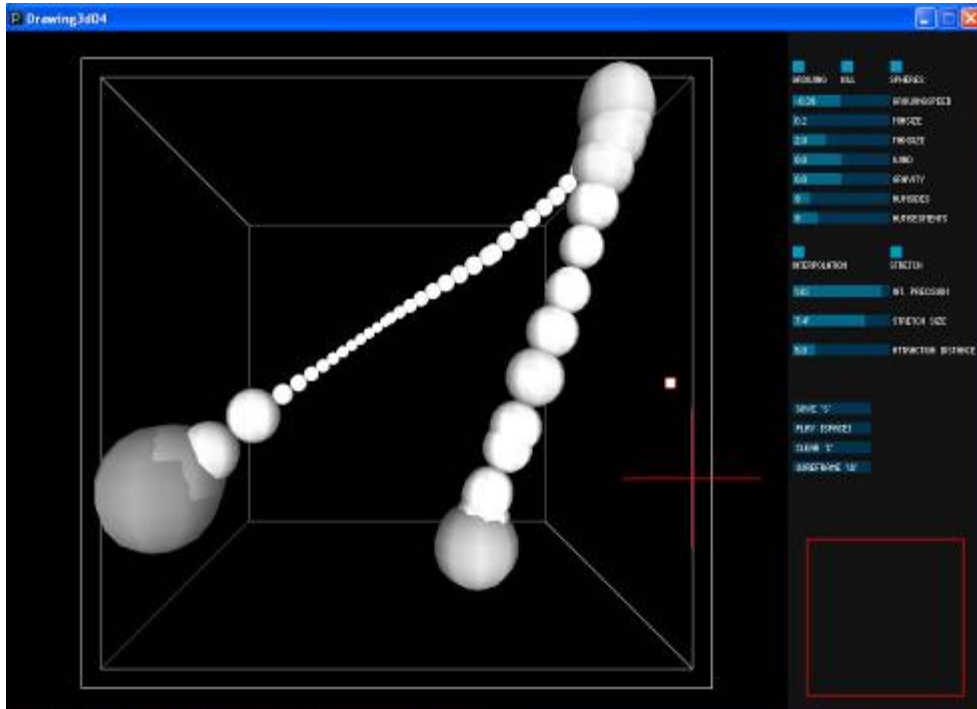
På både figur 7.4.4a og 7.4.4b kan der i højre side desuden ses en menu, der muliggør at indstille en række parametre. Dette kan f.eks. handle om, i hvor tæt afstand geometrierne i det størrelsesbaserede dynamiske system som udgangspunkt skal placere sig i forhold til en given hastighed i en bevægelse, - eller det kan f.eks. handle om, hvor hurtigt geometrierne skal vokse frem fra wii-motens position i det voksende dynamiske system. Desuden er det f.eks. muligt at kombinere de to redskaber som henholdsvis figur 7.4.4a og 7.4.4b repræsenterer.

Figur 7.4.4c og 7.4.4d viser en række skitser, der afsøger det størrelsesbaserede dynamiske systems potentiale. På figur 7.4.4d er parametrene i det dynamiske system ændret i forhold til skitserne på figur 7.4.4c, idet at geometrierne forekommer med en større afstand i forhold til den samme hastighed i bevægelsen. Figur 7.4.4e viser en række skitser, der afsøger det voksende dynamiske systems potentiale. Skitserne viser til sammen den kompleksitet i formgivningen, det er muligt at opnå, når det digitale dynamiske system er baseret på brugerens direkte interaktion og udforskning i formgivningsøjeblikket.

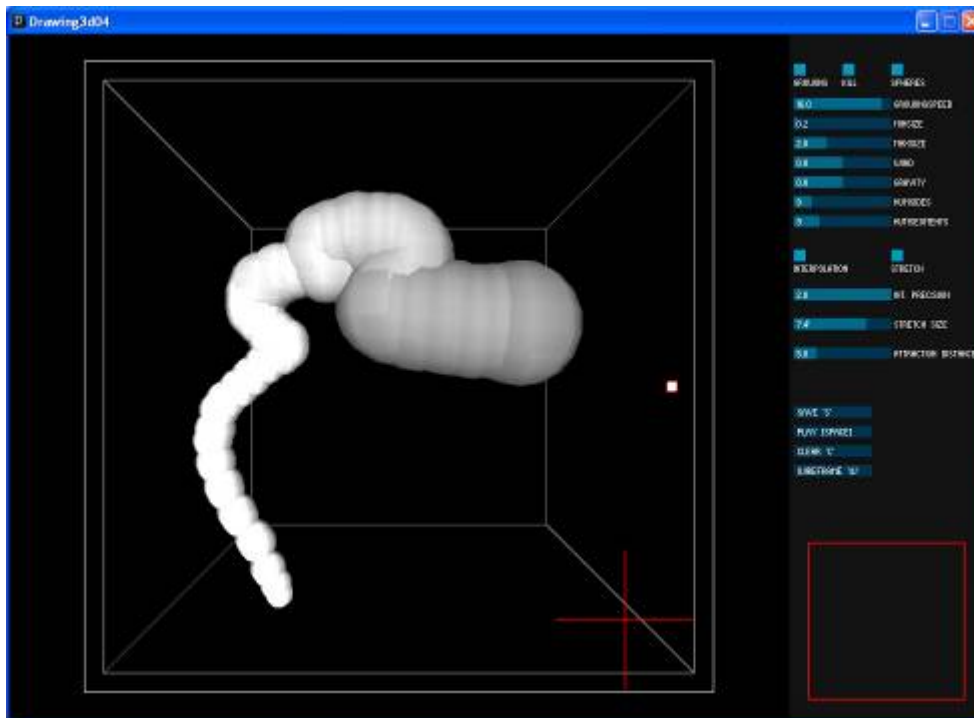
Sådanne geometrier består af 3d grafik og kan derfor efterfølgende overføres til fysisk form. Figur 7.4.5a viser eksempler på 3d print baseret på det størrelsesbaserede dynamiske system, - og figur 7.4.5b viser eksempler på 3d print baseret på det voksende dynamiske system.



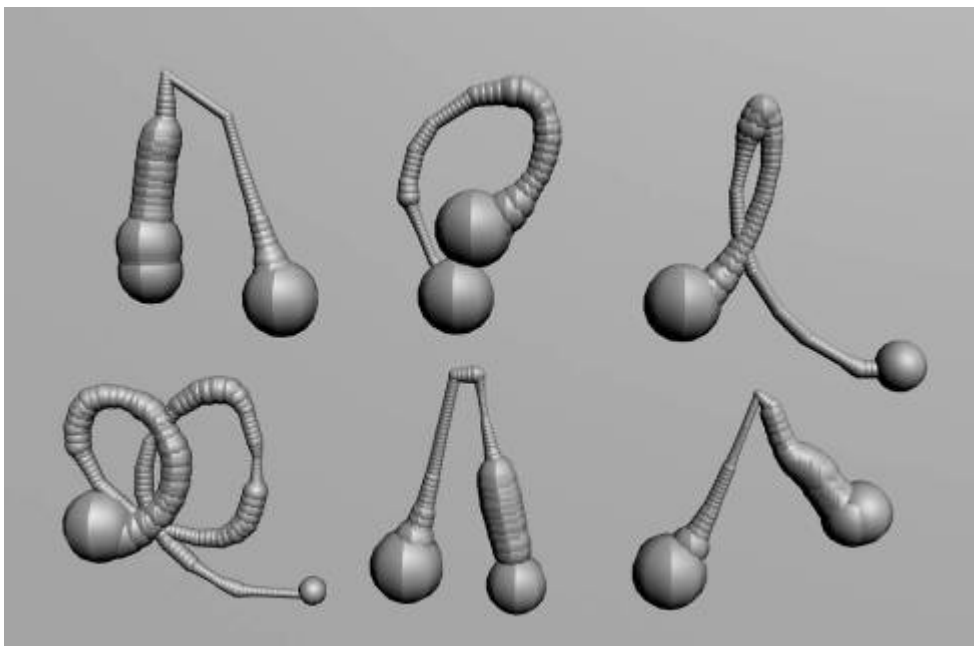
Figur 7.4.3 // En wii-mote indfanger formgiverens 3d bevægelser med hånden.



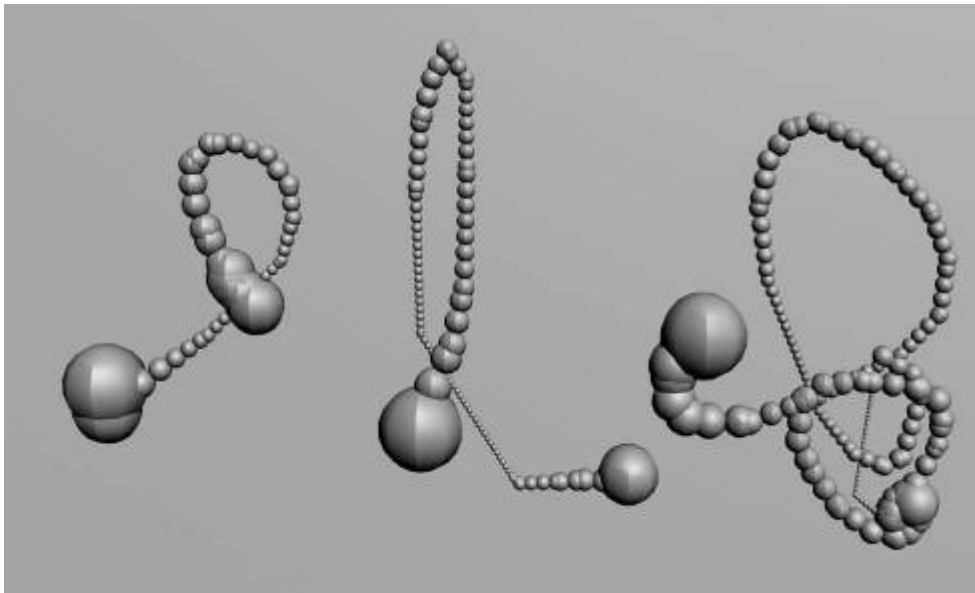
Figur 7.4.4a // Håndens bevægelse og hastighed med wii-moten afspejles i størrelsen af de kuglerunde 3d geometrier og deres indbyrdes afstand. Det *størrelsesbaserede* dynamiske system. Se endvidere demonstrationsvideo i appendikset, se figurens nummer.



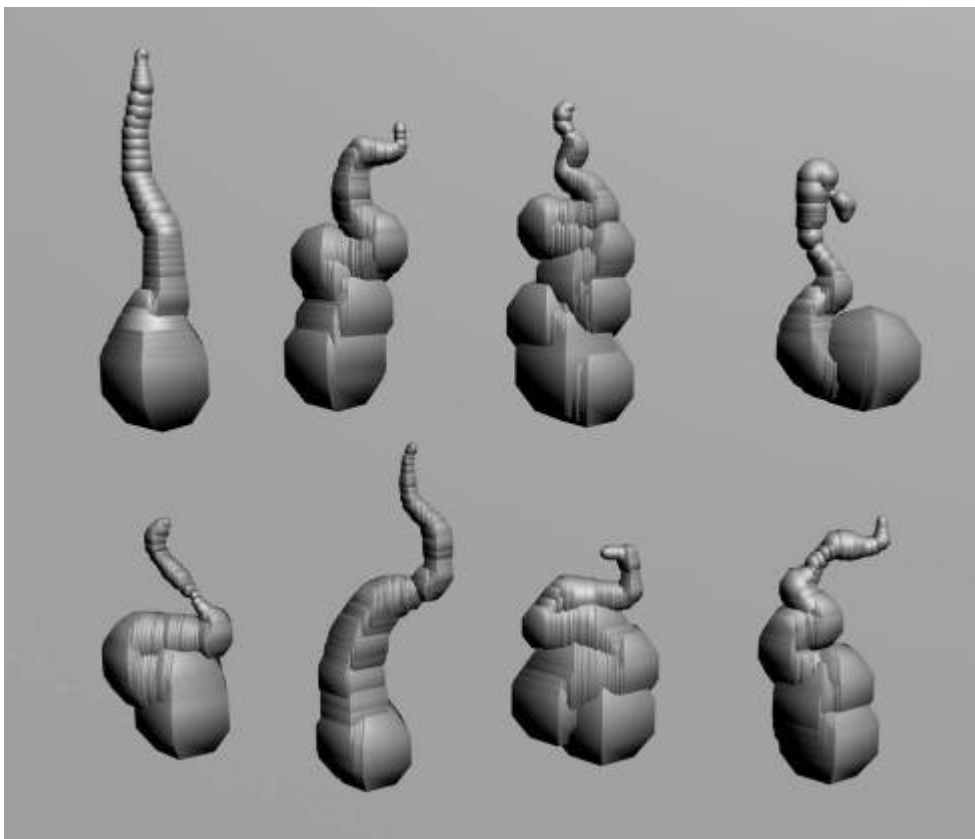
Figur 7.4.4b // Håndens bevægelse og hastighed med wii-moten er baseret på, at kuglerunde geometrier konstant vokser ud fra wii-motens position. Ved bevægelse med wii-moten efterlades derfor et spor, der afspejles i cirklernes indbyrdes afstand. I dette tilfælde er geometrierne under konstant forandring, og det gælder her om at fastfryse et flygtigt øjeblik. Det *voksende* dynamiske system. Se endvidere demonstrationsvideo i appendikset, se figurens nummer.



Figur 7.4.4c // Skitser, der afsøger det størrelsesbaserede dynamiske systems potentiale.



Figur 7.4.4d // Skitser, der afsøger det størrelsesbaserede dynamiske systems potentiale. Parametrene i det dynamiske system er ændret i forhold til skitserne på figur 7.4.4c, idet at geometrierne forekommer med en større afstand i forhold til den samme hastighed i bevægelsen.



Figur 7.4.4e // Skitser, der afsøger det voksende dynamiske systems potentiale.



Figur 7.4.5a // Eksempler på 3d print af det størrelsesbaseret dynamiske system.

Ideen med DIF er ikke som ved *Automake* (se sektion 4.3) og *shertz* (se sektion 7.3), at der er en forbruger, der skal involveres, men er snarere et eksempel på, at formgiveren selv kan udvikle sit eget personlige formgivningsredskab og selv udnytte det i formgivningsprocessen. Ideen med at samarbejde med en programmør eller en lignende specialist indenfor digitale medier, er at en 3d formgiver, som f.eks. mig, ikke har den nødvendige viden. Formgiveren er i dette samarbejde specialisten i fysisk form og materialer, hvortil formgivningen skal bruges, - mens programmøren er specialisten i det digitale medies dynamiske potentialer, og målet er at samarbejdet fusionerer denne viden til en helhed.



Figur 7.4.5b // Eksempler på 3d print af det voksende dynamiske system.

I papiret *Capturing movements in a 3d interactive dynamic system* (Hansen, 2009a) argumenterer jeg for, at der kan drages en parallel mellem ideen om et digitalt dynamisk interaktivt formgivningsredskab og ideen om *materialedreven formgivning*. Første niveau i *materialedreven formgivning*, se sektion 3.4, svarer til mit samarbejde med Marcin Ignac om at udvikle DIF, dvs. både det digitale dynamiske system og den tilhørende brug af en wii-mote. Udviklingen af DIF er baseret på min erfaring for og nysgerrighed efter at identificere og udvikle et dynamisk potentiale i et materiale (her det digitale). Dette kan gøres i et kreativt samspil med programmøren og hans viden om det digitale medies potentiale. Andet niveau i *materialedreven formgivning*, se sektion 3.4, svarer til de undersøgelser og

eksperimenter jeg foretager mig for at undersøge DIF's formgivningspotentiale. Dette handler om at jeg som formgiver har en erfaring, interesse og nysgerrighed efter at aktualisere et formgivningspotentiale i et dynamisk system i en repræsentativ række versioner gennem en udforskende og legende tilgang.

Det er interessant at reflektere over, hvordan DIF's potentiale kan udnyttes til formgivning af artefakter lige fra øringer til vaser eller i forbindelse med opgaver i en større skala, som f.eks. til udsmykningsopgaver. Jeg vil eksemplificere med en sammenhæng, hvori DIF kunne tænkes at kunne være blevet udnyttet. I 2002 samarbejdede jeg med Gitte Jungersen i forbindelse med et udsmykningsoplæg. Oplægget var baseret på et dynamisk samspil mellem porcelænskugler og de "tilfældige" konstruktioner i arkitektur, der typisk kan være opstået ved om- og tilbygninger. Porcelænskuglerne var som udgangspunkt opsat i regelmæssige forløb baseret på kuglernes størrelse fra mindst til størst, se figur 7.4.6. Som en kontrast og en kommentar til den "tilfældige" arkitektur, opstod der kaos i porcelænskuglernes forløb, der til tider endte i løsrevne selvstændige rodebunker, se figur 7.4.7. Dette kaos skulle fremstå som noget "tilfældigt" lig med den tilfældighed arkitekturen havde undergået ved ombygningen. Det "tilfældige" blev komponeret af os og kunne volde besvær at opnå. Det er derfor interessant at se, hvordan eksemplerne på figur 7.4.4 og 7.4.5 formår at generere sammenlignelige forløb fra orden til kaos baseret på en ideen om materialedreven 3d digital formgivning ved hjælp af dynamiske interaktive systemer. Ved hjælp af det dynamiske interaktive system kan overgangen fra orden til kaos genereres i en legende interaktion med det digitale dynamiske system. Et sådan udsmykningsoplæg virker derfor som en interessant kontekst, hvortil ideen om DIF kunne udnyttes.



Figur 7.4.6 // Porcelænskuglerne var som udgangspunkt opsat i regelmæssige forløb baseret på kuglernes størrelse fra mindst til størst. Samarbejde med Gitte Jungersen 2002.



Figur 7.4.7 // Som en kontrast og en kommentar til den "tilfældige" arkitektur, opstod der kaos i porcelænskuglernes forløb

Det interessante ved DIF's potentiale er, at det ikke er begrænset til et specifikt fysisk materiales begrænsning. DIF repræsenterer en tilgang, der kan tage afsæt i og udforske alle mulige teknikker, fænomener eller temaer. Det kan handle om lyd, hastighed eller simuleringer af fysiske materialer og det kan være i tværfaglige sammenhænge eller noget helt andet, - og alligevel handle om formgivning af et 3d fysisk artefakt. Eksperimentet er derfor et godt eksempel på, hvordan det digitale medie kan bidrage med at fastholde flygtige fænomener, der adskiller sig fra fysiske materials begrænsninger (forskningsspørgsmål 2 med fokus på delmål 2a). Det er erfaringen med materialedreven formgivning, der udnyttes og gør det interessant i forhold til denne forsknings formål med at understøtte det keramiske fagområde i brugen af det 3d digitale medie.

7.5 // Low art, High art

For at afprøve DIF som et formgivningsredskab inviterede jeg designer duoen *Souvenir*, der består af kunsthåndværker Anne Tophøj og billedkunstner Jobim Jochimsen til i en dialog at eksperimentere med DIF som et formgivningsredskab. Formålet var at eksemplificere DIF's potentiale i et samspil med andre designere og samtidig afprøve min rolle som forsker. *Souvenir* var i gang med en undersøgelse af forskellen på *High Art* og *Low Art*. Billedkunst (maleri, skulptur, installation o.lign.) betegnes på engelsk *High Art* og på dansk *Den Store Kunst*. Ved *Low Art* eller *Den Lille Kunst* forstås kunsthåndværk. Disse betegnelser, der

indikerer at kunsthåndværk skulle være en "lavere" kategori indenfor kunstnerisk praksis har dog været emne for megen diskussion (Dormer, 1986; Veiteberg, 2005).

Souvenir brugte DIF til at transformere en håndbevægelse til et artefakt. Hånden er central indenfor både kunsthåndværk og billedkunst til f.eks. at skitsere, tegne og modellere. Håndens bevægelse blev indfanget af DIF og dannede efterfølgende grundlag for RP modeller, der blev overført til keramik gennem konventionelle teknikker. På RP modellerne kunne man ikke konstatere nogen forskel på, om bevægelsen stammede fra en kunsthåndværker eller en billedkunstner. Souvenir differentierede derfor produkterne ved at tilføje en del af dem en brugsfunktion ved at bore hul og sætte prop i, og ved at variere størrelse, *Stor Kunst / Lille Kunst*, eller position, *High Art / Low Art* (Souvenir, e-mail korrespondance, 10. maj 2009). Se eksemplerne på figur 7.5.1-7.5.3.

Souvenir's projekt viser, hvordan det selvsamme artefakt kan kategoriseres og prissættes alt efter, om det præsenteres som kunsthåndværk eller kunst. Kunsthåndværk vil typisk være billigere, hvilket også afspejles i Souvenir's priser (Souvenir, e-mail korrespondance, 10. maj 2009).

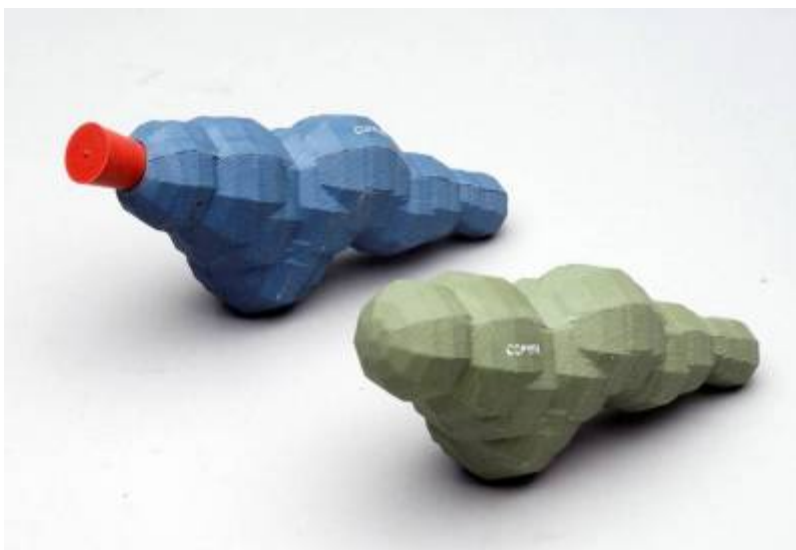
Souvenir's bidrag er derfor interessant i forhold til en diskussion om brugen af det digitale medie i kunstnerisk arbejde, og hvilken betydning det har i forhold til et artefakts kunstneriske værdi og kategorisering. Det er ikke en diskussion, der omfatter dette projekt, men det er interessant at Souvenir har udnyttet DIF's potentiale til at eksperimentere med dette tema.



Figur 7.5.1 // To artefakter, der har samme form men forskellig størrelse. Det store artefakt med prop i er Lille Kunst, og det lille artefakt er Stor Kunst. Souvenir 2009



Figur 7.5.2 // Det samme artefakt udført både som kunsthåndværk - Low Art (høj udgave) og som kunst - High Art (lav udgave). Souvenirx 2009.



Figur 7.5.3 // Det samme artefakt udført både som kunsthåndværk - en funktionel beholder, og som kunst - uden en brugsfunktion. Copyfix 2009.

7.6 // Delkonklusion og diskussion

Manuel DeLanda (2004) beskriver, hvordan computersimulation af evolutionære processer er en etableret teknik, dvs. man kan starte en population af virtuelle planter eller dyr i et computersimuleret miljø og følge, hvordan disse skabninger udvikler sig genetisk i generationer. Den slags computerprogrammer kendes under betegnelsen "genetiske algoritmer" og DeLanda foreslår sådanne teknikker anvendt i forhold til kunstnerisk design. Det er interessant at sammenligne denne ide om "genetiske algoritmer" med dette projekts eksperimenter med digitale dynamiske systemer, hvilket jeg først har eksperimenteret med i Real Flow (se kapitel 6) og efterfølgende ved hjælp af DIF (se sektion 7.4).

Manuel DeLanda's (2004, s.29) ide er at resultaterne af de genetiske algoritmer kan ses som design, og at kunstnere og designere derfor kan bruge sådan software til at fremavle nye former i stedet for specifikt at formgive dem. Et kriterium for succes er at resultaterne skal kunne overraske for at være vellykkede. Men Manuel DeLanda (2004, s.34) beskriver det som et problem, hvis den eneste rolle, der er tilbage, er at bedømme en æstetisk egnethed i en sådan genetisk algoritme. Som en løsning på dette peger Manuel DeLanda på, at kunstnere og designere selv kan formgive de genetiske algoritmer, - ikke forstået i en snæver forstand som f.eks. den genetiske udvikling af hvirveldyr som evolutionær proces, men i en bredere forstand som ligeledes også kan omfatte en algoritme for ikke-organiske størrelser. Kunstnere og designere må derfor f.eks. være i stand til at "hacke" sig ind i biologien, termodynamikken og andre områder indenfor videnskaben (Landa 2004, s.39), eller som Sanford Kvinter (2008, s.191) formulerer det i en relaterede diskussion i sit essay *Wildness om design og teknologi: We must learn to see design algorithms everywhere we look*.

Det er ideer, der har en lighed med den problemstilling, som jeg belyste i sektion 4.3 i forbindelse med overførelsesteknikkerne fra digital form til fysisk form på baggrund af Drummond Masterton's citat: "...it is possible to identify similarities in visual and formal aesthetics in the work of makers utilising digital technologies" (Masterton, 2005). Det er en problemstilling, der overordnet handler om at forholde sig kritisk til brugen af digitale medier for at opnå et enestående og originalt resultat. Manuel DeLanda (2004, s.39) formulerer det som, at formgivning skal kunne komme til at bære på en personlig signatur eller stil.

Da dette projekt har eksperimenteret med digital formgivning er det oplagt og interessant at diskutere og belyse denne problemstilling ved hjælp af projektets eksperimenter. Groft sagt kan man sige, at dette forskningsprojekts eksperimenter med 3d digital formgivning for det første har handlet om brugen af Real Flow og for det andet om samarbejdet med Marcin Ignac i forbindelse med min egen udvikling af et dynamisk system. Det er i begge tilfælde dynamiske systemer, der til dette formål kan diskuteres ud fra Manuel DeLanda's ideer om brugen af genetiske algoritmer. Som udgangspunkt muliggjorde RF at opstille (eller vi kan sige formgive) et dynamisk system af f.eks. partikler og ydre kræfter efter eget ønske. Alligevel er der tale om en begrænsning, da RF f.eks. er partikelbaseret. Denne begrænsning kan siges at definere en måde at tænke formgivning på, - det dynamiske system kunne jo alternativt være baseret på en ide om fraktaler og

derved repræsentere en helt anden måde at tænke formgivning på. Ligeledes er det et karakteristisk træk ved RF, at det ikke som tidligere nævnt er muligt at interagere i selve formgivningsøjeblikket. Man kan på den måde med Manuel DeLanda's ord sige, at der i brugen af RF allerede er lagt en såkaldt stil eller signatur i formgivningen, eller man kan sige, at der allerede er defineret en måde at tænke formgivning på. I samarbejdet med Marcin Ignac forholder det sig anderledes. I det eksperiment blev Processing benyttet som en platform til selv at definere grundlaget for det dynamiske system. Det dynamiske system var ikke defineret på forhånd i form af f.eks. eksisterende software, og der var derved en højere grad af personlig "signatur". Udgangspunktet for det dynamiske system byggede alene på den overordnede ide om *interaktiv materialedreven formgivning* og forskningsprojektets tematiske tema om bevægelse. Dette udgangspunkt blev i et samspil med Marcin Ignac's viden og programmeringsarbejde udviklet trin for trin. Samarbejdet gav derved en langt højere grad af mulighed for selv at eksperimentere med originalitet og personlig stil i forbindelse med 3d digital formgivning sammenlignet med brugen af RF.

Det er denne mulighed for en højere grad af personlig "signatur", der ligeledes gør DIF interessant i forhold til forskningsspørgsmål 2 med fokus på delmål 2a. DIF repræsenterer et godt eksempel på, hvad det digitale medie kan bidrage med, og som adskiller det fra brugen af fysiske materialer i formgivningsprocessen. I brugen af keramiske materialer med udgangspunkt i ideen om materialedreven formgivning, er man som formgiver bundet til det specifikke materiales "signatur". Man kan sige, at det fysiske materiale til en hvis grad er "programmeret" på forhånd, og at der som udgangspunkt er nogle forudbestemte præmisser for, hvordan materialet kan omsættes til 3d form. Keramikeren kan opnå en høj grad af personlig "signatur" og kompleksitet ved selv at udvikle et specifikt keramisk materiale og redskab, og en karakteristisk brændingsteknik. Det er Anne Tophøjs centrifugerede tallerkener (se sektion 3.2, figur 3.4.1) og Gitte Jungersens kogte og boblede glasur (se sektion 6.2, figur 6.2.19) gode eksempler på. Men formgivningen vil groft set altid afspejle et bestemt formsprog, der er forudbestemt og afgrænset af de keramiske materialer og teknikker. Dette handler om, at det keramiske materiale er karakteriseret ved at have visse egenskaber, der netop gør det keramisk, - f.eks. plastiske egenskaber og muligheden for at opnå særegne stofflige egenskaber. Desuden er det et materiale, der fysisk kan ses og sanses med følesansen. DIF repræsenterer derimod en tilgang, hvor materialets dynamiske potentiale, som vi har set i sektion 7.4, ikke er programmeret på forhånd. Ved materialedreven 3d digital formgivning kan formgiveren yderligere f.eks. tage afsæt i og udforske ikke synlige fænomener ved f.eks. at inddrage lyd eller håndens bevægelse og hastighed som et "materiale", der kan transformeres til 3d form på en måde, der er bestemt af formgiveren. Desuden lægger en sådan brug af det digitale medie op til at udnytte tværfaglig viden. Til sammen bidrager dette med, at den personlige "signatur" ved brugen af digitale medier kan blive langt mere kompleks i et 3d keramisk artefakt, end alene ved brugen keramiske materialer ud fra ideen om materialedreven formgivning.

Et andet aspekt, der er interessant at diskutere i relation til DIF, handler om den rolle jeg har haft som forsker. Det der er interessant at bemærke er, at jeg har fået

afprøvet min rolle som forsker, hvilken er kendetegnet ved ikke at have afsæt i et forudbestemt problem, - dvs. *undersøgelsesorienteret designpraksis* inkluderet i designforskning, se sektion 2.1. (I dette tilfælde kunne problemet have været et udstillingskoncept).

Min rolle har i denne sammenhæng handlet om at koble viden sammen fra forskellige fagområder med udgangspunkt i mine forskningsspørgsmål. Jeg har på den ene side samarbejdet med en interaktionsdesigner og programmør for at udnytte en teknisk viden om digitale medier, og på den anden side samarbejdet med design duoen Souvenix for at målrette og eksperimentere med denne viden i forhold til en bestemt kontekst, - her en udstillingskontekst. Disse samarbejder, understøtter, hvordan min rolle som forsker indenfor den såkaldte praksisbaserede forskning ikke nødvendigvis er karakteriseret af at udøve en designfaglig praksis som f.eks. keramikker, men snarere er karakteriseret ved at understøtte og bidrage med ny viden indenfor et fagområde. Dette er interessant, fordi udviklingen af DIF på den måde har målrettet og fastholdt min rolle i at opnå viden omkring forskningsspørgsmålene, uden at jeg samtidig skulle bruge tid til enten at indhente teknisk viden eller at afprøve en tilegnet viden til en bestemt brugskontekst. Dette har været muligt at opnå gennem samarbejder.

Yderligere er et interessant aspekt ved samarbejdet det dynamiske potentiale, der kan opnås gennem tværfaglighed. I første omgang handlede denne tværfaglighed om mødet mellem Marcin Ignac's viden om interaktive digitale medier, og min viden, erfaring og nysgerrighed omkring grænseområdet mellem et klassisk fagområde og brugen af digitale medier i forbindelse med 3d formgivning. I anden omgang omhandlede denne tværfaglighed yderligere et samarbejde med design duoen Souvenix og deres viden om at udnytte potentialet kunstnerisk til en given kontekst. Det er i denne forskelligartede viden, at der i samarbejdet opnås et dynamisk potentiale til at opnå resultater vi ikke kan tænke og eksperimentere os til hver især. Samarbejdet kan på den måde ses som et repræsentativt samarbejde mellem på den ene side formgivere af 3d brugsartefakter og på den anden side faglige specialister indenfor digitale medier i udviklingen af specifikke værktøjer til bestemte formgivningsopgaver.

Konkret kunne det f.eks. pege på et potentiale ved et tværinstitutionelt samarbejde mellem Danmarks Designskole og IT universitetet. Et sådan samarbejde kunne være baseret på at studerende som par kunne indgå i et tværfagligt eksperimentelt samarbejde med at udvikle specifikke digitale redskaber eller dynamiske systemer på et tidligt stadie i formgivningsprocessen af 3d fysiske artefakter. En sådan viden og erfaring ville yderligere kunne tænkes at bidrage med en kritisk brug af digitale medier indenfor 3d formgivning, da den digitale formgivning på den måde ikke ville være baseret alene på f.eks. færdigt udviklede software.

I dette forskningsprojekts sammenhæng kunne det i et sådan fremtidigt samarbejde være interessant at inddrage interaktiv materialedreven 3d digital formgivning baseret på følesansen (se sektion 3.5.2). Jeg har i dette projekt ikke haft tid og lejlighed til at eksperimentere med denne problemstilling, men det kunne være interessant at inddrage den teknologi, der går under navnet *Haptic Device*.

Et eksempel er Ann Marie Shillito's eksperimenter med *DrawnRealityPro*. Ann Marie Shillito (2004) er uddannet smykkekunstner, og forsker i at udnytte det digitale medies mulighed for at give en fornemmelse af at røre og interagere med et virtuelt materiale, ved at materialet yder fysisk modstand i det fysiske digitale redskab. Figur 7.6.1 viser et snapshot fra en demonstrationsvideo af et teknisk udstyr, der yder modstand på baggrund af et valgt digitalt materiale. Figur 7.6.1 viser skærmens interface og det digitale redskab i *DrawnRealityPro* udviklet af Anarkik3D LtD som Ann Marie Shillito er leder af (Shillito, 2009). Det digitale redskab i formgiverens hånd yder modstand alt efter den 3d digitale geometris egenskab som f.eks. simulerer et blødt eller hårdt materiale.



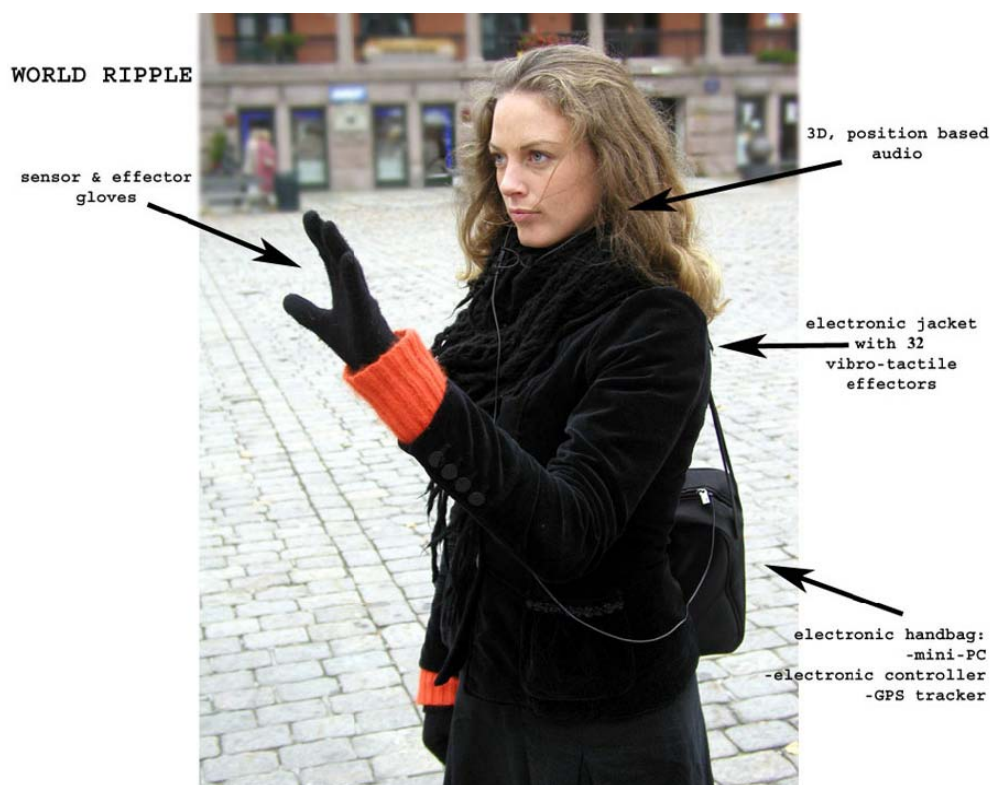
Figur 7.6.1 // Snapshot fra en demonstrationsvideo af et teknisk udstyr, der yder modstand på baggrund af et valgt digitalt materiale i softwaret *DrawnRealityPro*.

(*DrawnReality* demonstrator using Sensable's 6DoF OMNI haptic device circa 2006)

Et andet eksempel er Ståle Stenslie's eksperimenter med handsker, dragter, jakker mv. med vibrerende og stimulerende enheder, der igangsættes af digitale virtuelle interaktioner (Stenslie, 2009). Et eksempel er Ståle Stenslie's igangværende projekt *World Ripple*, der gør brugeren i stand til at opleve immaterielle skulpturer.

Skulpturen opleves ved hjælp af en dragt som brugeren har på under sit almindelige tøj. Dragten udløser ved hjælp af en række små fysiske komponenter en kombination af forskellige vibrerende og stimulerende mindre bevægelser i forskellige mønstre, der kan mærkes på kroppen, se figur 7.6.2. Denne stimulering giver en enestående form for kropslig stofflig oplevelse af skulpturen. Yderligere bliver forskellige lydspor afspillet, når brugere møder og interagerer med skulpturen. Oplevelsen er kun legemlig og er f.eks. ikke baseret på en interaktion ved hjælp af en computerskærm eller lignende.

Sådanne eksempler på at inddrage følesansen kunne være interessante at eksperimentere med i forbindelse med fremtidig forskning af interaktiv materialedreven 3d digital formgivning.



Figur 7.6.2 // Ståle Stenslie's igangværende projekt *World Ripple*, der gør brugeren i stand til at opleve immaterielle skulpturer. Skulpturen opleves ved hjælp af en dragt med vibrerende og stimulerende enheder, der igangsættes af digitale virtuelle interaktioner.

8 // Flygtige fænomener med fysiske materialer (E4)

I sektion 6.3 blev der med udgangspunkt i Real Flow (RF) for det første eksperimenteret med at fastholde virkelighedsrelaterede flygtige fænomener og for det andet med at opnå et dynamisk samspil mellem den digitale formgivning og de keramiske materialer i et keramisk artefakt. Dette samspil gav mulighed for at eksperimentere med dynamiske konflikter og en flydende grænse mellem fiktion og virkelighed (Hansen, 2009c). Eksperimenterne rejste spørgsmålet om, hvorvidt et lignende samspil er muligt alene med fysiske materialer ud fra ideen om materialedreven formgivning, - og i så fald, hvad det digitale medie med udgangspunkt i RF, da yderligere kan bidrage med. Dette spørgsmål refererer til S4 i de forgrenende eksperimenter på figur 6.1.

Dette kapitel handler derfor om en række eksperimenter med at fastholde flygtige fænomener i fysiske materialer med udgangspunkt i brugen af gips. Denne ide dannede rammen for en workshop på Guldagergaard i Skælskør i foråret 2008, der

blev arrangeret i et samarbejde med Anne Tophøj. På workshoppen deltog en gruppe studerende fra Danmarks Designskole. Jeg vil i den følgende sektion for det første beskrive workshoppens ide med at bruge gips og for det andet give et uddrag af workshoppens oplæg til forsøgsrækker, samt et udvalg af resultaterne. I den efterfølgende sektion vil jeg diskutere eksperimenternes relation til eksperimenterne i RF, for til sidst at diskutere eksperimenternes indbyrdes forhold til projektets øvrige spor af eksperimenter.

8.1 // Eksperimenter med gips-ler

Gips indeholder den kvalitet at gennemgå en krystalliseringsproces, når det som pulvermateriale blandes med vand. Gips undergår da en proces fra at være et flydende materiale til at tykne og blive et fast materiale. Denne egenskab gør gips til et velegnet materiale til at tage nøjagtige aftryk af et artefakt. Dette kan udnyttes til at udvikle et produktionsredskab til støbning med flydende ler. Det var denne teknik jeg udnyttede i forbindelse med eksperimentet *Plask* i sektion 6.3. Gips er derfor et meget brugt materiale indenfor det keramiske fagområde i forbindelse med både mindre serieproduktioner og ved en større industriel produktion.

Gipsens krystalliseringsproces forekommer over et så kort tidsinterval, at det ligeledes kan bruges som et oplagt udgangspunkt for dette kapitels problemstilling. Det vil sige til at eksperimenter med at fastholde et flygtigt fænomen, hvilket i dette tilfælde kan være et stadie af flydende gips i bevægelse.

Udførelsen i et keramisk materiale er i midlertidig altoverskyggende i dette forskningsprojekt, da formålet er at understøtte en formgivningsproces af et keramisk artefakt. Gips er ikke et keramisk materiale og vil heller ikke opnå den stoflige karakter, der kendetegner et keramisk materiale. Brugen af gips har derfor som udgangspunkt alene et potentiale til at eksperimenter med denne sektionens problemstilling og ville alene bidrage med et 3d fysisk artefakt, - på samme måde som Rapid Prototyping (RP) teknikken bidrog med et 3d fysisk artefakt i eksperimentet i sektion 6.3.. Det kunne dog være optimalt, hvis gips ligeledes havde det keramiske materiales potentiale til at opnå en kemisk transformation gennem oven brændingen. Dette ville medføre både styrke og en særegen stoflighed. Ved et tilfælde blev jeg på Guldagergaard introduceret til en række eksperimenter baseret på et samarbejde mellem Karen Harsbo, keramiker, lektor og leder af laboratoriet for keramik på Det Kongelige Danske Kunstakademi i København og Neil Brownsword, keramiker og PhD fra Storbritannien. De har eksperimenteret med en blanding af gips og flydende porcelæn, hvilket muliggør at materialeblandingen både besidder gipsens evne til at krystallisere og lerets evne til at blive brændt og opnå en stenagtig og stoflig overflade (Karen Harsbo, personlig samtale, 17. april 2008). Materialeblandingen, som efterfølgende vil blive kaldt gips-ler, viste i nogle indledende eksperimenter af Anne Tophøj og mig selv et potentiale til at indfange et flydende materiale i en bevægelse og vi besluttede derfor at bruge gips-ler til workshoppens.

Følgende er et uddrag af forsøgsrækkerne fra workshoppens på Guldagergaard.

Workshoppens forsøgsrækker:

Det primære formål med forsøgene var at undersøge gips-lerets potentiale i forskellige stadier i krystalliseringsprocessen.

Gips-ler blanding:

Materialer: Gips: Heidelberg Primosupra 70 fra Cerama og porcelænsstøbeler nr 8 fra Cerama.

Støbeleret blandes. 1 kg støbeler til 0,666 dl vand. Der tilsættes ikke dispex. Gips blandes som vanligt. Gipsen drysses jævnt i, uden klumper til den ligger lige under vandspejlet. Rør i gipsen, men ikke ret meget. Bland 1 del oprørt gips med 1 del oprørt støbemasse. Rør det sammen, så det har en ensartet farve og konsistens, men rør ikke mere end højst nødvendigt. Hvor meget der røres i gipsen og i blandingen har betydning for, hvor hurtigt gips-leret krystalliserer.

Forsøg A, tyngdekraft og kollision: En række ensartede klatter gips-ler formes på en bordplade. Lad en bestemt mængde af samme gips-lerblanding falde fra en given højde ned oven i hver klat med 1- 2 minutters mellemrum.

Figur 8.1.1 viser en gruppe studerende med forsøgsrække A. Figur 8.1.2 viser et udsnit af resultaterne, hvor den samme mængde gips-ler er faldet frit ca. 50 cm. med 2 minutters interval og kollideret med gips-ler klatten på bordet.

Krystalliseringsprocessen kan i dette tilfælde opdeles i tre stadier fra flydende til fast. I det første stadie vil gips-leret være for flydende til at afgive en 3d form og vil fremstå som en flad klat (se højre klat på figur 8.1.2). Det andet stadie vil derimod have opnået en styrke som en sammenhængende masse, men vil samtidig lade sig forme i kollisionen (se klatten i midten på figur 8.1.2). I det tredje stadie vil materialet være blevet for hårdt til at materialet ændrer markant karakter i kollisionen (se venstre klat på figur 8.1.2).

Det er det andet stadie i krystalliseringsprocessen, der er interessant, da det afspejler et øjeblik mellem flydende og fast form. Dette stadie egner sig til at fastholde et øjeblik af en væske i hurtig bevægelse. På figur 8.1.3 og 8.1.4 kan det ses på de skarpe kanter, der er udpeget med røde pile.



Figur 8.1.1 // Studerende med forsøgsrække A: tyngdekraft og kollision ved hjælp af gips-ler.



Figur 8.1.2 // Et udsnit af resultaterne fra forsøgsrækken, hvor den samme mængde gips-ler er faldet 50 cm. med 2 minutters interval. Gips-leret til højre er faldet først.



Figur 8.1.3 // Dette stadie afspejler det bedste stadie i krystalliseringsprocessen til at fastholde et øjeblik af en væske i hurtig bevægelse. Gipsleret har opnået en styrke, men lader sig samtidig forme, hvilket kan ses på de skarpe kanter, der er udpeget med røde pile.

Forsøg B, tyngdekraft, fald 180 grader: Placer en afmålt mængde gips-ler på en træplade. Vend pladen 180 grader, så gipsleret hænger nedad. Placer den på nogle støtter og lad det krystallisere i den position.

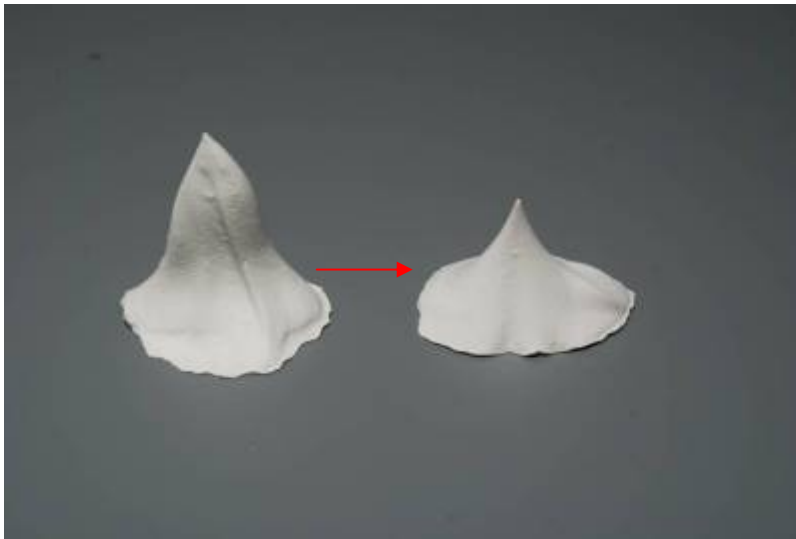
Figur 8.1.5 viser en opstilling fra forsøgsrække B. Gipsen hænger nedad i en spids, men producerer samtidig en klump nedfalden gips-ler. Figur 8.1.6 viser nogle udvalgte resultater fra forsøgsrækken med gips-leret. De røde pile markerer resultaterne som par. Pilene peger fra den hængende gips-ler til den faldne gips-ler. Figur 8.1.7 og 8.1.8 viser ved en sammenligning den forskellige grad af hastighed, det er muligt at udtrykke med gips-leret. Artefakterne på figur 8.1.7 er spidse, hvilket viser, at bevægelsen må have været hurtig. Til sammenligning viser figur 8.1.8 nogle klumpet og fyldige artefakter, hvilket viser at bevægelsen må have været langsom. Figur 8.1.8 viser et senere stadie i krystalliseringsprocessen i forhold til eksemplet på figur 8.1.7, og gips-leret er her tæt på opnå fast form. De røde pile på figur 8.1.7 og 8.1.8 peger fra det hængende gips-ler til det faldne gips-ler.



Figur 8.1.5 // En opstilling fra forsøgsrække B. Gipsen hænger nedad i en spids, men producerer samtidig en klump nedfalden gips-ler.



Figur 8.1.6 // Udvalgte resultater fra forsøgsrække B. De røde pile markerer resultaterne som par, der peger fra den hængende gips-ler til den faldne gips-ler.



Figur 8.1.8 // Det klumpede og fyldige artefakt afspejler en langsom bevægelse og derved en mindre grad af høj flygtighed.



Figur 8.1.7 // Det spidse artefakt afspejler en hurtig bevægelsen og derved en høj grad af flygtighed.

Forsøg C, trykluft: Bland en passende portion gips-ler. Eksperimentér med at puste med trykluft fra henholdsvis 90 grader (lodret ned i gips-leret) og 45 grader (skråt ned i gips-leret).

Dette eksperiment adskiller sig fra forsøg A og B, ved at handle om trykluft og ikke tyngdekraft.

Figur 8.1.9 viser trykluft, der bliver blæst i 90 grader ned i gips-lerets forskellige stadier i krystalliseringsprocessen. Figur 8.1.10 og figur 8.1.11 viser gips-leret påvirket af trykluft i henholdsvis en vinkel på 90 og 45 grader. Trykluftens tryk har her været konstant i en længere periode under krystalliseringsprocessen. Det er interessant, at tryklufften derved muliggør en stor variation i gips-lerets overflade fra store bløde formationer til helt små dramatiske og spidse formationer. Sporet afspejler gips-lerets konsistens over tid og den høje hastighed som højtrykslufften er blevet blæst med.



Figur 8.1.9 // Trykluft blæses i 90 grader ned i gips-lerets forskellige stadier i krystalliseringsprocessen.



Figur 8.1.10 // Gips-leret påvirket af trykluft i en vinkel på 90 grader. Tryklufften muliggør en stor variation i gips-lerets overflade fra helt små dramatiske og spidse formationer til større og mere bløde formationer.



Figur 8.1.11 // Gips-leret påvirket af trykluft i en vinkel på 45 grader. Tryklufften har bidraget med en organisk og blød formation med en dramatisk midte, der angiver tryklufftens retning. Den bløde formation er fremkommet i starten af krystalliseringsprocessen, mens den dramatiske midte er fremkommet i den fremskredne krystalliseringsproces.

8.2 // Diskussion og delkonklusion

Dette kapitel tog udgangspunkt i spørgsmålet om, hvorvidt det er muligt at opnå dynamiske konflikter og flydende grænser imellem fiktion og virkelighed alene med fysiske materialer, på en lignende måde som det var muligt i eksperimenterne med RF i sektion 6.3.

I sektion 6.3 beskrives de dynamiske konflikter, der opstår mellem det RP producerede artefakt og det keramiske materiale i det keramiske artefakt, som henholdsvis en *materialekonflikt* og *skalakonflikt*. *Materialekonflikter* afspejler en forskellig udnyttelse af materialer i forbindelse med materialedreven formgivning i det samme artefakt, - mens *skalakonflikter* afspejler en forskellig brug af skala i det samme objekt. Det er alt afhængig af denne forskellige brug af materialer og skala, at der kan opstå dynamiske konflikter og flydende grænser imellem fiktion og virkelighed.

Resultaterne af eksperimenterne i sektion 8.1 viser generelt et potentiale for at fastholde flygtige fænomener ved hjælp af gips-ler. Spørgsmålet er om dette potentiale kan bidrage med dynamiske konflikter og flydende grænser imellem fiktion og virkelighed, der er sammenlignelige med hvad eksperimenterne i sektion 6.3 ved hjælp af RF kunne bidrage med. Det skal i denne sammenhæng understreges at denne diskussion alene handler om de eksperimenter som sektion 6.3 beskriver og derfor om et specifikt potentiale i brugen af RF.

Jeg vil i det følgende argumentere for, at resultaterne af eksperimenterne i sektion 8.1 viser et potentiale for, at de kan indgå i et dynamisk samspil med det keramiske materiale på en tilsvarende måde, som det keramisk overførte RP producerede artefakt gør på figur 6.3.4 i sektion 6.3.

Et udgangspunkt for at diskutere dette kan være resultatet på figur 8.1.10 fra forsøgsrække C med højtrykluft. Området i gipsleret, der er påvirket af højtrykluft har mindelser om det område på figur 6.3.4 i sektion 6.3, der afspejler det RP producerede artefakt.

En sammenligning kan ses på figur 8.2.1. Det er tydeligt, at området i gipsleret, der er påvirket af højtrykluft kunne indgå i en klat gips-ler, på samme måde som det keramisk overførte RP producerede artefakt gør i det keramiske materiale. Eksperimentet med gips-ler og højtrykluft viser på den måde et potentiale for at opnå en dynamisk konflikt baseret på forholdet mellem en dramatisk formation og en organisk kurvet kontur som på figur 6.3.4. Denne konflikt afspejler en forskellig udnyttelse af materialer i det samme artefakt og derved en *materialekonflikt*.



Figur 8.2.1 // En sammenligning mellem resultatet på figur 8.1.10 fra forsøgsrække C med højtryksluft og det område på figur 6.3.4 i sektion 6.3, der afspejler det RP producerede artefakt. Sammenligningen viser et sammenfald.

Men bidrager eksperimenterne ligeledes med en *skalakonflikt*? I sektion 6.2 beskriver jeg, hvordan det i RF er muligt at eksperimentere med en skala, jeg normalt ikke har adgang til ved materialedreven formgivning med fysiske materialer. Jeg kan f.eks. i RF simulere et naturalistisk stort meteornedslag i et hav. Efterfølgende kan jeg overføre resultatet til 3d fysisk form ved hjælp af RP, men f.eks. i en lille størrelse, der kan stå på et bord. Dette muliggør en skalakonflikt, som vi har set det på figur 6.3.4 i sektion 6.3. Dette adskiller sig markant fra, hvad eksperimenterne i sektion 8.1 med gips-ler kan bidrage med. Det kan som udgangspunkt ikke lade sig gøre, at skalere et resultat baseret på ideen om materialedreven formgivning med fysiske materialer. Resultatet af et sådan eksperiment afspejler jo netop det fysiske materiale i sig selv. Jeg kan dog forestille

mig, at lignende eksperimenter kan benytte sig af specielt udviklet udstyr og derved opnå resultater, der kan have mindelser om fænomener i en anden skala. Étienne-Jules Marey's eksperimenter med vandpartikler på figur 6.2.17 i sektion 6.2 er et meget godt eksempel på et sådan udstyr. Sådanne eksperimenter kunne sandsynligvis bidrage med resultater, der kan give mindelser en *skalakonflikt* og derved muliggøre en flydende grænse mellem fiktion og virkelighed som i eksemplet på figur 6.3.4 i sektion 6.3. Men som jeg beskrev det i eksemplet med Étienne-Jules Marey i sektion 6.2, er det højst sandsynligt meget ressourcekrævende at fremstille sådanne fysiske dynamiske systemer og desuden må de være mere rigide. Til sammenligning repræsenterer RF et langt større og mere fleksibelt potentiale.

Omvendt er det interessant at perspektivere RF's potentiale ved at belyse gips-lerets fordele. Resultatet på figur 8.1.10 kan igen bruges som et godt udgangspunkt for at diskutere dette. Vi kan som sagt forestille os at figur 8.1.10 repræsenterer et udsnit af en stor klat gips-ler, der har en blød kurvet kant, der minder om artefaktet på figur 6.3.4 i sektion 6.3. Et sådan eksperiment med højtryksluft muliggør for det første en interaktion i formgivningsøjeblikket, det vil sige *interaktiv materialedreven formgivning* (se sektion 3.5.2). RF bidrog alene med en *autonom materialedreven formgivning*, hvilket er belyst i sektion 6.2. Dette betyder, at eksperimenterne med gips-ler kan bidrage med en højere grad af impulsiv, legende og eksperimenterende dialog med det fysiske dynamiske system.

For det andet har den konkrete brug af gips-ler den fordel, at jeg kan undgå det arbejde, der teknisk set er i at overføre et RP producerede artefakt til et keramisk materiale og den begrænsning dette medfører (se sektion 6.3). Det betyder, at artefaktet i gips-ler kan være formmæssigt mere komplicerede, hvilket giver en stor frihed i formgivningsprocessen. Yderligere giver det en konkret forståelse og fornemmelse af det 3d fysiske artefakt i formgivningsprocessen. Den 3d digitale formgivning kan fremstå overraskende anderledes efter en overførelse til 3d fysisk form, da den 3d digitale grafik, nu engang er en 2d visualisering.

Dette er fordele, der bl.a. afspejler to af de spørgsmål, som de indledende eksperimenter i RF rejste i kapitel 6. Dette handler om spørgsmål 1 og spørgsmål 2, se tabel 8.2.1. Ved at afspejle disse spørgsmål, understregede *fordelene* ved gips-ler derved vigtigheden i at undersøge disse spørgsmål i forhold til ideen om materialedreven 3d digital formgivning.

S1	Er det muligt at opnå en højere grad af interaktivitet med et digitalt dynamisk system i formgivningsøjeblikket? Dette spørgsmål indledte sporet med eksperimenterne: Et dynamisk interaktivt formgivningsredskab (E2), se kapitel 7
S2	Den keramiske teknik med gips og støbe-ler begrænser, hvor kompliceret en RP produceret model, det er muligt at overføre til det keramiske materiale. Kan denne overførelsesteknik forbedres? Dette spørgsmål indledte et spor med eksperimenterne: Fra digital form til fysisk form (E3) se kapitel 9

Tabel 8.2.1 // Fordelene ved gips-ler afspejler spørgsmål 1 og spørgsmål 2 som de indledende eksperimenter i RF rejste i kapitel 6.

Formålet med dette kapitel var først og fremmest at perspektivere RF's potentiale for at eksperimentere med at fastholde virkelighedsrelaterede flygtige fænomener, der kan indgå i et dynamisk samspil med keramiske materialer. Dette har jeg belyst og diskuteret.

Men eksperimenterne med gips-ler har også bidraget med en anden og uforudsigelig gevinst. Gips-ler kan nemlig bidrage med, at det RP producerede artefakt har en højere grad af komplicerthed, når den overføres til det keramiske materiale, end den keramiske teknik med gips og støbe-ler muliggør.

Denne problemstilling afspejler spørgsmål 2 (S2), der blev rejst på baggrund af sektion 6.3's eksperimenter, se tabel 8.2.1, og som kapitel 9's eksperimenter handler om. Konkret handler disse eksperimenter om, at gips-ler kan benyttes i silikoneforme, der er baseret på aftryk af RP producerede artefakter.

Dette er en uforudsigelig løsning og handler på den måde om det dynamiske potentiale som ideen om *forgrenende eksperimenter* som metode (se sektion 2.2) kan bidrage med. I dette tilfælde handler det om en indbyrdes relation (IR1, se figur 6.1) mellem dette kapitels spor af eksperimenter (E4) og kapitels 9 spor af eksperimenter (E3), der opstod på baggrund af S4, se figur 6.1.

Det næste kapitel (kapitel 9) handler overordnet om problemstillingen ved overførelsen fra 3d digital form til 3d keramisk form, men fokuserer på gips-lerets mulighed for at tillade en højere grad af komplicerthed, end den keramiske teknik med gips og støbe-ler muliggør.

IR1	<p>Kapitel 8's spor af eksperimenter (E4) med blandingen af gips og porcelænsstøbemasse (gips-ler) viste et uforudsigeligt potentiale til, at den RP producerede model kan være mere komplicerede, når den skal overføres til det keramiske materiale, end den keramiske teknik med gips og støbe-ler muliggør (S2).</p> <p>Dette bidrager med en uforudsigelig indbyrdes relation (IR1) mellem kapitel 8's spor af eksperimenter (E4) og kapitel 9's spor af eksperimenter (E3)</p>
-----	--

Tabel 8.2.1 // Kapitel 8 har givet anledning til følgende uforudsigelige relation

9 // Fra digital form til keramisk form (E3)

Eksperimenterne, der blev beskrevet i sektion 6.3 rejste spørgsmålet om, hvorvidt den RP producerede model kan være mere komplicerede, når den skal overføres til det keramiske materiale, end den keramiske teknik med gips og støbe-ler muliggør. Dette initierede dette kapitels eksperimenter.

Dette kapitels eksperimenter vil konkret tage udgangspunkt i brugen af gips-ler (se kapitel 8) og silikoneforme i forbindelse med overførelsen af den RP producerede model til det keramiske materiale. Dette adskiller dette kapitels eksperimenter fra eksperimenterne i sektion 6.3, da disse benyttede den traditionelle keramiske teknik med gipsforme og støbe ler. I nærværende kapitels eksperimenter muliggør gips-ler, at den RP producerede model kan være mere komplicerede end den keramiske teknik med gips og støbe-ler muliggør, når den skal overføres til det keramiske materiale. Yderligere bidrager gips-ler med en uforudsigelig gevinst ved at kunne udnytte ovenbrændingens potentiale til at transformere det keramiske materiale, så der opstår et dynamisk samspil mellem den digitale formgivning og det keramiske materiale. Dette kapitel refererer derfor yderligere til forskningsspørgsmål 2 med fokus på delmål 2b, se sektion 1.2.

I næste sektion vil jeg indledningsvis diskutere den overordnede problematik ved at overføre den 3d digitalt RP producerede model til det keramiske materiale og det dilemma dette kan medføre. I den efterfølgende sektion beskriver og diskuterer jeg kapitlets eksperimenter med gips-ler og silikoneforme, og hvilken kompleksitet dette kan bidrage med i det keramiske artefakt.

9.1 // Et dilemma i det keramiske fagområde

Dette projekt har som udgangspunkt været optaget af muligheden for at overføre den 3d digitale form direkte til det keramiske materiale ved hjælp af Rapid Prototyping (RP). Denne teknik har dog teknisk set ikke været udviklet i en grad, der har været tilgængelig i dette projekts forskningsperiode. Dette bidrager med et dilemma, da visse teknikker indenfor RP og CNC fræsning bidrager med en overførelse i andre materialer som f.eks. træ, metal, plastic og beton, hvorved overførelsen fra digital form til fysisk form kan opnås uden den begrænsning og det arbejde, der teknisk set er i at overføre et RP produceret artefakt til et keramisk materiale. Denne problemstilling vil jeg beskrive mere detaljeret.

Da jeg i 2006 påbegyndte dette forskningsprojekt fik jeg gennem forskerklyngen *Autonomic* i Falmouth kendskab til en 3d printer til ler af Professor David Herrold's, De Pauw University, Indiana, USA. David Herrold udviklede i 2002, hvad han kalder en "Slip Jet Printer", hvilket han beskriver som et skridt fra pottemagerens drejeskive til en 3d digital printer (Herrold, 2004). Ideen med 3d printeren er inspireret af de forsøg, der er på at udføre 3d print baseret på 3d digital formgivning. Maskinen bygger dog på en mekanik, der er baseret på fysiske skabeloner, og som bliver drevet ved hjælp af håndkraft. 3d printeren bruger blødt ler til at opbygge en 3d model lag for lag og har på den måde mindelser om princippet i 3d printeren fra Dimension, som jeg hovedsageligt har benyttet mig af i dette projekt, se sektion 4.4 og 6.3. Det interessante ved David Herrold's 3d printer er, at den printer i ler, men der er for det første, tale om en meget grov printopløsning, og for det andet om, at den endnu ikke er mulig at koble til det digitale formgivningsmedie. I forhold til dette forskningsprojekts problemstilling og med udgangspunkt i 3d digital formgivning virkede teknikken derfor ikke brugbar. Teknikken er dog interessant, hvis forskningen har fokus på, hvordan overførelsesteknikken fra 3d digital formgivning til keramisk form kan blive udnyttet som et redskab til selve formgivningsprocessen. Drummond Masterton's forskning med CNC fræsning, som jeg omtalte i sektion 4.3, er et godt eksempel på dette i forhold til formgivning i metal.

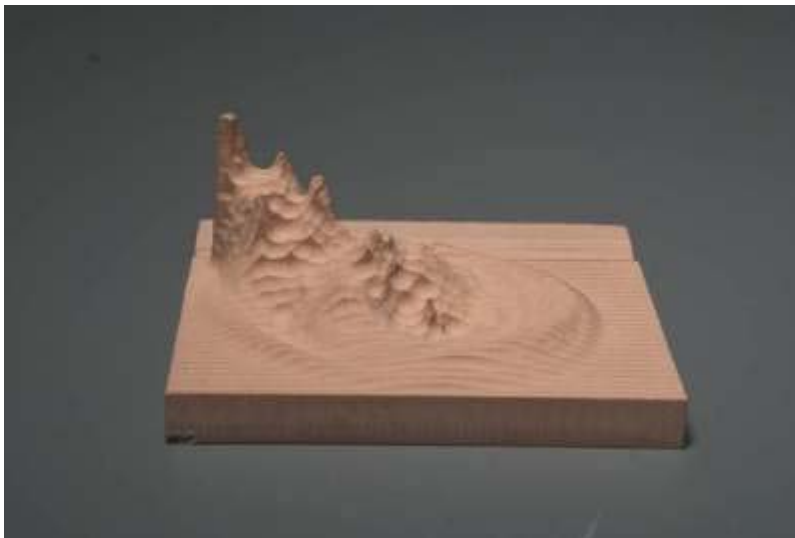
Ved samme lejlighed hørte jeg om nogle eksperimenter på Kunsthochschule Koblenz i Tyskland med at bruge et keramisk pulver i en 3d printer fra firmaet Z-Corp. Denne 3d printer er som udgangspunkt udviklet til at printe med en specielt udviklet gips, men blev i dette tilfælde afprøvet med ler pulver. Resultaterne var dog udført i en meget grov opløsning og meget skrøbelige, og teknikken krævede derfor at blive yderligere udviklet for at kunne bruges (Tavs Jørgensen, e-mail korrespondance, 2. marts 2006)

Overførelsen fra 3d digital form direkte til keramisk form ved hjælp af RP var altså en teknik, der på det tidspunkt endnu ikke var udviklet til et brugbart stadie.

Som beskrevet bl.a. i sektion 4.3 er der flere forskellige teknikker til at overføre den 3d digitale form til fysisk form. Groft sagt kan man inddele teknikkerne ved, at de enten skærer 3d formen ud af et stykke fysisk materiale eller bygger 3d formen op med et materiale ud fra digitalt data. Jeg har som beskrevet i sektion 6.3 benyttet sig af en 3d printer fra Dimension, hvilket repræsenterer en teknik, der bygger 3d formen op. Denne teknik er meget enkel, da den groft set kun giver mulighed for at få overført den digitale form på *en* måde, - det vil sige i ABS plastic, der er blevet bygget op, lag for lag, med en grovhed der svarer 0.254 mm. En CNC fræser repræsenterer derimod en teknik, der skærer 3d formen ud af et fysisk materiale. Teknikken kan være omfattende og kan udnyttes som en direkte del af formgivningsprocessen. Jeg har, som beskrevet i sektion 6.3, af tidsmæssige grunde ikke udnyttet denne teknik i forskningsprojektet. På et besøg hos forskerklyngen *Autonomic* udførte jeg dog nogle få eksperimenter, som i denne sammenhæng kan benyttes som en sammenligning mellem et 3d print ved hjælp af en 3d printer fra Dimension, se figur 9.1.3 og det potentiale som en CNC fræsning kan bidrage med i overførelsen fra digital form til fysisk form, se figur 9.1.4.



Figur 9.1.3 // 3d print ved hjælp af en 3d printer fra Dimension af den digitale formgivning på figur 6.2.6, sektion 6.2.



Figur 9.1.4 // CNC fræsning af den samme digitale formgivning på figur 6.2.6, sektion 6.2, der udnytter overførelsesteknikkens potentiale.

Forskellen er stor, og er især kendetegnet ved at CNC fræsningen på figur 9.1.4 består af grove spor, der afspejler det redskab, der er blevet brugt, og hvordan det er blevet brugt. Det er redskaber, der typisk kan minde om bor fra en boremaskine og som kan indstilles til at fræse i forskellig hastigheder, afstande, højder mv. CNC fræsningen bidrager på den måde med en bred vifte af muligheder for at efterlade spor fra overførelsesteknikken baseret på formgiverens valg af redskab og indstilling af fræsebaner. Det er ikke fordi, man er nødt til at efterlade sådanne spor, for CNC fræsningen kan udføre en fræsning med meget stor nøjagtighed i forhold den digitale form, men det er et meget åbenlyst potentiale, der kan

udnyttes i forhold til f.eks. en ornamentering. Et eksempel på at udnytte CNC fræsningens potentiale er Drummond Masterton's eksperimenter på figur 4.3.13 og 4.3.14, som jeg introducerede i sektion 4.3. I forhold til dette forskningsprojekts udgangspunkt i RF's potentiale for at gengive virkelighedsrelaterede fænomener med en høj detaljeringsgrad vil det naturalistiske præg dog hurtigt blive sløret af fræsespor. Derved kan en række detaljer mistes og 3d formen ville som udgangspunkt ændres markant. Teknikken kunne dog være interessant og relevant at afprøve i forhold til forskningens eksperimenter med det *dynamiske interaktive formgivningsredskab* (DIF), se kapitel 7. DIF gengiver ikke et naturalistisk fænomen som f.eks. en væske, men afspejler snarere bevægelse og hastighed udtrykt som abstrakt form. Jeg har dog valgt at undlade disse eksperimenter af tidsmæssige grunde.

En anden markant forskel mellem 3d print teknikken og CNC fræsningen er, at mens 3d printeren stort set kan overføre en hvilken som helst digital form til fysisk form, er CNC fræsningen begrænset af, at fræsehovedet skal have fysisk adgang. Dette kan ved CNC fræsning give problemer ved mindre afkroge og helt sikkert ved et hulrum. Denne begrænsning er gradvis forskellig fra CNC fræser til CNC fræser, men et hulrum vil f.eks. aldrig kunne lade sig gøre med en CNC fræser.

Et åbenlyst relevant spørgsmål i denne sammenhæng er, om CNC fræsning muliggør at overføre den digitale form til et keramisk materiale ved hjælp af CNC fræsning i en klump ler. Dette har været forsøgt af forskerklyngen Autonomic, men frarådes, da der er fare for at fine ler partikler vil skade CNC fræsereens mekanik. Det er dog en mulighed, der kunne være interessant at følge op på, da der muligvis kan findes CNC fræsere, der ikke har den samme grad af følsomhed i fræse mekanismen. Jeg har dog ikke haft tid til at undersøge dette eventuelle potentiale.

Samlet set var der altså umiddelbart kun få, og ikke særligt tilfredsstillende tilgængelige teknikker til at overføre den 3d digitale form til keramisk form, da denne afhandling blev påbegyndt. På den ene side har dette betydet, at denne afhandling, som beskrevet i sektion 6.3, har taget udgangspunkt i brugen af den digitalt RP producerede model i et dynamisk samspil med klassiske keramiske materialer og teknikker. Dette udgangspunkt har medført interessante resultater og diskussioner om dynamiske konflikter og en flydende grænse imellem fiktion og virkelighed, som er beskrevet i sektion 6.3 og som dette kapitel yderligere vil handle om. På den anden side har denne problemstilling også medført en nysgerrighed efter, hvilke andre muligheder, der findes for at overføre den digitale form til fysisk form i andre materialer, og hvad dette kan bidrage med. Dette har dog som sagt givet anledning til et dilemma mellem på den ene side at vælge en overførelsesteknik med et materiale, der kan benyttes i den endelige 3d formgivning, - og på den anden side at bevare ideen om, at det endelige artefakt skal udføres i et keramisk materiale. Det er et dilemma, fordi overførelsen til det keramiske materiale har været præget af en teknisk begrænsning, der umiddelbart er mulig at undgå med andre materialer. Kort sagt: hvorfor kæmpe med en begrænsning, hvis der findes andre teknikker og materialer, der kan benyttes uden besvær. For at give en bedre forståelse for det dilemma, vil jeg belyse de

muligheder, der findes i relaterede fagområder som f.eks. smykke faget, møbel faget og indenfor arkitektur.

Smykke faget og møbel faget er fagområder, der kan, men ikke nødvendigvis har, et omdrejningspunkt om et bestemt materiale. Disse fagområder kan f.eks. både udnytte metal og træ eller plastik. Det giver fagene nogle flere muligheder. I smykke faget er der RP teknikker, der kan 3d printe direkte i metal og som vi har set i Drummond Masterton's artefakter i sektion 4.3 er det muligt at CNC fræse i metal, - og i møbel faget er det ligeledes f.eks. muligt at CNC fræse i træ. Yderligere er der en række plasttyper, der kan udnyttes direkte til det færdige artefakt, hvilket har givet overførelsesteknikken navnet Rapid Manufacturing (RM) i stedet for Rapid Prototyping (RP). Et firma, der f.eks. har satset på udvikling af en sådan brug af materialer er det belgiske firma Materialise, der med deres underafdeling .MGX by Materialise, www.mgxbymaterialise.com satser på eksperimenterende samarbejder med en alsidig gruppe af designere for at udvikle dette potentiale (Materialise, 2009). Der eksperimenteres med produkter som lamper, møbler, smykker mv.. Et eksempel er lampen Quin.MGX fra .MGX by Materialise på figur 9.1.5 som er formgivet af Bathsheba Grossman. Lampen viser både, hvor komplekst et formsprog det er muligt at generere med 3d digital formgivning, og at formsproget er muligt at overføre direkte til et funktionelt brugsobjekt ved hjælp af RM i specielt udviklede materialer. Lampen repræsenterer en matematisk kompleksitet, der ikke er mulig at fremstille produktionsredskaber til indenfor en traditionel industriel produktion, men som lader sig gøre at producere ved hjælp af RM, - lampen er derfor et unikt produkt.



Figur 9.1.5 // Lampen *Quin.MGX* fra .MGX by Materialise designet af Bathsheba Grossman viser både, hvor komplekst et formsprog det er muligt at generere med 3d digital formgivning, og at formsproget er muligt at overføre direkte til et funktionelt brugsobjekt ved hjælp af RM

En anden teknik til at bearbejde digitalt data, der ligeledes er under kraftig udvikling er relaterede til CNC fræsning. På Die Eidgenössische Technische Hochschule (ETH), Zürich's afdeling for arkitektur og digital fabrikation, eksperimenterer arkitekterne Gramazio & Kohler (2009) (M. J. Jensen, 2008) som en del af undervisningen bl.a. med en digitalt styret robot arm med et omskifteligt "hoved" (se figur 9.1.6). Robot armen har været anvendt til en række forskelligartede eksperimenter i forholdet 1:1. Figur 9.1.7 viser et eksempel på at robot armen har været udnyttet til at fræse i beton moduler. Figur 9.1.8 viser et eksperiment med ekspanderende skummateriale, og figur 9.1.9 viser et eksempel på robot armens potentiale til at bygge med mursten. Eksperimenterne fra ETH viser, at det er en digital formgivningsteknik med et alsidigt og unikt potentiale, som adskiller sig tydeligt fra traditionelle produktionsteknikker, ved at være let omstilleligt til unikke og komplekse produktioner. Teknikken er i denne diskussion interessant, da den ikke forudsætter eller begrænser sig til et bestemt materiale, men er fleksibel i forhold til form og kontekst. Den viser på den måde det digitale medies mangfoldige potentiale til at eksperimenterer med 3d fysisk formgivning.

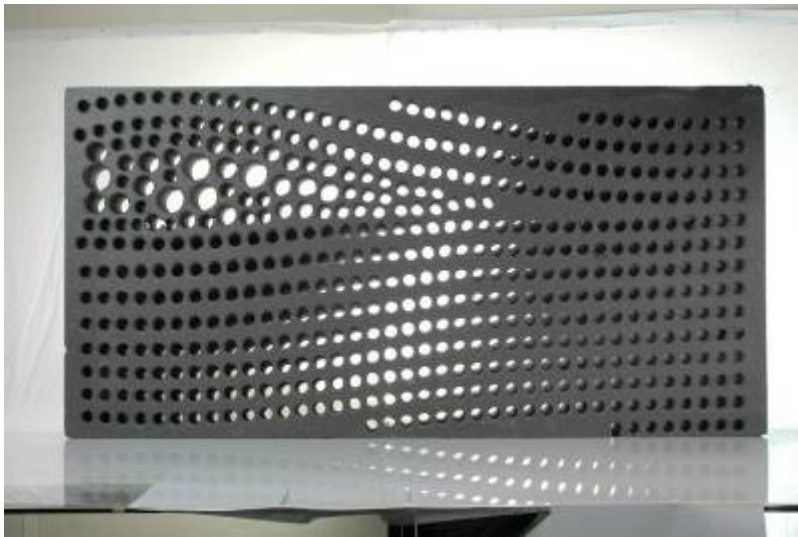
Johannes Rauff Greisen, Ph.d. studerende fra Kunstakademiets arkitektskole i København eksperimenterer ligeledes med en lignende robot arms potentiale. Johannes Rauff Greisen eksperimenterer bl.a. med robot armens mulighed for at

fræse modeller ud i polystyren, der kan danne grundlag for afstøbning af specielt udviklede armeret betonmoduler, beregnet til byggeri. Ph.d. projektet er et sammenfinansieret erhvervs ph.d. projekt i et samarbejde mellem Kunstakademiets arkitektskole i København og Teknologisk Institut i Høje Tåstrup, der er i besiddelse af en sådan robot arm. Dette peger på, at det er en teknik, der bliver mere og mere tilgængelig.

Der findes og udvikles på den måde alt i alt mange teknikker til at overføre den digitale form direkte til et fysisk materiale, der kan udgøre det endelige produkts materiale. Det har derfor i dette forskningsprojekt været meget dragende at glemme alt om begrænsningerne ved det keramiske materiale og vælge en overførelsesteknik, hvor materialet kan benyttes direkte i formgivningsresultatet. Dette har givet anledning til et dilemma, da det keramiske materiale har begrænset brugen af det digitale formgivningspotentiale, da jeg groft sagt har skullet tænke formgivningsprocessen i to separate og forskellige formgivningsprocesser i stedet for en. Først den digitale formgivning, - og efterfølgende den keramiske, hvilket har haft konsekvenser for og begrænset den digitale formgivning. Dette kan få ideen om materialedreven 3d digital formgivning af keramik til at se forældet ud i lyset af andre eksisterende muligheder. Men det er samtidig denne forskellighed i formgivningsprocesserne, der som udgangspunkt har skabt en nysgerrighed og undren, og et ønske om at eksperimentere med at opnå et dynamisk samspil mellem den digitale formgivning og det keramiske materiale (se forskningsspørgsmål 2, delmål 2).



Figur 9.1.6 // En digitalt styret robot arm med et omskifteligt "hoved" på ETH. © Gramazio & Kohler, ETH Zurich.



Figur 9.1.7 // Eksperiment med fræsning i beton ved hjælp af robot armen på figur 9.1.6. Ved denne digitale produktionsteknik er det muligt at udskære hullerne i forskellige vinkler og størrelser, hvorved for- og bagside ligeledes kan være forskellige. Da hullernes vinkler er udskåret i forskellige vinkler kan der ses gennem muren alt efter, hvordan man som beskuer bevæger sig. © Gramazio & Kohler, ETH. Credits: "The Perforated Wall", ETH Zurich, 2006. Students: Ladina Esslinger, Chris Keller, Zurich. Gramazio & Kohler. Architecture and Digital Fabrication, ETH Zurich Collaborators: Daniel Kobel (project leader), Ralph Bärtschi



Figur 9.1.8 // Eksperiment med at formgive plade med polyuretan skum ved hjælp af robot armen på figur 9.1.6. Udfordringen har i dette eksperiment handlet om samspillet mellem det fysiske materiales potentiale og det digitale formgivningsredskab. Dette har involveret en analyse af polyuretan skum og dets egenskaber for at forstå materialets muligheder i forbindelse med robot armen, f.eks. ekspanderer polyuretan skum. © Gramazio & Kohler, ETH Zurich. Credits: Intersecting lines create a woven structure, 2007. Students: Kathrin Hasler, Hannes Oswald. Gramazio & Kohler, Architecture and Digital Fabrication, ETH Zurich Collaborators: Silvan Oesterle (project leader), Ralph Bärtschi, Michael Lyrenmann Industry partner: Cellform AG, PU-Technik Meyer



Figur 9.1.9 // Eksperimenter med at bygge med mursten ved hjælp af robot armen på figur 9.1.6. I et 4 ugers forløb skulle de studerende formgive og udføre 3 søjler på 4 meter. Funktionelle kriterier for stabling har været konkret afprøvet som modeller i 1:1 og ved hjælp af digital simulering, hvorefter at søjlerne er blevet formgivet og udført ved hjælp af robot armen. Eksemplet viser at det er muligt at opnå en høj grad af kompleksitet med en høj præcision. The Programmed Column 2, ETH Zurich, 2010.

© Gramazio & Kohler, ETH Zurich

Credits: Gramazio & Kohler, Architecture and Digital Fabrication, ETH Zurich

In cooperation with: Prof. Philippe Block

Collaborators: Michael Knauß (project leader), Ralph Bärtschi, Jennifer Furstenau, Lorenz Lachauer, Mike Lyrenmann, Silvan Oesterle

Industry partner: Keller Ag Ziegeleien

Sponsors: Keller Ag Ziegeleien

Students: Sebastian Cramer, Jari Fischer, Benjamin Heller, Pierre Levy, Claudio Meletta, Stephanie Monney, Luka Piskorec, Florian Strohmaier, Thomas Summermatter, Rainer Vock

Dette ønske handler om, for det første at ville forny det keramiske fagområde, men samtidig viderebringe de kvaliteter, der knytter sig til brugen af det keramiske materiale i formgivningsprocessen. For det andet handler det også om at inddrage disse kvaliteter i brugen af 3d digital formgivning og bidrage til en tværfaglig diskurs indenfor brugen af digital formgivning. Disse kvaliteter ved brugen af det keramiske materiale bygger på ideen om materialedreven formgivning (se sektion 3.4), hvilket handler om formgiverens interaktion med det keramiske materiale som omdrejningspunkt for formgivningsprocessen. Denne interaktion er for det første kendetegnet ved et fysisk materiale som vi kan se, fornemme og sanse med vores hænder i et nærvær. Det er en interaktion, vi alle kender til. For det andet bygger interaktionen på de høje temperaturer, der transformerer og forædler leret til keramik, og som kan give et utal af fantastiske og overraskende stoflige kvaliteter, som vi igen kan sanse med synet og hænderne.

Til sammenligning og som en kontrast er det almindeligt, at vi interagerer med digitale medier ved hjælp af redskaber i forhold til noget visuelt. Det kan være ved hjælp af en mus og nogle ikoner på et softwares interface, der repræsenterer en funktion og udførelse af en kompleks handling på en brugerflade. Det kan f.eks. være, at vi vil vride en digital visualisering af en cylinder 100 gange rundt om sig selv i en bestemt vinkel. Efterfølgende kan geometrien overføres til fysisk form ved hjælp af en friktionsløs proces, der umiddelbart minder om magi, da vi udfører en højteknologisk handling ved at trykke på en knap. Denne immaterielle opbygning af et 3d artefakt får den digitale formgivning til at fremstå som fiktion. Den digitale formgivning af 3d artefakter opstår nemlig ikke gennem en proces med bearbejdende hænder og en transformation ved høj varme, men gennem støjsvage friktionsløse digitale processer, der gennem komplekse beregninger opbygger og omsætter en visualisering af en 3d digital form til fysisk 3d form gennem nogle præcise og kontrollerede teknikker.

Det er to meget stereotype fremstillinger af de to medier, men de kan meget godt bruges til at beskrive den nysgerrighed og undren, der igen og igen vækker min interesse for hvad en sådan forskellighed kan bidrage med af dynamisk kompleksitet, hvis den bliver udnyttet i et samspil. Dette handler både om nytænkende eksperimenter indenfor brugen af digitale medier og teknisk udvikling, men ligeledes om en nysgerrighed og undren over den mangfoldighed og kompleksitet flere medier kan have, hvis de udnyttes i et samspil og ikke adskilt eller entydigt. Det er sådanne overvejelser, der har dannet grundlag for dette projekts forskningsproces og dens resultater, og der er derfor alligevel ikke blevet tale om et dilemma i denne forskning, men om en interesse for nogle dynamiske og komplekse samspil.

I dette projekt er de to mediers samspil blevet undersøgt ud fra ideen om materialedreven formgivning (se sektion 3.4). Et eksempel og resultat på dette er *Splash* på figur 6.3.4 i sektion 6.3. Sektion 6.3 har ligeledes dannet udgangspunkt for dette kapitels eksperimenter på baggrund af spørgsmålet (S2) om, hvorvidt den RP producerede model kan være mere komplicerede, når den skal overføres til det keramiske materiale, end den keramiske teknik med gips og støbe-ler muliggør? Dette kapitels eksperimenter har undersøgt denne problemstilling, hvilket

ligeledes har bidraget med et dynamisk samspil mellem den digitale formgivning og det keramiske materiale og en kompleksitet i et 3d keramisk artefakt. Dette vil jeg i næste sektion beskrive i detaljer.

Nuværende forskning i Rapid Prototyping med ler:

Samtidig med dette forskningsprojekt har teknikkerne til at overføre 3d digital formgivning til et keramisk materiale været under kraftig udvikling. Michael Eden (2007) har i forbindelse med hans MPhil by project fra Royal College of Art samarbejdet med det franske firma *Axitec* omkring denne problemstilling. Samarbejdet har opnået positive resultater med coating med keramik på et 3d print af gips. Det er den samme slags 3d print som den tyske forskerklynge brugte, der er blevet benyttet, men med det oprindeligt specielt udviklede gipsmateriale fra firmaet Z-Corp. Coatingen går i forbindelse med gipsmaterialet og muliggør på den måde at overføre en digital form direkte til en keramisk form, uden at en klassisk teknik med gipsaftryk og støbe ler er involveret. Det keramiske materiale som Axitec har udviklet og benytter til coating, kræver ikke at blive brændt, men har faktisk allerede efter coating de samme kvaliteter som et traditionelt keramisk produkt i forhold til f.eks. frostsikkerhed og overfor at være syre og alkali modstandsdygtigt, og det kan derfor f.eks. være velegnet til mad opbevaring (Eden, 2007). Yderligere er det muligt at brænde det keramiske materiale til temperaturer på op til 1500 grader. Dette er temperaturer, der er langt over de temperaturer, der sædvanligvis bruges indenfor industriel produktion og i mindre værkstedsproduktioner, hvorved det er muligt at eksperimentere med de keramiske stofflige virkemidler i forbindelse med glasering (Mikael Eden, personlig samtale 13. januar 2010).

Et andet lignende eksempel er en række eksperimenter udført af professor John Balistreri fra Bowling Green State University i et samarbejde med forskningsassistent Sebastien Dion. Deres eksperimenter har taget udgangspunkt i den samme ide som den tyske forskningsklynge på Kunsthochschule Koblenz om at udvikle Z Corp's 3d printer til at printe med ler. Det er med disse eksperimenter lykkedes at udvikle og gennearbejde et keramisk materiale, der muliggør at få den 3d digitale form overført direkte til et keramisk materiale, der kan brændes på traditionel vis til høje temperaturer (Balistreri, 2008).

Jeg har ikke haft adgang til disse teknikker i forbindelse med mit forskningsprojekt, men har fulgt resultaterne med stor interesse. Det er samtidig interessant at tænke på, hvordan den tekniske begrænsning og derved mit udgangspunkt for dette forskningsprojekt har bidraget til et fokus på at eksperimentere med at opnå et dynamisk samspil mellem den 3d digitale formgivning og de keramiske materialer. Problemstillingen og potentialet i et sådan samspil ville måske ikke have været åbenlyst, hvis en overførelse fra digital til keramisk form fra starten havde været tilgængelig på samme måde, som det gør sig gældende ved Mikael Eden, John Balistreri og Sebastien Dion's eksperimenter.

9.2 // Gips-lerets potentiale til at transformere den digitale form

Denne sektion eksperimenterer ligesom sektion 6.3's eksperimenter overordnet om at producere et dynamisk samspil mellem det RP produceret artefakt og det keramiske materiale for at opnå en kompleksitet i det keramiske artefakt. Eksperimenterne udspringer af sektion 6.3's spørgsmål om, hvorvidt den RP producerede model kan være mere komplicerede, når den skal overføres til det keramiske materiale, end den keramiske teknik med gips og støbe-ler muliggør?

Eksperimenterne tager konkret afsæt i brugen af gips-ler og silikoneforme¹⁰.

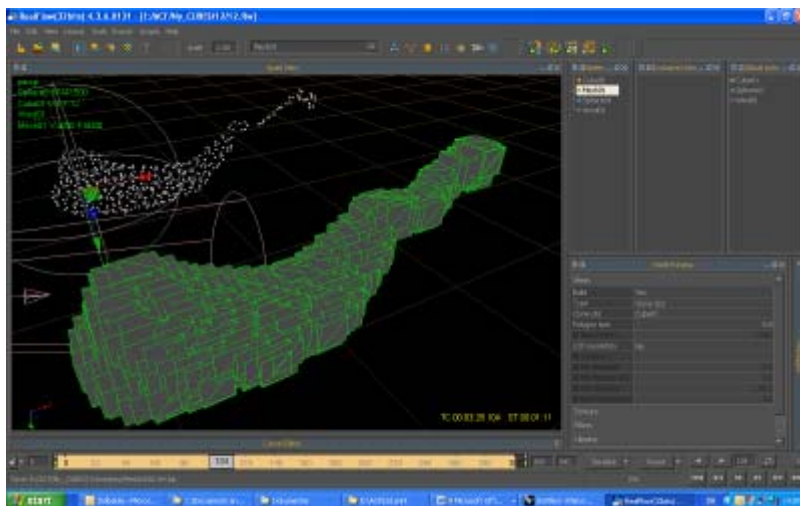
I kapitel 8 beskrev jeg *gips-lerets* dobbelte egenskaber. Gips-ler har gipsens evne til at krystallisere og lerets evne til at blive brændt. Gips-ler er derfor for det første et oplagt materiale at afprøve i en silikoneform (af en RP model) for at opnå, at den RP producerede model kan være mere komplicerede end den keramiske teknik med gips og støbe-ler muliggør. Vi kan kalde dette at afprøve *komplikerthedsproblematikken*. For det andet er det oplagt at afprøve gips-lerets potentiale i forbindelse med ovn brændingen. Ovn brændingen kan bidrage med en særegen stofflig karakter og en transformation af det RP producerede artefakt, der konkret kan handle om, at artefaktet ændrer form. Dette kan muliggøre et dynamisk samspil mellem den digitale formgivning og det keramiske materiale. Vi kan kalde dette at afprøve *transformationsproblematikken*.

For at teste *komplikertheds-* og *transformationsproblematikken* formgav jeg et 3d artefakt ved hjælp af Real Flow. Formgivningen var baseret på, at artefaktet for det første skulle teste gips-lerets styrke ved afmontering ved at være en spinkel form. For det andet skulle formgivningen teste, hvordan gips-leret reagerede på at være kompakt i sig selv, - og yderligere samtidig at være spinkel. En sådan formgivning er desuden oplagt til at afprøve typiske brændingstekniske problemer af et keramisk artefakt, dvs. relativt massive områder, samt overgange fra kraftig til tynd godstykkelse.

Figur 9.2.1 viser den digitale formgivning af artefaktet. I baggrunden på figur 9.2.1 kan formens grundstruktur af partikler ses. Til dette formål udnyttede jeg RF's partikelkonstellation som grundstruktur for en geometri, - det vil sige, at der på alle partikler i dette tilfælde, er en kubisk geometri, hvilket som helhed udgør den digitale formgivning. Ideen med dette var at udfordre teknikken med silikoneaftrykket idet at rette vinkler vanskeliggør en afmontering. Figur 9.2.2 viser det RP producerede 3d artefakt, der er ca. 25 cm. lang. Da silikone bliver benyttet til mange formål blev firmaet Diatom A/S kontaktet til at vejlede om det rette

¹⁰ Silikoneforme benyttes til reproduktion af artefakter i forskellige materialer. Med flydende silikone kan man først tage et aftryk af den form, man ønsker at reproducere, hvorefter den hærdede silikone kan bruges til at reproducere i. Silikoneforme indgår i det keramiske fagområde til at reproducere gipsforme, der f.eks. er beregnet til produktion af brugsting i porcelæn. Silikoneformen er fleksibel og muliggør aftryk af mere komplekse 3d artefakter end en gipsform, men er til gengæld ikke vandabsorberende og er derfor ikke i sig selv brugbar i forbindelse med produktion af artefakter i f.eks. porcelæn. Gips derimod krystalliserer og er derfor et egnet materiale i en silikoneform.

silikoneprodukt. Til formålet var det vigtigt med en fleksibel silikone med gode slipegenskaber for at kompensere for en evt. svaghed i materialet. Til formålet sponsorerede Diatom A/S deres silikoneprodukt Silastic 3481, der indeholder disse egenskaber. Halvdelen af silikoneformen med den forstærkende kappe af gips kan ses på figur 9.2.3.



figur 9.2.1 // Den digitale formgivning af artefaktet, der skulle teste *kompleksitets-* og *transformationsproblematikken*.



Figur 9.2.2 // Det RP produceret 3d artefakt af den digitale formgivning fra figur 9.2.1



Figur 9.2.3 // Halvdelen af silikoneformen og den forstærkende kappe af gips af det RP produceret 3d artefakt fra figur 9.2.2

Transformationsproblematikken er for det første afhængigt af forholdet mellem gips og ler, og for det andet afhængigt af ovn brændingens temperatur og atmosfære. Ved atmosfære skal vi for enkelhedens skyld forstå, hvorvidt brændingen er baseret på brænding i en el ovn eller ej. I visse brændingstyper kan atmosfæren have stor betydning for resultatet. I dette eksperiment benytter jeg mig af en el ovn, og derved en atmosfære vi kan kalde neutral. Den bedste måde at afprøve materialets potentiale i forhold til transformationsproblematikken er gennem konkrete prøverækker med forskellige blandingsforhold og ovn temperaturer. Til dette formål samarbejdede jeg med Anne Tophøj og hendes praktikant Carla Stine Jørsum, der på det tidspunkt var studerende på Glas og Keramikskolen, Bornholm. Nogle indledende undersøgelser i forbindelse med forberedelserne til eksperimenterne fra sektion 8.1 havde vist at mængden af gips i gips-ler blandingen, havde betydning for varigheden af krystalliseringsprocessen og dens styrke. Jo mere gips i gips-ler blandingen, des hurtigere en krystalliseringsproces og højere styrke. En gipsmængde på minimum 40 % tørstof er nødvendig for at krystalliseringsprocessen indtræder med en holdbar styrke. Et højt indhold af porcelæn mindsker altså krystalliseringsstyrke i materialet. Dette medfører en nedre grænse for mængden af gips.

Prøverækken var baseret på afvejning af tørstof af to forskellige gipstyper og to forskellige porcelænsmasser, der blev blandet i forskellige forhold fra 40-70 % gips og 30-60 % porcelænsmasse. Figur 9.2.5 viser blandingsforholdene og sammensætningen af de forskellige porcelænsmasser og gipstyper. Blandingsforholdet er som det fremgår på figur 9.2.5 baseret på i alt 112 gram tørstof til 1 deciliter vand. Figur 9.2.6 viser de tre udformninger, der blev brugt til at teste gips-lerets potentiale i ovn brændingen. Disse tre udformninger er fra venstre til højre beregnet til at teste gips-lerets potentialer i forhold til massivitet, svind og styrke. Figur 9.2.7 viser de aktuelle brændingstemperaturer, der er brugt i forbindelse med prøverækkerne. Navnet for brændingen er navngivet med et

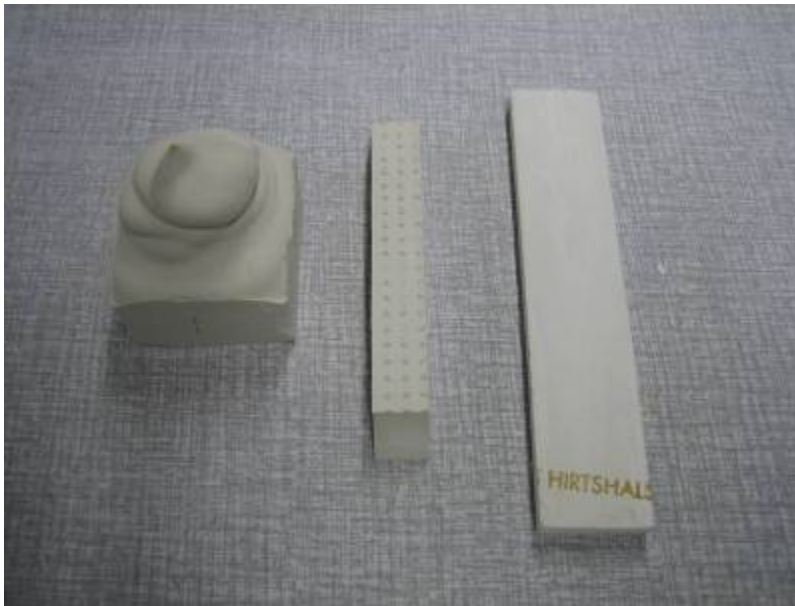
bogstav og tal, f.eks. C2. Tallene med streg under angiver temperaturer baseret på en orton kegle, - dvs. en temperatur, der afspejler en varmepåvirkning af et bestemt materiale over tid. Dette er den mest eksakte og mest brugte metode til måling af temperatur i forhold til en keramisk ovn brænding.

Gipsler prøver

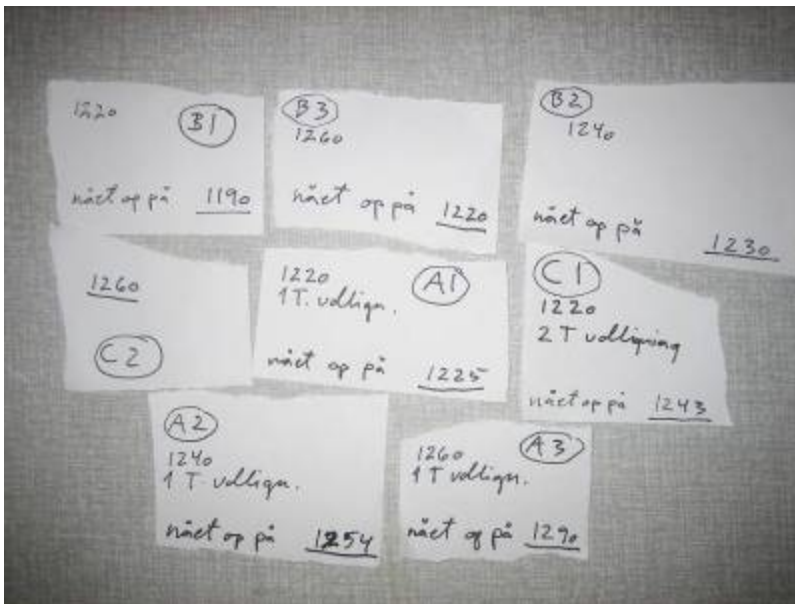
112g tørstof
til 1 del. vand.

	Cerama Støbelev.		Heidelberg gips.
nr1	40	—	60
nr2	50	—	50
nr3	60	—	40
nr7	40 30	—	70
nr4	50	—	Alabaster gips 50
	190E støbelev		Heidelberg gips
nr5	50	—	50
nr6	50	—	Alabaster gips 50

Figur 9.2.5 // Blandingsforholdene og sammensætningen af de forskellige porcelænsmasser og gipstyper i forsøgsrækken.



Figur 9.2.6 // De tre udformninger, der blev brugt til at teste gips-lerets potentiale i ovn brændingen.



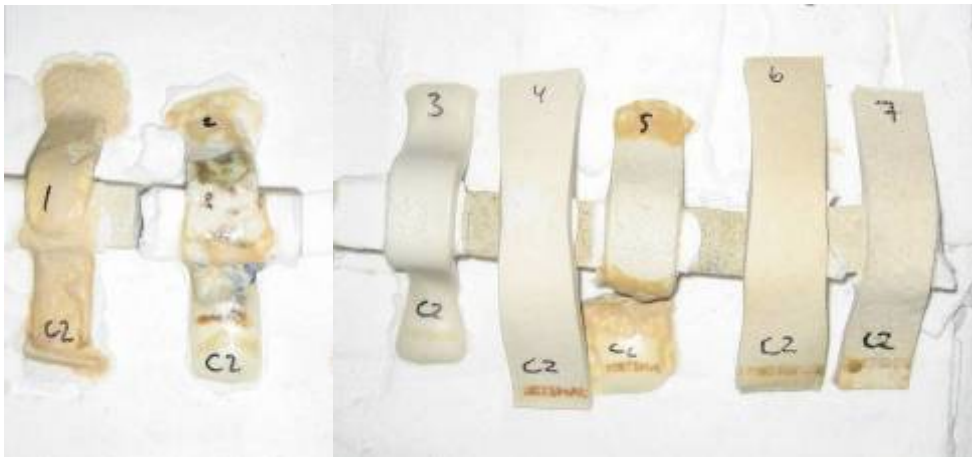
Figur 9.2.7 // Brændingstemperaturer, der er brugt i forbindelse med prøverækkerne. Tallene med streg under angiver temperaturer baseret på en orton kegle.

Jeg vil i det følgende beskrive et repræsentativt udvalg af resultaterne¹¹ fra prøverækkerne, der afspejler gips-lerets potentiale i forhold til *transformationsproblematikken*. Figur 9.2.8 viser et udvalg af resultaterne fra ovn brænding C2, dvs. 1260 grader celsius målt ved hjælp af en orton kegle. Tallene nr.

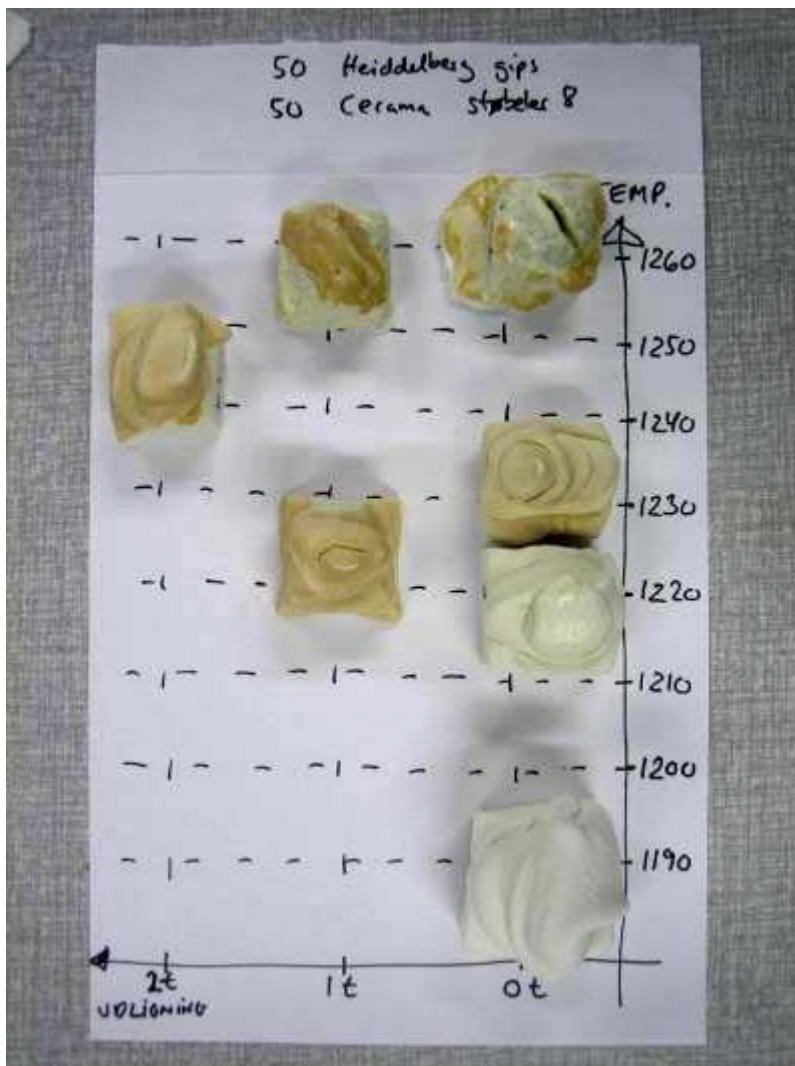
¹¹ Samtlige resultater fra prøverækkerne kan ses i appendikset, se "gips-ler prøverækker".

1-7 refererer til materialesammensætningen, som er beskrevet på figur 9.2.5. Prøverne er placeret på et plateau og vil bøje, hvis styrken mindskes under ovenbrændingen. Styrken er derfor i denne sammenhæng snarere et udtryk for, hvor meget materialet bliver blødgjort, end f.eks. hvor stærkt det er, hvis det bliver udsat for en belastning. Resultaterne viser logisk nok, at jo mere materialet smelter ud, des mindre styrke har materialet. Det er tydeligt at se ved en sammenligning mellem materialeblandingen 4, 5 og 6, hvor stor indflydelse typen af porcelæn og gips har på resultatet. Alle tre blandinger repræsenterer det samme blandingsforhold (50-50), men er baseret på forskellige typer porcelæn og gips. Prøve 4 og 6 indeholder den samme type gips, men forskellige typer porcelæn, hvilket påvirker stofligheden. Prøve 5 og 6 indeholder den samme type porcelæn, men en forskellig type gips, hvilket har store konsekvenser for smeltepunktet. En anden interessant iagttagelse kan ses på prøverne 1, 2, og 3, der afspejler de samme typer gips og ler, men i forskellige blandingsforhold. Prøverne indeholder mere og mere ler i blandingen i forhold til rækkefølgen 1-3, - nemlig prøve 1= 40 %, prøve 2= 50 % og prøve 3= 60 %, se endvidere figur 9.2.5. Tendensen er at jo mere ler, der er i gips-leret des højere bliver smeltepunktet, dvs. mere styrke. Det er efterfølgende interessant at inddrage prøve 7. Denne prøve indeholder nemlig meget mindre ler, nemlig kun 30 %, men er den der viser den højeste styrke. Dette afspejler at materialerne hver især har et højere smeltepunkt, end når de er blandet, hvilket omhandler et typisk keramisk fænomen, som jeg vil komme nærmere ind på i forbindelse med figur 9.2.9 og 9.2.10.

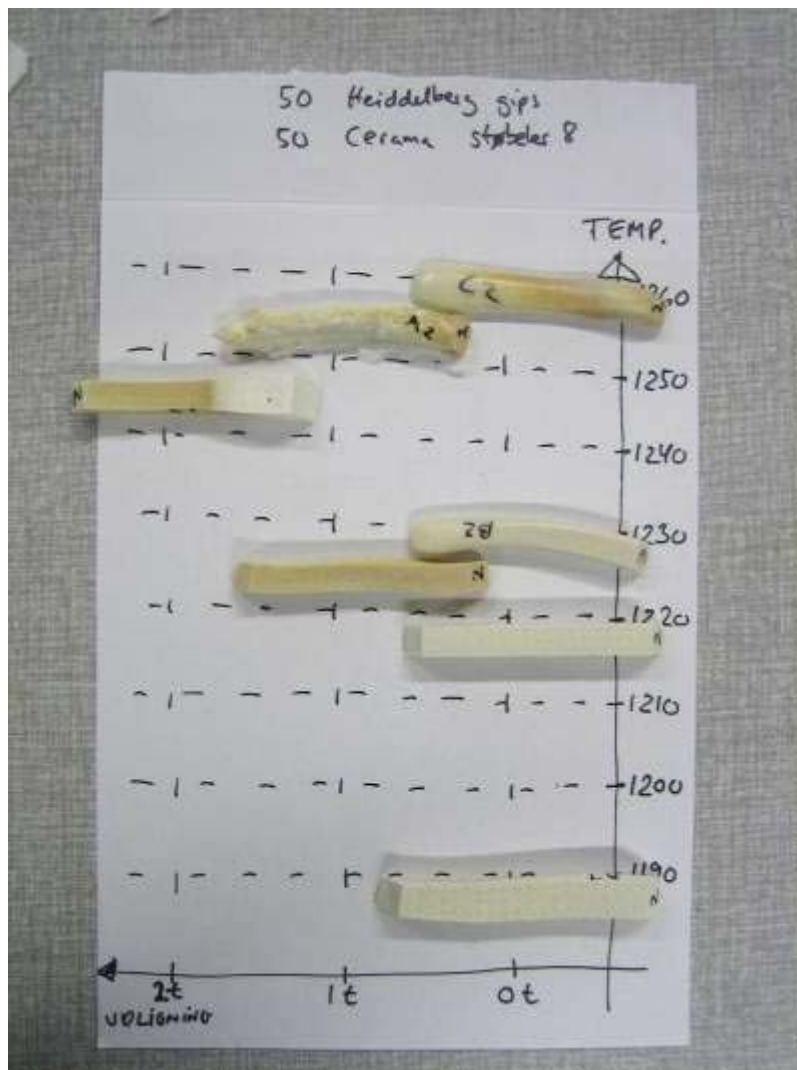
Figur 9.2.9 viser en opstilling af prøver beregnet til at afprøve gips-lerets potentialer i forhold til massivitet. Prøverne på figur 9.2.9 er baseret på den samme materialeblending, men til forskellige temperaturer. I dette tilfælde er det materialeblandingen 50 % Heidel-berger gips, primosupra 70 og 50 % Cerama porcelænsstøbeler nr. 6. Det er interessant at sammenligne prøverne brændt til temperatur 1220 (B3), 1230 (B2) og 1260 (C2). Prøven til 1220 er blank, dvs. udsmettet i overfladen. Prøven til 1230 er mat, dvs. ikke udsmettet i overfladen. Prøven til 1260 er blank og meget udsmettet. Dette er et ikke lineært forløb. Det mest logiske ville være at prøverne smeltede mere og mere ud. Det samme gør sig selvfølgelig gældende og er måske endnu mere udpræget på figur 9.2.10. Disse prøver afspejler de samme materialeblandinger og temperaturer som på figur 9.2.9, men er baseret på at afprøve svind. Prøverne viser at jo mere prøven er udsmettet, des mere svind. Svindprocenten kan på den måde svinge helt fra 0-35 % alt afhængig af udsmeltningen. Det er i denne prøverække interessant at se på prøven til temperatur 1243 (C1). I den ene ende er den udsmettet og har et stort svind, mens den i den modsatte ende, har et lille svind og slet ikke er udsmettet. Dette ikke lineære forløb og denne uregelmæssighed i udsmeltnings og svind er interessant i forhold til ideen om at gips-ler kan bidrage med en transformation af artefaktet i ovenbrændingen. Det tyder på en høj grad af følsomhed for temperatur og et potentiale for en høj grad af variation og overraskelse, hvilket konkret både handler om at artefaktet konkret kan ændre form og kan opnå en lang række særegne stofflige karakterer i ovenbrændingen.



Figur 9.2.8 // Et udvalg af resultaterne fra oven brænding C2, dvs. 1260 grader celsius målt ved hjælp af en orton kegle.



Figur 9.2.9 // Resultatet af en prøverække, der er beregnet til at afprøve gips-lerets potentialer i forhold til massivitet.



Figur 9.2.10 // Resultatet af en prøverække, der er beregnet til at afprøve gips-lerets svind.

Dette ikke lineære forløb, som vi også så tendensen til på figur 9.2.8, er et kendt fænomen indenfor brugen af keramiske materialer i forbindelse med ovn brændinger. I dette tilfælde er grunden i høj grad, at gips delvist består af kridt. Kridt er ikke et lavt smeltende materiale i sig selv, men har den egenskab, at det i bestemte blandingsforhold med andre keramiske materialer ved bestemte temperaturer nedsætter smeltepunktet markant. Resultater af disse blandingsforhold og temperaturer kan være svære at forudsige og afhængige af små marginaler og afspejler på den måde en høj grad af kompleksitet. Min erfaring er, at den bedste indsigt fås gennem konkrete prøverækker og prøvebrændinger. I alt er der i dette eksperiment udført prøver med syv forskellige materialeblandinger, der alle er blevet afprøvet i forhold til otte forskellige brændinger. I denne sektion beskriver og viser jeg et udvalg, der giver en ide om det potentielle gips-ler repræsenterer i forhold til transformationsproblematikken. Samtlige resultater fra prøverækkerne kan dog ses i appendikset, se "gips-ler prøverækker". Prøverækkerne afspejler meget godt ideen med 1. niveau i materialedreven formgivning, og danner et grundlag for at afprøve gips-leret i et samspil med den digitale formgivning baseret på RF.

Det er interessant at drage en parallel til Manuel De Landa's ide og tanker om ikke lineære systemer og materialers kompleksitet, som jeg introducerede i sektion 3.2. Dette eksperiments prøverækker afspejler meget konkret et ikke lineært system i et fysisk materiale, som det vil kræve en indgående håndværksmæssig erfaring at kunne udnytte, som Manuel De Landa (2002) ligeledes påpeger. Denne indgående håndværksmæssige viden afspejler ligeledes begrebet *tavs viden*, som jeg introducerede i sektion 1.1 og 3.3. Det er imidlertid også den viden om et materiales kompleksitet, det er min ide at udnytte i dette eksperiment med henblik på et dynamisk samspil med det RP produceret artefakt på figur 9.2.2.

Komplikerthedsproblematikken handler teknisk set for det første om, hvorvidt gipsleret flyder og fordeler sig ordentligt, når det bliver hældt i silikoneformen. For det andet handler det om, at gipsleret opnår en styrke i forbindelse med krystalliseringen, - det vil sige om det krystalliserer jævnt og om det er stærkt nok til at kunne afmonteres fra silikoneformen.

Materialeblandingsens forhold mellem væske og tørstof var 112 gram tørstof til 1 deciliter vand. Denne mængde vand giver materialeblandingen en bestemt flydende karakter, der er afhængigt af blandingsforholdet mellem gips og ler. Jo mere ler, der er i blandingen, des mere vand er nødvendigt for at gøre gips-leret flydende, så det ikke blot bliver hårdt og klumpet. En for høj mængde af vand vil dog medføre, at gipsen ikke krystalliserer ordentligt og derved bliver for svag. Denne problemstilling blev dog ikke relevant i dette tilfælde. De indledende undersøgelser i sektion 8.1 havde vist, at en gipsmængde på minimum 40 % tørstof i gips-leret var nødvendig for at krystalliseringsprocessen indtrådte med en holdbar styrke. Dette gør at et for højt ler indhold ikke medfører problemer. En gipsmængde på minimum 40 % tørstof var udgangspunktet for denne sektionens eksperiment, men viste sig at være for lavt i forhold til den belastning materialet blev udsat for i forbindelse med afmonteringen fra silikoneformen. Denne belastning er selvfølgelig afhængigt af den konkrete formgivning. I dette tilfælde var en gipsmængde på minimum 50 % tørstof nødvendig for at artefaktet ikke knækkede i det spinkle område. Figur 9.2.11 viser, hvor artefaktets svaghed opstod ved en gipsmængde på 40 %. I dette tilfælde bestod materialeblandingen af 40 % Heidel-berger gips, primosupra 70 og 60 % Cerama porcelænsstøbeler nr. 6.

I forhold til *transformationsproblematikken* blev den samme prøve undersøgt og brændt til 1243 grader celsius brændt med en orton kegle. Denne brænding viste en forskellighed i udsmelting i overfladen på det samme artefakt og en tendens til at falde sammen og revne, hvilket kan ses på figur 9.2.12. Dette resultat adskilte sig fra den samme materialeblanding brændt til den samme temperatur i forbindelse med prøverækkerne, der afprøvede massivitet. Prøven i prøverækken havde ikke vist disse tendenser, men vist en jævn udsmettet blank overflade uden revner. Dette viser, hvor afhængig resultatet af transformationen i ovn brændingen er af formgivningen. Det kan dog yderligere være mindre marginaler i såvel ovn temperatur, blandingsforhold af tørstof og vand, tid for omrøring eller artefaktets formgivning, der kan påvirke udfaldet. Prøverækker kan i dette tilfælde derfor kun være vejledende og gips-lerets stofflige potentiale kan derfor i sidste ende kun udnyttes gennem egne eksperimenter med det formgivne artefakt. Gode resultater

med at udnytte materialer i sådanne eksperimenter bygger som tidligere nævnt på en indgående håndværksmæssig erfaring (dvs. *tavs viden*) og er i denne sammenhæng direkte relateret til og et godt eksempel på ideen om materialedreven formgivning.



Figur 9.2.11 // I forhold til *Komplicerthedsproblematikken* opstod artefaktets svaghed ved en gipsmængde på 40 %. Spidsen knækkede af, da den blev taget ud af silikoneformen.



Figur 9.2.12 // Forskellighed i udsmeltning og tendens til at falde sammen og revne.



Figur 9.2.13 // Et vellykket eksempel, der udnytter den digitale formgivningens stringente, men komplekse struktur i et samspil med gips-lerets uregelmæssige uds melting.



Figur 9.2.14 // Samspillet mellem den digitale formgivning og gips-lerets uregelmæssige uds melting kulminerer med, at de kubiske geometrier løsriver sig fra den stringente orden og bliver til kaos

Et vellykket eksempel fra et lignende eksperiment kan ses på figur 9.2.13. Dette eksperiment er udført med en materialeblanding på 70 % heidelberg gips (primosupra 70) og 30 % Cerama porcelænsstøbemasse nr. 6 og brændt til temperatur 1260 Celsius ved hjælp af en orton kegle. Det interessante ved dette resultat er den forskelligartede uds melting, der tydeligt opstår på grund af de kubiske geometrier. Derved udnyttes den digitale formgivnings stringente, men komplekse struktur i et samspil med gips-lerets uregelmæssige uds melting. Dette bidrager med et samspil mellem stofflighed og form. Dette samspil bliver mere og mere udtalt i forløbet fra den massive til den spinkle del, hvor det kulminerer med at de kubiske geometrier løsriver sig fra den stringente orden og bliver til kaos, se figur 9.2.14. Artefaktet er derfor et godt eksempel på dette kapitels problemstilling, hvor der produceres et dynamisk samspil mellem den digitale formgivnings kompleksitet og det keramiske materiales kompleksitet i et keramisk artefakt.

9.3 // Delkonklusion

Jeg har i dette kapitel først diskuteret den overordnede problematik ved at overføre den 3d digitale form til det keramiske materiale. RP teknikken har i dette projekts forskningsperiode teknisk set ikke været udviklet i en grad, der har muliggjort en overførelse af den 3d digitale form direkte til keramisk form.

Dette har i første omgang medført et dilemma, da visse teknikker indenfor RP og CNC fræsning muliggør en overførelse i andre materialer som f.eks. træ, metal, plastic og beton. Overførelsen fra digital form til fysisk form kan derved opnås uden den begrænsning og det arbejde, der teknisk set er i at overføre et RP produceret artefakt til et keramisk materiale. Alligevel har jeg fastholdt et fokus på formgivning af keramiske artefakter, hvilket er begrundet med en undren og nysgerrighed efter at opnå et dynamisk samspil mellem de to medier i et keramisk artefakt. På den ene side det keramiske fysiske materiale, som vi kan se, fornemme og sanser med vores hænder, - og på den anden side det digitale medies potentiale til at udføre matematiske komplekse handlinger, der kan udnyttes til formgivning af et 3d fysisk artefakt.

Da RP teknikken til at overføre den 3d digitale form til det keramiske materiale teknisk set ikke har været udviklet til en tilfredsstillende grad, er det RP producerede artefakt blevet overført til det keramiske materiale ved hjælp af en keramisk teknik med støbe-ler og gipsform, se sektion 6.3. Denne teknik indebærer dog en begrænsning i hvor kompliceret et formudtryk, det er muligt at overføre til det keramiske materiale. Denne problemstilling rejste spørgsmål 2 i sektion 6.3, se nedenstående tabel 9.3.1:

S2	Den keramiske teknik med gips og støbe-ler begrænser, hvor kompliceret en RP produceret model, det er muligt at overføre til det keramiske materiale. Kan denne overførelsesteknik forbedres? Dette spørgsmål indledte et spor med eksperimenterne: Fra digital form til fysisk form (E3) se kapitel 9
----	---

Tabel 9.3.1 // Se yderligere figur 6.1 i indledningen på del 3.

Dette spørgsmål har dannet udgangspunkt for dette kapitels eksperimenter, som er blevet besvaret ud fra ideen om en *kompli- certheds-* og *transformationsproblematik* i forbindelse med brugen af silikoneforme og gips-ler. Eksperimenterne har vist at brugen af silikoneforme og gips-ler muliggør, at den RP producerede model kan være mere komplicerede, end den keramiske teknik med gips og støbe-ler muliggør. Der er dog tale om en begrænset forbedring, der skal ses i forhold til gips-leret potentiale som et keramisk materiale i forbindelse med ovn brændingen.

Gips-lerets potentiale som et keramisk materiale viste til gengæld et uforudsigeligt potentiale til at opnå en lang række særegne stofflige kvaliteter og at transformere artefaktet i ovn brændingen. Dette muliggør et dynamisk samspil mellem den digitale formgivning og det keramiske materiale, hvilket bidrager til en besvarelse af spørgsmål 3, der blev rejst i sektion 6.2, se tabel 9.3.2:

S3	Hvordan kan den 3d digitale formgivning og det keramiske materiale indgå i et dynamisk samspil og bidrage med en kompleksitet i det keramiske artefakt? Dette spørgsmål indledte ikke et nyt spor af eksperimenter, men målrettede det indledende eksperiment (E1), se kapitel 6.
----	---

Tabel 9.3.2 // Se yderligere figur 6.1 i indledningen på del 3.

Dette var en uforudsigelig gevinst og handler på den måde om det dynamiske potentiale som ideen om *forgrenende eksperimenter* som metode (se sektion 2.2) kan bidrage med. Brugen af gips-ler i silikoneforme, der er blevet udnyttet i dette kapitels spor af eksperimenter (E3), er et oplagt potentiale at udnytte i forhold til både kapitel 6's spor af eksperimenter med Real Flow (E1) og kapitel 7's spor af eksperimenter med det digitale interaktive formgivningsredskab(E2). I dette tilfælde handler det altså om en indbyrdes relation (IR2, se tabel 9.3.3) mellem på den ene side dette kapitels spor af eksperimenter (E3) og på den anden side både kapitel 6 og 7's spor af eksperimenter. Dette potentiale er af tidsmæssige årsager ikke blevet gennemprøvet, men vil være relevant at forske videre i.

IR2	Brugen af gips-ler i silikoneforme, der er blevet udnyttet i kapitel 9's spor af eksperimenter (E3), viste et uforudsigeligt potentiale til at opnå et dynamisk samspil mellem den digitale formgivning og det keramiske materiale og en kompleksitet i et keramisk artefakt (S3). Dette potentiale er oplagt at udnytte i forhold til både kapitel 6's spor af eksperimenter med RF (E1) og kapitel 7's spor af eksperimenter med det digitale interaktive formgivningsredskab(E2). Dette bidrager derfor med en uforudsigelig indbyrdes relation (IR2) mellem kapitel 9's spor af eksperimenter (E4) og kapitel 6 og 9's spor af eksperimenter (E1, E2).
-----	--

Tabel 9.3.3 // Kapitel 9 har givet anledning til følgende uforudsigelige relation. Se yderligere figur 6.1 i indledningen på del 3.

Del 4 //

Resultater

10 // Konklusion og resumé af bidrag	219
10.1 // Materialedreven digital formgivning og Real Flow	220
10.2 // Flygtige fænomener og udvikling af digitale interaktive dynamiske systemer.....	223
10.3 // Dynamiske samspil mellem digital formgivning og det keramiske materiale	226
10.4 // Metodeudvikling.....	227
11 // Refleksion og perspektivering	229
11.1 // Refleksion over projektforløb	229
11.2 // Fremtidig forskning	231

10 // Konklusion og resumé af bidrag

Afhandlingens formål har for det første været at bidrage med ny viden i forhold til keramisk formgivning, og for det andet at bidrage til en fælles tværfaglig diskurs omkring brugen af 3d digital formgivning med afsæt i det keramiske fagområde. Projektet har med udgangspunkt i egne eksperimenter diskuteret muligheden for og potentialet i at overføre en tilgang til formgivningsprocessen indenfor det keramiske fagområde til 3d digital formgivning, samt at diskutere hvad en sådan tilgang til 3d digital formgivning kan bidrage med. Formålet med dette udgangspunkt har været at udnytte den viden og erfaring som det keramiske fagområde allerede har i forhold til formgivning af 3d fysiske artefakter, samt at understøtte et eget selvstændigt ståsted indenfor fagområdets brug af 3d digital formgivning. Eksperimenternes tematiske omdrejningspunkt har handlet om at fastholde et dynamisk øjeblik i en bevægelse.

Afhandlingens bidrag kan deles op i fire kategorier, hvoraf de tre første tilstræber at besvare forskningsspørgsmålene, mens det fjerde handler om metodeudvikling. De fire kategorier kan kort beskrives sådan:

1. Materialedreven digital formgivning og Real Flow

Afhandlingen har defineret en tilgang til formgivningsprocessen indenfor det keramiske fagområde, som jeg har kaldt *materialedreven formgivning*. *Materialedreven formgivning* er baseret på ideen om at fysiske materialer, som f.eks. ler, i et samspil med en formgiver, har et dynamisk potentiale, der kan bidrage til formgivningsprocessen, se sektion 3.4. Denne tilgang har dannet grundlag for forskningsprojektets egne eksperimenter med 3d digital formgivning med udgangspunkt i brugen af *dynamics* i softwaret Real Flow (RF) og er blevet begrebsliggjort som *materialedreven 3d digital formgivning*.

Denne kategori fokuserer på at besvare forskningsspørgsmål 1.

2. Flygtige fænomener og udvikling af digitale interaktive dynamiske systemer

Afhandlingen har diskuteret og eksperimenteret med at fastholde flygtige fænomener med udgangspunkt i softwaret RF. Brugen af RF blev kategoriseret som *autonom materialedreven formgivning* (se sektion 3.5.1), hvilket motiverede til at undersøge det 3d digitale medie som et redskab til *interaktiv materialedreven formgivning* (se sektion 3.5.2). Denne undersøgelse blev udført i et tværfagligt samarbejde med programmør og interaktionsdesigner Marcin Ignac med det formål at udvikle et 3d digitalt dynamisk system, der kunne eksemplificere ideen om *interaktiv materialedreven 3d digital formgivning*.

Denne kategori fokuserer på at besvare forskningsspørgsmål 2 med fokus på 3d digital formgivnings potentiale til at fastholde flygtige fænomener (delmål 2a), der adskiller sig fra brugen af fysiske materialer.

3. Dynamiske samspil mellem digital formgivning og det keramiske materiale

Ved hjælp af eksperimenter har afhandlingen diskuteret og afprøvet muligheden for, at opnå et dynamisk samspil mellem 3d digital formgivning og keramiske materialer i et keramisk artefakt.

Denne kategori fokuserer på at besvare forskningsspørgsmål 2 med fokus på samspillet mellem digital formgivning og keramiske materialer (delmål 2b).

4. Metodeudvikling

Udover besvarelsen af selve forskningsspørgsmålene har jeg i forbindelse med min metodeudvikling ligeledes bidraget med ideen om epistemiske artefakter og forgrenende eksperimenter som metode i forbindelse med forskningsprojektet. Metodeudviklingen kan derfor ligeledes ses som et resultat.

I de følgende 4 sektioner vil jeg uddybe og diskutere disse bidrag.

10.1 // Materialedreven digital formgivning og Real Flow

(I denne sektion refereres til sektion 3.1, 6.1.1, 6.1.2 og 6.1.4)

Denne sektion fokuserer på at besvare forskningsspørgsmål 1 og delmål 1a, se sektion 1.2.

Afhandlingen har indledningsvis i sektion 3.1 defineret og eksemplificeret en tilgang til formgivningsprocessen indenfor det keramiske fagområde og begrebsliggjort denne tilgang som *materialedreven formgivning*. Denne tilgang er karakteriseret ved at fysiske materialer, som bl.a. ler, i et samspil med en formgiver, har et dynamisk potentiale, der kan bidrage til formgivningsprocessen, se sektion 3.4. Tilgangen til *materialedreven formgivning* kan kategoriseres som henholdsvis *autonom* og *interaktiv materialedreven formgivning*, hvilket afspejler formgiverens brug af det fysiske materiale i formgivningsøjeblikket.

Materialedreven formgivning kan yderligere beskrives ud fra et *første* og *andet* niveau, der udgør en sammenhængende proces i tilgangen. Det første niveau er kaldet *første niveau i materialedreven formgivning*, og består af formgiverens identifikation af et dynamisk potentiale i et materiale. Det *andet niveau i materialedreven formgivning* handler om, at formgiveren aktualiserer det dynamiske potentiale i et antal repræsentative versioner i form af artefakter. Processen mellem *første* og *andet niveau* kan med udgangspunkt i Sanford Kwinter (2001) beskrives som en dynamisk og uvis proces, der forbinder en virtuel komponent til en aktuel komponent. Denne tilgang er ikke baseret på forudsigelighed, men snarere på et uforudsigeligt resultat og kan ligeledes beskrives som en bottom-up proces. Som en kontrast er begrebet *konstruerende formgivning* blevet introduceret, som en forudsigelig brug og kontrol af materialer i formgivningsprocessen, hvor det fysiske materiale forventes at bidrage med et forudbestemt resultat. *Konstruerende formgivning* kan derfor omvendt karakteriseres som en top-down proces, se sektion 3.4.

Det er ideen om materialedreven formgivning, der har dannet grundlag for at eksperimentere med 3d digital formgivning. Som udgangspunkt for disse eksperimenter har jeg benyttet *dynamics* i softwaret Real Flow (RF), se sektion 6.2. De indledende eksperimenter med *dynamics* viste, at brugen af *dynamics* og fysiske materiale med henblik på *materialedreven formgivning*, begge kan karakteriseres som sammenlignelige dynamiske systemer og udgøre, hvad jeg i sektion 3.1 kaldte *første niveau i materialedreven formgivning*. Begge dynamiske systemer kan danne grundlag for den dynamiske proces, der forbinder en virtuel komponent til en aktuel komponent. Den aktuelle komponent er, hvad jeg kaldte *andet niveau i materialedreven formgivning*, og som i RF's digitale dynamiske system udgør en repræsentativ konstellation af partikler i form af en 3d geometri.

Eksperimenterne med RF dannede på den måde grundlag for, at drage en parallel mellem ideen om materialedreven formgivning med brugen af keramiske materialer og 3d digital formgivning.

Denne tilgang til 3d digital formgivning har jeg kaldt *materialedreven 3d digital formgivning*, da tilgangen er inspireret af en proces med fysiske materialer og med det formål at formgive 3d fysiske artefakter. *Materialedreven* henviser derfor både til tilgangens afsæt og til dens formål.

I sektion 6.4 introducerede jeg to samarbejder med henholdsvis keramikeren Anne Tophøj og smykkedesigner Katrine Borup. Formålet med disse samarbejder, var at afprøve og perspektivere ideen om *materialedreven 3d digital formgivning* ved hjælp af Real Flow i et sam- og modspil med andre designere. Ved en designkontekst skal her forstås, at formgivningsprocessen er målrettet mod, at artefaktet skal kunne forstås og funktionelt bruges uden en verbal forklaring. I begge samarbejder, blev der derfor eksperimenteret med RF som et formgivningsredskab til at producere brugsobjekter.

I samarbejdet med Anne Tophøj blev der eksperimenteret med en bottom-up tilgang, hvor RF's dynamiske system blev udnyttet som et formgivningsredskab til *materialedreven formgivning*. RF's dynamiske system blev på den måde ikke brugt til at simulere virkelighedsrelaterede fænomener, men alene som et dynamisk system til formgivning. Eksperimentet viste, at det digitale dynamiske system appellerede til nysgerrighed og leg gennem undersøgelser og eksperimenter med at identificere opstillinger mellem partikler og virtuelle kræfter, der kan bidrage med overraskende uforudsigelige resultater, det vil sige *første niveau i materialedreven formgivning*. RF blev fundet brugbart som et redskab til *materialedreven formgivning* i en designkontekst.

I samarbejdet med Katrine Borup blev der derimod eksperimenteret med en *top-down* tilgang. Det betød, at RF's dynamiske systems potentiale først blev overvejet og diskuteret som et formgivningsredskab, før end selve formgivningen blev udført. Denne tilgang kom til at bidrage med en diskussion om begrebet materialedreven formgivning og om kravet til en dynamisk og uvis proces, og om uforudsigelighed, leg og overraskelse. I samarbejdet bidrog det digitale dynamiske system til 3d formgivning, men det ønskede resultat var tilnærmelsesvist forudbestemt. Brugen af det digitale dynamiske system i samarbejdet kan derfor

ikke karakteriseres som materialedreven formgivning, men snarere som en kategori indenfor *konstruerende formgivning* baseret på brugen af et dynamisk system. I samarbejdet med Katrine Borup bidrog RF med at kunne fastholde, og derved formgive og fastholde et naturalistisk flygtigt øjeblik af en væske i bevægelse, hvilket ville have været svært med fysiske materialer. Dette potentiale var dog ikke overraskende, da RF's overordnede formål er at gengive 3d naturalistiske fænomener. Samarbejdet med Katrine Borup medvirkede især til at perspektivere samarbejdet med Anne Tophøj, som netop var karakteriseret af en uvis og dynamisk proces.

I begge samarbejder, blev RF fundet brugbart som et formgivningsredskab i en designkontekst, men især i forbindelse med den indledende fase. Det vil sige, at det dynamiske system primært blev fundet brugbart som et dynamisk skitseringsredskab, men at der i begge samarbejder var et behov for at kunne opnå en højere grad af kontrol i forbindelse med at præcisere den endelig formgivning af et brugsobjekt. En sådan højere grad af kontrol kan evt. opnås ved at benytte RF i et samspil med software med redskaber, der baserer sig på *konstruerende formgivning* som f.eks. 3d studio max. Dette blev udnyttet i samarbejdet med Katrine Borup. Ved hjælp af sådan software kan den overraskende og dynamiske formgivning målrettes og præciseres til det specifikke formål. En anden mulighed kan være at tilegne sig en større erfaring med med RF som sådan, eller at samarbejde med en specialist indenfor brugen af speciel-effekt ved hjælp af RF.

Eksperimenterne med *dynamics* i RF kan ses som *et* eksempel indenfor *en* kategori i brugen af digitale dynamiske systemer som formgivningsredskab, og har fungeret som et godt afsæt til at udforske det første forskningsspørgsmål. Eksperimenterne har dog samtidig rejst nye spørgsmål. RF blev fundet begrænsende i forhold til to sammenhængende problemstillinger, hvilket samtidig karakteriserer denne kategori af dynamiske systemer.

For det første repræsenterer RF en række redskaber, der er defineret på forhånd. Dette begrænser formgiverens måde at tænke på. En konkret begrænsning kan f.eks. være, at RF er baseret på partikelsystemer, hvilket allerede repræsenterer en måde at tænke formgivning på. Det dynamiske system kunne f.eks. i stedet være baseret på en ide om fraktaler, og ville derved repræsenterer en helt anden måde at tænke formgivning på. For det andet bidrog det dynamiske system i RF ikke til muligheden for at interagere i selve formgivningsøjeblikket. Dette kategoriserer brugen af *Dynamics* i RF som en *autonom materialedreven digital formgivning*, se sektion 6.2.1. Dette afspejler ikke umiddelbart det dynamiske systems fulde potentiale, da det ikke er muligt at interagere i en impulsiv, legende, undersøgende og eksperimenterende dialog med det dynamiske system, se sektion 3.5.2. Der findes allerede adskillige eksempler på at digitale dynamiske systemer muliggør en sådan interaktion i formgivningsøjeblikket. Eksempler på dette er f.eks. Camille Utterback's interaktive installation "Untitled 5", og software som Zbrush og Particle Toy (se sektion 7.1-7.3). Det blev derfor en central problemstilling at udforske muligheden for selv at formgive det dynamiske system og derved *interaktiv materialedreven digital formgivning*, hvilket eksperimenterne i sektion 7.4 handler om, og som næste sektion vil diskutere.

10.2 // Flygtige fænomener og udvikling af digitale interaktive dynamiske systemer

Denne sektion fokuserer på at besvare forskningsspørgsmål 2 med fokus på delmål 2a og handler derved om 3d digital formgivningens potentiale til at fastholde flygtige fænomener, der adskiller sig fra brugen af fysiske materialer.

Eksperimenterne i Real Flow (RF) i sektion 6.0-6.4 dannede et afsæt for at undersøge det digitale medies potentiale for at eksperimentere med projektets tematiske omdrejningspunkt *bevægelse*, og derved om at fastholde flygtige fænomener ud fra ideen om materialedreven formgivning. En interessant iagttagelse i de indledende eksperimenter var at temaet *bevægelse* snarere kom til at handle om metamorfose. Det afgørende i dette var brugen af det dynamiske system i RF, hvilket handler om forholdet mellem partikler og ydre kræfter. Det dynamiske system handlede snarere om, at en form forandrede form pga. ydre kræfter, end om et objekt, der bevæger sig fra en position til en anden uden at ændre egenskab eller form. Dette er interessant, fordi det betyder at temaet *bevægelse* kan være en implicit del af ideen om materialedreven formgivning. Dette var tilfældet i de indledende eksperimenter i RF. Eksperimenterne i RF handlede på den måde ikke alene om at indfange flygtige øjeblikke, men om at indfange, hvad jeg i sektion 6.2 kaldte *dynamiske øjeblikke*. Dette er øjeblikke, der er kendetegnet ved både at afspejle et givent øjeblik i en bevægelse, men ligeledes afspejler det dynamiske materiales karakter. Det kan konkret handle om en simulering af en kollideret væskeoverflade, hvilket har igangsat en bevægelse i form af bølger. Bølgerne afspejler ikke en statisk form, der bevæger sig fra en position til en anden, men en form under forandring.

De indledende eksperimenter med RF handlede for det første om figurative fænomener, som f.eks. ringe på en væskeoverflade (se sektion 6). Sådanne simuleringer viste sig egnet til at indgå i dynamiske indbyrdes forhold, som kan bidrage med, hvad jeg har kaldt *skalakonflikter* og *materialekonflikter* (Hansen, 2009c). Dette blev undersøgt for at belyse forskningsspørgsmål 2's delmål 2b's ide om et dynamisk samspil mellem den digitalt RP producerede model og det keramiske materiale i et keramisk artefakt. Dette tema vil den næste sektion diskutere og jeg vil derfor ikke gå i detaljer med dette nu. For det andet har de dynamiske systemer i RF vist sig egnet til at opstille et dynamisk system, der ikke har ligheder med eller baserer sig på en simulering af fysiske materialer. Disse dynamiske systemer er ikke nødvendigvis bundet til, og derved heller ikke begrænset til at gengive fysiske materialer og love (som f.eks. væsker og tyngdekraft), men kan betragtes som et dynamisk formgivningsredskab som sådan til f.eks. at generere komplekse matematiske konstruktioner. Dette har givet et godt afsæt til at besvare forskningsspørgsmål 2's ide om, at det digitale medie kan bidrage med at fastholde flygtige fænomener, der adskiller sig fra fysiske materialers begrænsninger. Yderligere har denne ide bidraget til forskningsprocessens videre forløb, hvilket har handlet om at opnå en højere grad af interaktion med det digitale dynamiske system og derved *interaktiv materialedreven digital formgivning*.

Ekspirimenterne med RF er for det første, som allerede nævnt i sektion 10.1 kategoriseret som *autonom materialedreven digital formgivning*, men er yderligere som diskuteret i 7.6 forbundet med en begrænsning i originalitet i formgivningen. Denne begrænsning hænger sammen med at RF som udgangspunkt allerede repræsenterer en række redskaber, der er defineret på forhånd. Sammen med den manglende mulighed for at interagere i selve formgivningsøjeblikket medvirker dette til, at der i brugen af RF allerede er en forudbestemt måde at tænke formgivningen på. Dette begrænser formgiverens originalitet.

Da det er muligt selv (eller ved hjælp af programmører) at programmere software giver dette en stor frihed til at basere det dynamiske system på individuelle behov. Dette adskiller sig fra ideen om materialedreven formgivning med fysiske materialer, da de fysiske materialer umiddelbart kan siges at indeholde en form for programmering ved at besidde visse kvaliteter, - f.eks. lers plastiske kvaliteter. På den anden side stiller denne bevidsthed samtidig krav til formgiveren om at være kritisk over for brugen af f.eks. digitale dynamiske systemer i såkaldte færdigt udviklede software for at opnå en originalitet, se yderligere diskussionen i sektion 7.6. I brugen af f.eks. RF kan formgiveren stille sig kritisk ved at benytte det dynamiske system i en enestående sammenhæng, så det ikke alene genkendes som en effekt på baggrund af RF. Et eksempel på dette er *Plask* på figur 6.3.4 i sektion 6.3. *Plask* udnytter ikke alene RF's potentiale til at gengive et virkelighedsrelateret fænomen med en høj detaljeringsgrad, men udnytter det i en ny unik sammenhæng i et dynamisk samspil med et fysisk materiale.

I dette forskningsprojekt har sådanne overvejelser sammen med ideen om *interaktiv materialedreven digital formgivning* bidraget til et samarbejde med programmør og interaktionsdesigner Marcin Ignac, hvilket er beskrevet i sektion 7.4.

I samarbejdet har vi for det første eksperimenteret med at udvikle et digitalt interaktivt dynamisk system, der baserer sig på ideen om at indfange flygtige øjeblikke i en hånds bevægelse ved hjælp af programmeringssproget *Processing*. For det andet har vi i samarbejdet eksperimenteret med at interaktionen med det digitale dynamiske system er baseret på brugen af en såkaldt wii-mote i stedet for f.eks. en mus, hvilket muliggør at opfange 3d bevægelser i stedet for 2d bevægelser. Jeg har kaldt eksemplet for et *dynamisk interaktivt formgivningsredskab* (DIF). Eksperimentet viste et potentiale for, at formgiveren af 3d fysisk form i et tværfagligt samarbejde selv kan udvikle sit digitale formgivningsredskab, og derved opnå en højere grad af originalitet og bedre udnyttelse af det digitale medie ud fra ideen om *materialedreven formgivning*.

Færdigudviklet software som f.eks. RF kan være et brugbart redskab til en given problemstilling og meget software giver desuden mulighed for selv at programmere mindre applikationer, der kan repræsentere nye selvstændige redskaber i softwarepakker. Denne mulighed findes f.eks. i kendte 3d software pakker som 3d Studio Max og Rhino. Muligheden findes også i Real Flow, men Real Flow er samtidig et eksempel på, hvordan den grundlæggende tilgang til formgivning i sådan software alligevel ikke er mulig at ændre, på trods af at muligheden for selv at programmere foreligger. I RF er det f.eks., på trods af

muligheden for at programmere applikationer, ikke muligt at opnå at kunne interagere i formgivningsøjeblikket, dvs. at det ikke er muligt at opnå en *interaktiv materialedreven 3 digital formgivning*. Men fordi det er til at programmere og udvikle egne applikationer i den såkaldte eksisterende software, kan vi tale om en glidende overgang mellem åbne programmeringsplatforme som f.eks. *Processing* og de færdigudviklede softwareprogrammer.

Resultatet af samarbejdet med Marcin Ignac kom yderligere til at medvirke til et samarbejde med design duoen Souvenir, der eksperimenterede med DIF i forhold til et konkret udstillingsprojekt, se sektion 7.5. Et interessant aspekt ved eksperimentet med DIF er derfor yderligere, at jeg har fået afprøvet min rolle som forsker, hvilket i denne sammenhæng har handlet om at koble viden sammen på baggrund af forskellige fagområder med udgangspunkt i mine forskningsspørgsmål. Min rolle i disse samarbejder, understøtter min ide om en *undersøgelsesorienteret designpraksis* inkluderet i designforskning (Hansen, 2009d), hvilket handler om at udøve en formgivningspraksis, der er enestående for en forskningssammenhæng og som adskiller sig fra en praksis, som jeg ville udføre den i en designkontekst, se kapitel 2. Denne praksis er ikke karakteriseret af en designfaglig praksis som f.eks. en keramiker praktiserer den, men snarere karakteriseret af at understøtte og bidrage med ny viden indenfor et fagområde alene på baggrund af en eksperimenterende praksis. Dette er interessant, fordi udviklingen af DIF på den måde har målrettet, understøttet og fastholdt min rolle i at opnå viden omkring forskningsspørgsmålene, uden at jeg samtidig skulle bruge tid til enten at indhente teknisk viden eller at afprøve en tilegnet viden til en bestemt brugskontekst. Dette kan ses som et resultat af ideen om epistemiske artefakter (se sektion 2.1), da dette har muliggjort, at udvikling af artefaktet og artefaktet i sig selv har været fritaget for at opfylde sin sædvanlige rolle om at være et brugsobjekt.

Yderligere er det interessant at pege på det konkrete dynamiske potentiale, der kan opnås gennem tværfaglighed. Dette kunne, som jeg har diskuteret i sektion 7.6, pege på et potentiale i tværinstitutionelle samarbejder mellem f.eks. Danmarks Designskole og IT universitetet, hvor de studerendes forskellige viden og erfaring kunne danne basis for at eksperimenter med potentialet i at udvikle egne digitale redskaber på et tidligt stadie i formgivningsprocessen af 3d fysiske artefakter. En sådan erfaring ville yderligere kunne tænkes at bidrage med en kritisk brug af digitale medier.

Jeg mener, at denne tilgang til brugen af 3d digitale medier, der er repræsenteret ved DIF, er et vigtigt resultat i afhandlingen i forhold til forskningsspørgsmål 2. Eksperimentet repræsenterer som jeg har diskuteret i sektion 7.6 et godt eksempel på, hvordan det 3d digitale medie kan bidrage til en formgivningsløsning, der afspejler ideen om at fastholde flygtige fænomener på en måde, der adskiller sig fra fysiske materials begrænsninger og potentiale.

Eksperimentet har bidraget med et potentiale, som ikke har været åbenlyst i projektets start og som gradvist gennem eksperimenter er blevet realiseret. Dette afspejler ligeledes et resultat, der har ladet sig gøre gennem eksperimenter baseret på ideen om *forgrenende eksperimenter* som metode, se kapitel 2.

Den næste sektion vil handle om, hvordan de resultater med 3d digital formgivning som jeg har beskrevet i denne sektion, kan udnyttes i et dynamisk samspil med de keramiske materialer og teknikker.

10.3 // Dynamiske samspil mellem digital formgivning og det keramiske materiale

(I denne sektion refereres til sektion 6.3 og kapitel 9)

Denne sektion fokuserer på at besvare forskningsspørgsmål 2 med fokus på delmål 2b, der handler om at opnå et dynamisk samspil mellem den digitale formgivning og det keramiske materiale for at opnå en kompleksitet i et keramisk artefakt.

Indledningsvist blev et sådan samspil diskuteret i sektion 6.3 på baggrund af eksperimenterne i RF. I disse eksperimenter indgik det RP producerede artefakt som et delelement i formgivningen af et keramisk artefakt. Det keramiske artefakt var på den ene side baseret på en *autonom materialedreven formgivning* ved hjælp af RF's potentiale til at fastholde flygtige fænomener ved hjælp af en naturalistisk simulering af en kollideret væskeoverflade, og på den anden side baseret på en *interaktiv materialedreven formgivning* ved hjælp af flydende porcelænsstøbemasse. Dette samspil viste et potentiale til at producere de dynamiske konflikter, som jeg har kaldt *skalakonflikt* og *materialekonflikt*, - og yderligere til at bidrage med en flydende grænse mellem fiktion og virkelighed (Hansen, 2009c).

Eksperimentet gav anledning til et spørgsmål om, hvorvidt et lignende samspil er opnåeligt alene med fysiske materialer, - og i så fald, hvad det digitale medie, da bidrager med. Dette spørgsmål blev diskuteret i kapitel 8 på baggrund af en række eksperimenter med *gips-ler*. Gips-ler viste et potentiale for at producere et lignende dynamisk samspil. Det var dog den konflikt, der blev defineret som *materialekonflikt*, der viste det bedste potentiale ved brugen af kun fysiske materialer. Dette peger på, at brugen af RF i forhold til omtalte eksperimenter, der er diskuteret i henholdsvis sektion 6.3 og kapitel 8, især adskiller sig ved at kunne producere, hvad der blev defineret som en *skalakonflikt*. Dette er muligt ved hjælp af RF's potentiale til at gengive virkelighedsrelaterede fænomener i en høj detaljeringsgrad, og med det 3d digitale medies mulighed for at overføre den 3d digitale form til fysisk form ved hjælp af Rapid Prototyping (RP). RP muliggør f.eks. at overføre en simulering af et fænomen som et vandplask, der afspejler en stor skala til fysisk form i en mindre skala. Dette vil f.eks. muliggøre en *skalakonflikt* mellem en virtuel hændelse og en virkelig hændelse baseret på et keramisk materiale, som eksperimentet *Plask* på figur 6.3.4 i sektion 6.3 er et eksempel på.

Eksperimenterne i sektion 6.3 rejste yderligere spørgsmålet om, hvorvidt den RP producerede model kan være mere komplicerede, når den skal overføres til det keramiske materiale, end den keramiske teknik med gips og støbe-ler muliggør, se endvidere sektion 6.3.

Dette initierede kapitel 9's eksperimenter med silikoneaftryk og gips-ler. Eksperimenterne viste for det første et potentiale (dog begrænset) til, at den RP producerede model kan være mere komplicerede, end den keramiske teknik med

gips og støbe-ler muliggør, - og for det andet, hvilket især er interessant i denne sammenhæng, et potentiale til at udnytte det keramiske materiales potentiale til at transformere det RP produceret artefakts form og bidrage med en lang række særegne stofligheder ved hjælp af ovn brændingen.

Dette bidrager med et dynamisk samspil mellem det digitalt RP produceret artefakt og det keramiske materiale, hvilket ville være oplagt at udnytte i forhold til både kapitel 6's spor af eksperimenter med Real Flow (E1) og kapitel 7's spor af eksperimenter med det digitale interaktive formgivningsredskab (E2) (DIF). Jeg har dog af tidsmæssige årsager ikke haft tid til at gennemprøve dette potentiale, men eksperimentet, der kan ses på figur 9.2.13 i sektion 9.2, er et repræsentativt eksempel.

Hvis vi sammenligner eksperimenterne, der henholdsvis er beskrevet i sektion 6.3 og i sektion 9.2 er der tale om to forskellige dynamiske samspil mellem den RP producerede model og det keramiske materiale. Eksperimenterne i sektion 6.3 beskæftigede sig med at den digitalt RP producerede model bidrog med et dynamisk samspil ved at indgå som et delelement i formgivningen af et keramisk artefakt. Dette producerede dynamiske konflikter og derved flydende grænser mellem fiktion og virkelighed. Det dynamiske samspil i eksperimenterne i kapitel 9 er derimod snarere baseret på gips-lerets potentiale til at producere en særegen keramisk stoflighed og at transformere det RP produceret artefakts fysiske udformning ved hjælp af de kemiske processer i ovn brændingen. Der er på den måde tale om to meget forskellige dynamiske samspil mellem den digitale formgivning og det keramiske materiale baseret på ideen om materialedreven formgivning som forskningsprojektets eksperimenter har bidraget til.

10.4 // Metodeudvikling

I forskningsprojektet har jeg lagt stor vægt på en forskningspraksis, der involverer mine egne konkrete eksperimenter med materialer og teknik. Dette er en tilgang, der som beskrevet i kapitel 2 også går under betegnelsen "practice-based research" (Biggs 2002) eller "research through design" (Frayling, 1993). Min ide med dette har været at udnytte min baggrund og erfaring indenfor designpraksis som en integreret del af min forskningspraksis. Min metode har været baseret på ideen om epistemiske artefakter og forgrenende eksperimenter (se sektion 2.1 og 2.2), hvilket er opstået som en strategi til at besvare mine forskningsspørgsmål igennem forskningsprocessen. I mine eksperimenter har fremstillingen af og artefakterne i sig selv haft den primære rolle at være et responderende og reflekterende middel, der kan skubbe forskningsprocessen fremad, mens de forgrenende eksperimenter har kunnet påvirke og perspektivere hinanden, og bidrage med uforudsigelige relationer og derved innovative løsninger (Hansen, 2009d).

Denne tilgang har været understøttet af Steven Scrivener og Peter Chapman's (2004, s. 7) forslag om, at den såkaldte praksisbaserede forskningsproces skal bestå af et parallelt forløb mellem indsamling af relevant teori og viden og kreativ praksis. Yderligere har Katie Bunnell's ide om "an open and emergent practice-based methodology" (Bunnell, 2009) understøttet min tilgang. Dette handler for det første om, at strategier til at løse et problem opstår gennem fordybelse, der

bliver mere fokuseret gennem aktion (Schön, 1983), - og for det andet om, hvordan et designforskningsproblem bliver mere fokuseret gennem aktion ved hjælp af eksperimenter (Bunnell, 2009). Ligeledes har min tilgang været understøttet af Maarit Makela's (2007) ide om, at praksis indenfor denne kategori af forskning ikke som udgangspunkt skal binde sig til en bestemt metode, men snarere opstå i situationen.

De forgrenende og parallelle spor af eksperimenter har foldet sig ud indenfor en ramme, der er defineret af forskningsspørgsmålene. Denne ide er inspireret af ideen om *Exemplary design research*, som er diskuteret af Binder og Redström (2006), og Maarit Makela's (2007) ide om en ramme indenfor hvilken en praksisorienteret "rejse" med eksperimenter kan foregå.

Maarit Makela (2007) beskriver, at et karakteristisk træk indenfor denne kategori for forskning er, at spørgsmål rejses som en konsekvens af praksis og at en del af svarene ikke er entydige, men snarere flertydige. Dette ser Maarit Makela som en dynamisk fordel i forholdet mellem forskningskontekst, spørgsmål, metode og modtager. Dette underbygger min ide om forgrenende eksperimenter, der i selve forskningsprocessen handler om, at de parallelle spor af eksperimenter for det første dynamisk kan påvirke og perspektivere hinanden og bidrage med uforudsigelige løsninger, - og for det andet belyser flere aspekter af forskningsspørgsmålene på en gang, og derfor ikke skal ses som enkeltstående svar, men som en helhed, der afspejler forskningsspørgsmålenes kompleksitet.

Konkret har ideen om epistemiske artefakter handlet om at udøve en designpraksis på en måde, der er enestående for en forskningssammenhæng. Et eksempel på en sådan praksis kan ses i kapitel 7's spor af eksperimenter med det interaktive formgivningsredskab, som jeg allerede har diskuteret i sektion 10.2. I dette spor af eksperimenter samarbejder jeg med både en programmør og en designer duo, der muliggjorde, at jeg ikke skulle bruge tid på at indhente teknisk viden, eller at afprøve en tilegnet viden til en bestemt brugskontekst. Jeg kunne koncentrere mig om at eksperimentere med og understøtte den formgivningspraksis som forskningsspørgsmålene afspejler. Min praksis i disse samarbejder, adskiller sig fra en praksis, som jeg ville udføre den i en designkontekst, og effektiviserer på den måde min forskning. Dette er et resultat af, at artefaktet ikke behøver at give mening udenfor forskningskonteksten, men alene kan ses som et responderende og reflekterende middel, der kan skubbe forskningsprocessen fremad, se sektion 2.1. Dette er ligeledes, hvad jeg har kaldt en *undersøgelsesorienteret designpraksis* inkluderet i designforskning.

Yderligere har ideen om forgrenende eksperimenter konkret handlet om at de parallelle spor af eksperimenter kan perspektivere hinanden og bidrage med uforudsigelige løsninger. Et eksempel på dette er de nye spor af eksperimenter som det indledende spor af eksperimenter med Real Flow i kapitel 6 gav anledning til. Kapitel 7's spor af eksperimenter fokuserede f.eks. på samspillet mellem det digitale medie og formgiveren, og kapitel 9's spor af eksperimenter fokuserede på problemstillingen omkring overførelsen af den digitale form til fysisk form. De forskellige spor af eksperimenter har på den måde kunne perspektivere og belyse specifikke aspekter, der afspejler forskningsspørgsmålenes kompleksitet.

Yderligere har de parallelle spor af eksperimenter kunne give anledning til uforudsigelige løsninger. Et eksempel på dette er kapitel 8's eksperimenter med gips-ler. Gips-ler bidrog for det første med at den RP producerede model kan være mere komplicerede, når den skal overføres til det keramiske materiale, end den keramiske teknik med gips og støbe-ler muliggør. For det andet bidrog gips-ler med at opnå et dynamisk samspil mellem den digitale formgivning og det keramiske materiale, hvilket eksperimenterne i kapitel 9 viste.

Ideen om epistemiske artefakter og forgrenende eksperimenter er opstået som en konsekvens af min forskningspraksis og kan derfor, udover selve besvarelsen af forskningsspørgsmålene, også ses som et resultat af min forskning.

11 // Refleksion og perspektivering

Dette kapitel handler om en refleksion over projektforsløbet, og om hvilket grundlag forskningsprojektet bidrager med til videre forskning.

11.1 // Refleksion over projektforsløb

Da jeg i min tilgang til forskning har lagt vægt på praksis i form af eksperimenter med materialer og teknik er det relevant at diskutere forskningsprocessen forløb og resultater i forhold til det grundlæggende krav (se kapitel 2) om *at forholde sig til relevant eksisterende viden* (Jensen 2004, s. 137).

Eksperimenter med materialer og teknik er ressourcekrævende og optager i sig selv meget tid, både hvad angår at indhente den nødvendige tekniske viden, men også i at udføre selve eksperimenterne. En udfordring i forhold til det grundlæggende krav har været, at jeg for det første som udgangspunkt ikke før har haft en tilknytning til eller erfaring med et forskningsmiljø, og at jeg for det andet ikke til dagligt har været tilknyttet et specifikt fagligt relevant forskningsmiljø eller indgået i større forskningsprojekter, da mit forskningsfelt ikke har været etableret på Danmarks Designskole. Jeg har dog haft en tæt forbindelse til forskerklyngen Automatic på Falmouth College of Art in Storbritannien i forbindelse med Katie Bunnell's eksterne vejledning af mit forskningsprojekt, hvilket har haft stor betydning.

En tidligere erfaring med eller en daglig tilknytning til et specifikt fagligt relevant forskningsmiljø kunne have bidraget med en viden, der i højere grad ville have understøttet forskningsprocessen i forhold til perspektivering og refleksion. Denne viden kunne for det første handle om eksperimenterende 3d digital formgivning. Dette kunne bidrage med en højere grad af perspektivering af det potentiale, jeg har diskuteret i forbindelse med DIF i sektion 7.6 og af de overførelsesteknikker, der findes til at overføre den 3d digitale form til fysisk form. For det andet kunne det også have handlet om en teoretisk viden indenfor f.eks. fænomenologi og semiotik, hvilket kunne have bidraget til og perspektiveret diskussionen om de flydende grænser mellem fiktion og virkelighed, som samspillet mellem den digitale formgivning og det keramiske materiale bidrog med i eksperimentet *Plask* i sektion 6.3.

En løsning til at indhente en højere grad af relevant eksisterende viden kunne måske have været muliggjort ved at have udført færre konkrete eksperimenter. Eksperimenterne kunne f.eks. alene have handlet om at udforske *materialedeven 3d digital formgivning* og derved frigivet mere tid til at indhente relevant eksisterende viden omkring 3d digital formgivning. Derved var eksperimenterne med at opnå et dynamisk samspil mellem den digitale formgivning og det keramiske materiale dog blevet udeladt. Dette ville have afspejlet en diskussion af 3d digital formgivning baseret på ideen om materialedeven formgivning uden at have diskuteret og afprøvet potentialet i en keramisk kontekst. Jeg ser dog den digitale formgivning og overførelsen til keramisk form som to processer, der hører sammen som en helhed, og som man er nødt til at tage stilling til som en helhed. Ideen er jo netop at bidrage med ny viden for at understøtte formgivning af keramiske artefakter. Det er derfor nødvendigt at tage stilling til, om og hvordan den digitale formgivning overføres til keramisk form.

Da teknikken til at overføre den 3d digitale form til det keramiske materiale ved hjælp af Rapid Prototyping (RP), teknisk set kan gøres på mange måder (se kapitel 9), bliver det derfor også relevant at udforske, hvad denne proces kan bidrage med for at diskutere og perspektivere problemstillingen. Denne udforskning har desuden medført interessante resultater og blevet en meget central problemstilling i afhandlingen. Et eksempel på dette er diskussionen om de dynamiske konflikter, og flydende grænser mellem virkelighed og fiktion, som eksperimentet med *Plask* i sektion 6.3 bidrog til. Et andet eksempel er det dynamiske samspil mellem den digitale formgivning og det keramiske materiales stoflige kvaliteter som eksperimenterne med gips-ler i sektion 9.2 bidrog til.

Jeg mener derimod, at en løsning på at opnå en højere grad af perspektivering af forskningsprojektet indenfor denne kategori af forskning, er at finde i samarbejdet med andre udøvende designere og forskere. Jeg har i dette forskningsprojekt opnået en erfaring med dette ved at have samarbejdet med udøvende designere. Jeg har f.eks. haft et tværfagligt samarbejde med Marcin Ignac omkring det digitale interaktive formgivningsredskab, hvilket er beskrevet i sektion 7.4. I øvrigt har jeg samarbejdet med henholdsvis Anne Tophøj og Katrine Borup i eksperimenterne med Real Flow som et formgivningsredskab i en designkontekst, hvilket er beskrevet i sektion 6.4. Dette bidrog med en perspektivering og dynamisk videns udveksling om brugen af det digitale medie i forhold til forskningsspørgsmålene. Forskningsprojektet kunne med stor fordel have involveret andre forskere eller været en del af et større forskningsprojekt. Dette ville kunne bidrage med en højere grad af perspektivering af selve forskningsfeltet og forskningsprocessen. Denne mulighed har ikke været indenfor rækkevidde og er af tidsmæssige årsager en god ide at etablere som udgangspunkt.

Jeg ser antallet af mine eksperimenter som et grundlæggende vigtigt valg, der udnytter min baggrund som praktiserende keramiker på den bedste måde, for at kunne diskutere og besvare mine forskningsspørgsmål. Min tilgang har været brugbar og dynamisk, og har bidraget med et vigtigt grundlag til videre forskning, der kan basere sig på såvel praktiske eksperimenter som en yderligere perspektivering ved hjælp af indhentning af viden. Et fremtidigt og lignende

forskningsprojekt vil have gavn af at være baseret på et samarbejde med andre forskere eller ved at være en del af et større forskningsprojekt, eller på anden måde at være dagligt tilknyttet et fagligt relevant forskningsmiljø.

11.2 // Fremtidig forskning

I forhold til fremtidig forskning peger afhandlingen især på et forskningsfelt, der fortsat handler om krydsfeltet mellem 3d digital formgivning og fysiske materialer.

Konkret handler dette for det første om at forske i ideen om materialedreven 3d digital formgivning gennem praktiske eksperimenter i form af interaktive digitale dynamiske systemer. Det har vist sig, at de bedste betingelser for sådanne eksperimenter opnås gennem tværfaglige samarbejder. Dette handler om at inddrage samarbejdspartnere med en specialiseret viden i forbindelse med eksperimenterne. Et sådan samarbejde kunne være med forskere fra IT universitetet i København, Copenhagen Institute of Interaction Design på Danmarks Designskole, Danmarks Tekniske Universitet eller med lignende udenlandske institutioner.

For det andet handler dette forskningsfelt om konkrete eksperimenter med at overføre den 3d digitale form til det keramiske materiale. Disse teknikker er under konstant udvikling og det vil især være interessant at afprøve mulighederne for at 3d printe direkte med ler pulver, som jeg har beskrevet i sektion 9.1. I forhold til denne mulighed er det interessant på baggrund af eksperimenter at afprøve og diskutere mulighederne for at opnå et dynamisk samspil mellem den digitale formgivning og det keramiske materiale. Denne teknik er som beskrevet i sektion 9.1 bedst udviklet i henholdsvis Storbritannien og USA og det vil derfor være oplagt at samarbejde med de institutioner, der allerede er langt i udviklingen af 3d print i ler. En problemstilling som jeg ikke har set undersøgt, handler om hvorvidt det keramiske materiale i forbindelse med denne teknik kan bidrage med en dynamisk transformation af den digitale formgivning, som vi så det i eksperimentet med gips-ler i sektion 9.2. Ligeledes vil det være interessant at afprøve muligheden for at CNC fræse i ler, da denne teknik rummer mulighed for at eksperimentere med en relativt større skala end 3d print. Dette kan ske i et samarbejde med Teknologisk Institut i Høje Tåstrup, der er i besiddelse af en digitalt styret robot arm, som kan udnyttes til CNC fræsning. Robot armen er måske på grund af dens størrelse og konstruktion beskyttet mod ler støv, hvilket kan beskadige mekanikken på mindre CNC fræsere, se sektion 9.1.

Resumé

Denne afhandling handler om eksperimenterende brug og integration af det digitale medie i det keramiske fagområde. Formålet med forskningsprojektet er for det første at understøtte keramikeren i at arbejde eksperimenterende med digital formgivning, og for det andet at bidrage til en tværfaglig diskurs om brugen af digital formgivning. Forskningsprojektet fokuserer på 3d formgivning og derved på 3d digital formgivning og Rapid Prototyping (RP). RP er en fællesbetegnelse for en række af de teknikker, der muliggør at overføre den digitale form til 3d fysisk form.

Forskningsprojektet koncentrerer sig om to overordnede forskningsspørgsmål. Det første handler om, hvordan viden og erfaring indenfor det keramiske fagområde kan blive udnyttet i forhold til 3d digital formgivning. Det andet handler om, hvad en sådan tilgang kan bidrage med, og hvordan den kan blive udnyttet i et dynamisk samspil med det keramiske materiale i formgivningen af 3d keramiske artefakter. Afhandlingen har titlen "Materialedreven 3d digital formgivning. Eksperimenterende brug og integration af det digitale medie i det keramiske fagområde". Materialedreven formgivning er karakteriseret af en tilgang til formgivningsprocessen indenfor det keramiske fagområde, der er defineret og eksemplificeret i afhandlingen. Denne tilgang er baseret på ideen om det keramiske materiale som et generativt og responderende potentiale, der kan bidrage med uforudselige formløsninger i et samspil med formgiveren. Materialedreven formgivning er karakteriseret af to niveauer i formgivningsprocessen; et første niveau, der handler om, at formgiveren identificerer og udvikler et generativt potentiale i et materiale, - og et andet niveau, der handler om at transformere og aktualisere dette potentiale i et repræsentativt antal artefakter, ved at formgiveren interagerer med det generative potentiale i materialet. Denne ide var inspireret af Sanford Kwinter (2002), der beskriver hvordan en virtuel komponent er forbundet med en aktuel komponent gennem en uvis og dynamisk proces. Den virtuelle komponent kan til dette formål ses som det generative og responderende materiale, der kan blive udtrykt i et repræsentativt antal artefakter.

Forskningsprojektet inkluderer egne praktiske eksperimenter med materialer og teknik, der bidrager med empiri. Det er derfor relevant at benytte termer som "practice based design research" (M. A. R. Biggs, 2002) og "research through design" (Frayling, 1993). Konkret er projektets metode inspireret af Dr. Katie Bunnell (2009), der foreslår hvad hun kalder *an open and emergent practice-based methodology*. Metoden er karakteriseret ved at være undersøgende og eksperimenterende, som i dette projekt betyder at forskningsspørgsmålene og rækken af eksperimenter er produceret og udviklet i løbet af forskningsprocessen. Denne tilgang er bl.a. inspireret af og har en lighed med Donald Schön's ide om "reflection in action" (Schön, 1983). Metoden undersøger bl.a. hvordan designforskning, der inkluderer eksperimenterende designpraksis kan udnytte forskerens baggrund som praktiker og gøre praksis central for forskningen.

Den udviklede metode er kaldt *forgrenende eksperimenter* og er karakteriseret af en undersøgende tilgang baseret på forfatterens samspil med materialer og teknik, og på en række af parallelle og indbyrdes afhængige eksperimenter snarere end enkeltstående eksperimenter. Metoden har vist, hvordan parallelle eksperimenter kan ses som et dynamisk system, hvor et antal uforudselige og overraskende relationer kan opstå og være eksemplariske for, hvad der kan lade sig gøre og hvordan i forhold til forskningsspørgsmålene.

Konkret bliver ideen om materialedreven formgivning undersøgt og eksemplificeret ved hjælp af egne praktiske eksperimenter i forhold til 3d digital formgivning. Derved opstår begrebet materialedreven 3d digital formgivning. Eksperimenterne undersøger, hvordan keramikeren kan bruge temaer som bevægelse og metamorfose i sit arbejde ved hjælp af 3d digital formgivning. Udgangspunktet for disse eksperimenter er i brugen af *dynamics* i det animationsbaseret software *Real Flow*. Dynamics er en fællesbetegnelse for en række digitale redskaber i 3d software, der er beregnet til at simulere virkelighedsrelaterede fænomener som væsker, vind, tyngdekraft o. lign.

For det første viser disse eksperimenter, at brugen af dynamics kan ses som et generativt og responderende potentiale, der kan sidestilles med brugen af et fysisk materiale i forhold til ideen om materialedreven formgivning. For det andet viser det digitalt formgivet artefakt, der er overført ved hjælp af Rapid Prototyping, et potentiale til at producere dynamiske konflikter, når det indgår i en traditionel keramisk produktionssammenhæng. Sådanne konflikter kan understøtte et kunstnerisk udtryk med flydende grænser mellem fiktion og virkelighed, der afspejler den ovenstående brug af teknikker og materialer.

De indledende eksperimenter med Real Flow rejste nye spørgsmål og derved nye parallelle eksperimenter. For eksempel kan brugen af dynamics i en "færdig" softwarepakke, siges at repræsentere en allerede defineret måde at tænke formgivning på. Denne problemstilling er diskuteret på baggrund af bl.a. Manuel De Landa (2004) i forhold til, hvordan brugen af det digitale medie kan afspejle og fremhæve en mere personlig måde at formgive på.

Problemstillingen opmuntrede til i et samarbejde med en programmør at udvikle et 3d digitalt redskab, der er blevet kaldt et *digitalt interaktivt formgivningsredskab* (DIF). Eksperimentet undersøger interaktive 3d digitale dynamiske systemer, der responderer visuelt på bevægelse af hånden i et virtuelt 3d rum ved hjælp af en wii-mote. Øjeblikke af bevægelsen bliver indfanget og danner grundlag for en overførelse til fysisk form ved hjælp af rapid prototyping, hvilket udtrykker det dynamiske øjeblik i fysisk form. Det er argumenterede, at en sådan tilgang afspejler en mere personlig materialedreven 3d digital formgivning, sammenlignet med brugen af en såkaldt "færdig" softwarepakke.

Med det keramiske materiale er det ligeledes muligt at opnå en personlig måde at formgive på, ved at man udvikler sine egne materialer og teknikker. Det endelige resultat vil dog mere eller mindre altid være bundet til en "signatur", der afspejler materialets natur. Som en kontrast er det argumenteret, at DIF muliggør at eksperimenterer med egenskaber, der ikke er bundet til et materiale eller fysiske love. Brugen af digitale medier muliggør, at formgiveren kan undersøge

fænomener som lyd eller håndens bevægelse, og kan udvikle egne generative og responderende dynamiske systemer. Dette muliggør en højere grad af kompleksitet i formgivningsprocessen af et artefakt.

Det kræver en viden og erfaring at kunne udtænke sådanne generative systemer og at udnytte dem i en bestemt sammenhæng. Det er argumenteret, at en sådan brug af det 3d digitale medie udnytter den erfaring som en keramikere har fra praksis i forbindelse med materialedreven formgivning.

Endvidere bliver det undersøgt og diskuteret, hvordan et artefakt, der er produceret ved hjælp af DIF kan indgå i et samspil med det keramiske materiale. Et eksperiment undersøger bl.a., hvordan et RP produceret artefakt, der er udført i et specielt udviklet keramisk materiale udnytter den fysiske transformation som den keramiske ovn brænding muliggør. Dette bidrager med et dynamisk samspil mellem kompleksiteten i den digitale formgivning og kompleksiteten i det keramiske materiales natur i et keramisk artefakt.

Alt i alt udvikler afhandlingen en eksperimenterende tilgang, der kombinerer 3d digital formgivning med en erfaring indenfor det keramiske fagområde. Endvidere peger afhandlingen på potentialet ved, at keramikeren indgår i tværfaglige samarbejder med designere fra fagområder som interaktionsdesign og programmering.

Afhandlingen peger på et fremtidigt forskningsfelt indenfor generative og responderende digitale systemer til 3d formgivning, der ligeledes inkluderer følesansen. Endvidere er det relevant at forske i, hvordan de RP teknikker, der er baseret på keramiske materialer, kan udnytte den kemiske transformation i den keramiske ovn brænding.

Referenceliste

- 1234lab. (2009). 8 Hertz Retrieved 10 October, 2009, from <http://www.1234lab.com/8hertz/>
- Archer, B. (1995). The Nature of Research. *Co-design, interdisciplinary journal of design*, 6-13.
- Autonomic. (2009). Autonomic. Retrieved 17 October, 2009, from <http://www.autonomic.org.uk/>
- Balistreri, J. (2008). Creating Ceramic Art Using the Rapid Prototyping Process [Electronic Version]. Retrieved 22 February 2010 from <http://johnbalistreriartist.com/category/ceramic-rapid-prototyping/articles-publications/>
- Bergson, H. (1946). *The Possible and the Real, i The Creative Mind (1946; New York: Citadel Press, 1974) s. 91-106*
- Biggs, M. A. R. (2002). The Role of the Artefact in Art and Design Research. *International Journal of Design Sciences and Technology, Volume10 (2)*.
- Biggs, M. A. R. (2004). Learning from Experience: approaches to the experiential component of practice-based research. *Forskning, Reflektion, Utveckling. Stockholm, Vetenskapsrådet, 2004, 6-21*.
- Binder, T., & Redström, J. (2006). *Exemplary Design Resarch*. Paper presented at the Design Research Society, Lissabon, Portugal, 2006.
- Borgmann, A. (1984). *Technology and the Character of Contemporary Life*, University of Chicago Press.
- Borup, K. (2009). *Smykker/Jewellery* Copenhagen
- Bosch, R., & Fjord, R. (2009). Bosch & Fjord. Retrieved 1 September 2009, from <http://www.bosch-fjord.com/>
- Bresson, H. C. (1980, 1992). *Henri Cartier Bresson : Photographer* New York.
- Bresson, H. C. (1992). *Henri Cartier Bresson : Photographer*
- Brown, N. C. M. (1997). Theorising the crafts: New tricks of the trades. *Craft and contemporary theory / edited by Sue Rowley*.
- Bunnell, K. (2004). *Craft and digital technology*. Paper presented at the World Crafts Council 40th Anniversary Conference in Metsovo, Greece, 2004.
- Bunnell, K. (2009). Developing a practice-centred research methodology for a design PhD , revised version of a paper originally published in Finnish in 2001 as, Uuden tekniikan soveltaminen keramiikan suunnittelijan ja valmistajan käytännön toimintaan (Developing a Methodology for Practice-based Ceramic Design Research), Käsiteollisuuden tutkimusseura ry, Kuopio, Finland. *Artelogi*, 8, pp9-17.
- Clark, G. (2009). An interview with Garth Clark. *Untitled, Pacific Northwest College of Art, Online Magazine*
- Csikszentmihalyi, M. (1988). Society, culture and person: a systems view of creativity. In: R.J. Sternberg, ed. *The Nature of Creativity: Contemporary Psychological Perspectives*. Cambridge University Press, 1988, pp325-339.
- Dixon, S. (2003). Futurism e-visited. *Body, Space & Technology (Online Journal), Vol 3, Iss 2, pp.0*.
- Dormer, P. (1986). *The new Ceramics, Trends + traditions*. London: Thames and Hudson.
- Douglas, B. M., C. (1985). The Heuristic Inquiry: The Internal Search to Know. *Journal of Humanistic Psychology*. 25 (3) pp39-55.
- Dunne, A., & Raby, F. (2001). *Design Noir: The Secret Life of Electronic Objects*. Basel: Birkhauser.
- Eden, M. (2007). Wedgwoodn't Project. Retrieved 23 June, 2009, from <http://wedgwoodnt.blogspot.com/2007/11/project.html>

- Frayling, C. (1993). Research in Art and Design. *Royal College of Art Research Papers*, 1(1), 1-5.
- Fremmedordbog, G. D. (2006). *Dansk Fremmedordbog*. Gyldendalske Boghandel, Nordiske forlag A/S og Aminova Consult ApS.
- Front. (2009). Front. Retrieved 1 March, 2009, from <http://www.frontdesign.se>
- Galle, P. (2009 Forthcoming). Designfaglig videnskabsteori. [Theory of science for design.] Manuscript cited with the author's permission.
- Gramazio, & Kohler. (2009). Architektur und Digitale Fabrikation. Retrieved 12 March, 2009, from <http://www.dfab.arch.ethz.ch/web/d/lehre/index.html>
- Hammershøj, L. G. (2008). At forholde sig akademisk : om opgaveskrivning på lange videregående uddannelser, Arbejdsrapport maj 2008: Institut for pædagogisk filosofi, Danmarks Pædagogiske Universitet
- Hansen, F. T. (2009a). *Capturing movements in a 3d interactive dynamic system*. Paper presented at the Engaging artefacts, Oslo.
- Hansen, F. T. (2009b). *Epistemic artefacts*. Paper presented at the Communicating (by) Design, Sint-Lucas, School of Architecture, Brussels, Belgium.
- Hansen, F. T. (2009c). *Experimental Use of Digital Media within the Field of Ceramics*. Paper presented at the Design Connexity - 8th International Conference of the European Academy of Design, Aberdeen, Scotland.
- Hansen, F. T. (2009d). *A Search for Unpredictable Relationships*. Paper presented at the EKSIG 2009, London Metropolitan University, London, UK.
- Herrold, D. (2004). *Slip Jet 3D Printer*. Paper presented at the Challenging Craft. International Conference 8th - 10th September 2004. Gray's School of Art, Aberdeen
- Hilpinen, R. (2004). Artifacts. *Stanford Encyclopedia of Philosophy (Fall 2004 Edition)*, from <http://plato.stanford.edu/archives/fall2004/entries/artifact/>
- Ignac, M. (2009). VORG. Retrieved 1 March, 2009, from <http://www.vorg.pl/>
- Jensen, L. B. (2004). *Fra patos til logos*. Frederiksberg C: Roskilde Universitetsforlag.
- Jensen, M. J. (2008). *Mursten*. København: CINARK, Det Kongelige Danske Kunstakademi, Kunstakademiets Arkitektskole.
- Jones, J. C. (1991). Designing Designing. *Architecture Design and Technology Press*.
- Jørgensen, T. (2009). Automatic. Retrieved 1 March, 2009, from <http://www.autonomic.org.uk/>
- Krumlinde, V. (2006). Particle Toy. Retrieved 30 November, 2006, from <http://www.emix8.org>.
- Kwinter, S. (2001). Architectures of Time: Toward a Theory of the Event in Modernist Culture, pp 3-31. MIT Press. Dansk oversættelse af Niels Lyngsøe, Kunstakademiets Arkitektskole, 2007
- Kwinter, S. (2008). *Far from Equilibrium: Essays on Technology and Design Culture* Barcelona: Actar.
- Landa, M. d. (2002). *Material Compexity*. Paper presented at the Digital Tectonics, University of Bath Department of Architecture and Civil Engineering
- Landa, M. D. (2004). *Deleuze and the Use of the Genetic Algorithm in Architecture, i: Phylogenesis: FOA'S Ark, Foreign Office Architects. Dansk oversættelse af Niels Lyngsøe, Kunstakademiets Arkitektskole 2007* Barcelona: ACTAR.
- Langergaard, L. L., Rasmussen, S. B., & Sørensen, A. (2006). *Viden, videnskab og virkelighed*. Frederiksberg: Samfundslitteratur.
- Leach, B. (1940, 1976). *A Potter's Book*. London: Faber and Faber.
- Linnert, E. (1996). *Keramikernøglen*. København: GAD.
- Makela, M. (2007). Knowing Through Making: The Role of the Artefact in Practice-led Research. *Knowledge, Technology & Policy, Volume 20, Number 3 / October, 2007*.
- Mann, G. (2009). MrMann. Retrieved 1 March, 2009, from <http://www.mrmann.co.uk>
- Marchand, A., & Walker, S. (2009). *Designing in Design Research: From Solving Problems to Exploring Issues*. Paper presented at the Design Connexity - 8th International Conference of the European Academy of Design, Aberdeen, Scotland.

- Marshall, J., Unver, E., & Atkinson, P. (2009). Automake. Retrieved 6. February, 2009 from <http://www.automake.co.uk>
- Masterton, D. (2005). *The Hunt for Complexity*. Paper presented at the Automatic 1 Symposium, University College Falmouth
- Materialise, M. b. (2009). .MGX by Materialise. Retrieved 12 august, 2009, from <http://www.materialise.com/materialise/view/en>
- Mazanti, L. (2006). *Superobjekter. En teori for nutidigt, konceptuelt kunsthåndværk*. Danmarks Designskole, København.
- Muybridge, E. (1955). *The human figure in motion* New York: Dover Publications, Inc.
- Niederer, K., & Roworth-Stokes, S. (2007). *The role and use of practice in research and its contribution to knowledge*. Paper presented at the IASDR, Hong Kong Polytechnic University.
- Pedgley, O., & Wormald, P. (2007). Integration of design projects within a Ph.D. *Design Issues*, 23(3), 70-85.
- Polanyi, M. (1966, 2009). *The Tacit Dimension*. USA: The University of Chicago Press.
- Rahim, A. (2005). *Catalytic Formations* New York: Taylor & Francis Ltd.
- Rasmussen, S. E. (1957, 1966). *Om at opleve arkitektur*. G. E. C. Gads Forlag København.
- Reas, C., & Fry, B. (2001). Processing. Retrieved 10 December, 2008, from <http://processing.org>
- Richter, G. (2004). "Extracts from writings and interviews." In: I. Blazwick and J. Graham (eds.) Gerhardt Richter Atlas: the Reader. Whitechapel: London, pp. 17-36.
- Sanders, E. B.-N. (1999). *Postdesign and Participatory Culture*. Paper presented at the Useful and Critical: The Position of Research in Design. , Tuusula, Finland.
- Schön, D. (1983). *The Reflective Practitioner. How Professionals Think in Action*. New York: Basic Books.
- Scrivener, S., & Chapman, P. (2004). The practical implications of applying a theory of practice based research: a case study. *Working Papers in Art and Design 3*, retrieved 2 March 2009 from URL http://sitem.herts.ac.uk/artdes_research/papers/wpades/vol3/ssfull.html ISSN 1466-4917
- Shillito, A. M. (2004). Tacitus research project, <http://www.eca.ac.uk/tacitus/>, retrieved 15 maj 2008.
- Shillito, A. M. (2009). Anarkik3d. Retrieved 29 August, 2009, from <http://www.anarkik3d.co.uk>
- Slivka, R. (1961). The new Ceramic Precense. *Craft Horizon, July-August*.
- Stenslie, S. (2009). *Haptic Hedonism - Designing Pleasure for the Flesh*. Paper presented at the Nordes, Engaging Artifacts, Oslo.
- Twomey, C. (2003). "Consciousness/Conscience", Collaboration with Royal Crown Derby delivered to the Crafts Council, England as part of the exhibition Approach Content. Retrieved 14 September, 2009, from <http://www.claretwomey.com/ClareTwomeyExhibitions.html>
- Utterback, C. (2004). Untitled 5. Retrieved 18 February, 2009, from <http://www.camilleutterback.com>
- Vallgård, A. (2010). Planks. 2010.
- Vallgård, A., & Redström, J. (2007). "Computational Composites" Paper presented at the In Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems, San Jose, California, April 28 - May 03.
- Veiteberg, J. (2005). *Craft in Transition*. Bergen: Kunsthøgskolen i Bergen.
- Walsh, J. H. a. B. (2004). *Virt'uous Dress Space*. Paper presented at the The Space Between, Curtin University of Technology, Perth, Australia.
- Waal, E. d. (2003). *20th century ceramics*. London: Thames & Hudson Ltd
- Zielinski, S. (1999). *Audiovisions : Cinema and Television as Entractes in History* Amsterdam: Amsterdam University Press.

Appendiks

Se vedlagte CD.