

AP-Hogeschool Antwerpen
Koninklijke Academie voor Schone Kunsten

De invloed van CAD en CAM op de beeldhouwkunst

Bram Rinkel

Masterscriptie academiejaar 2018-2019

Promotor: Ria De Boodt

Inhoudstafel

Dankwoord	3
Introductie	5
I. Inleiding.....	5
II. Vergelijkbare mijlpalen in de kunstgeschiedenis	8
III. Overzicht van de hoofdstukken	11
Hoofdstuk 1 - Geschiedenis en receptie van computertechnologie in de beeldhouwkunst	13
1.1. Eerste ontwikkelingen van computertechnologie in de jaren 1950-1960.....	13
1.2. Sculpturale systemen en experimenten met technologie in de jaren 1970.....	17
1.3. Virtuele experimenten in de jaren 1980	24
1.4. Het techno-optimisme van de jaren 1990 tot 2001.....	30
1.5. Meninge van scepticisme, onverschilligheid en optimisme	37
Hoofdstuk 2 - CAD en CAM	39
2.1. CAD: definiëring, voorbeelden van programma's en hun mogelijkheden	39
2.2. Virtualiteit	42
2.2.1. Verschuiven van materie en het statuut van de sculptuur	42
2.2.2. De conservatie van het digitale beeld	48
2.3. CAM.....	49
2.3.1. Additieve CAM	49
2.3.2. Subtractieve CAM	52
2.4. Van virtueel naar reëel	54
2.5. Van het atelier naar de computer	59
2.5.1. Het atelier en de computer	59
2.5.2. De positie van ambacht en handwerk	61
2.6. Markt en prijs	63

Hoofdstuk 3 - Hedendaags gebruik van CAD en CAM	65
3.1. De kenmerken van CAD en CAM in de hedendaagse beeldhouwkunst	65
3.1.1. <i>Artist's assistants</i> : puur functioneel gebruik	65
3.1.2. Effecten bereikbaar door het gebruik van CAD	66
3.1.3. Appropriatie en <i>remakes</i> , narratief en collaboratie	76
3.1.4. De mogelijkheid tot sculptuur	84
3.1.5. <i>Augmented reality</i> en virtuele beeldhouwkunst	88
3.1.6. Toeval, programma's en simulaties	89
3.2. Nieuwe invloeden van CAD en CAM op de beeldhouwkunst	96
Hoofdstuk 4 - Interviews	99
4.1. Vraagstelling en motivatie	99
4.2. Bevroegde kunstenaars.....	100
4.3. Antwoorden	103
4.4. Analyse en conclusies	110
Algemeen Besluit	113
Bronnen	117
Glossarium	125
Illustratielijst	133
Bijlagen	141
1. Corinne Whitaker	141
2. Helena Lukášová.....	144
3. Keith Brown	148
4. Richard Dupont	150
5. Emilio Vavarella.....	152
6. Jon Isherwood	155
7. Barry X Ball	157

Dankwoord

Het schrijven van deze scriptie was een onderzoeksproces van een volledig academiejaar dat niet mogelijk was geweest zonder de hulp van een aantal mensen.

In het bijzonder wil ik graag mijn promotor dr. Ria De Boodt bedanken voor haar vele suggesties bij dit onderzoek. Ook mijn vader ben ik dankbaar voor al zijn hulp bij het verbeteren en nalezen van de scriptie.

De kunstenaars Corinne Whitaker, Helena Lukášová, Keith Brown, Richard Dupont, Emilio Vavarella, Jon Isherwood en Barry X Ball bedank ik graag voor hun medewerking. De interviews die ik met hun kon afnemen waren onmisbaar voor dit onderzoek.

Daarnaast gaat mijn dank uit naar Klaas Jan Ouwehand, Laurence Petrone en Thomas Crombez voor hun feedback.

Introductie

I. Inleiding

Bij het bezoeken van een hedendaagse galerij of museum zullen er waarschijnlijk werken te zien zijn die ergens in het maakproces computers en machinale productiemethoden hebben benut. De centrale vraag binnen deze scriptie is: wat is er echt nieuw en uniek aan deze digitale en machinale technieken en welke invloed hebben ze op de beeldhouwkunst? CAD staat voor *Computer Aided Design*; computerprogramma's waarmee virtueel in 3D gewerkt kan worden. CAM staat voor *Computer Aided Manufacturing*; machines waarmee deze virtuele objecten geproduceerd kunnen worden in verschillende materialen. Wat is er uniek of nieuw aan digitaal en machinaal geproduceerde sculpturen? Wat blijft er over als fysieke arbeid wegvalt? En hoe ziet het resultaat er uit?

De technologie kan gebruikt worden voor louter functionele doeleinden en geeft de mogelijkheid tot snelheid, bijvoorbeeld aan kunstenaars die een houten werk willen produceren maar er niet het technisch kunnen of de tijd voor hebben. Het is interessant dat de arbeid achter het maken van een beeldhouwwerk wordt weggenomen. Materiaal is hierdoor niet langer verbonden met techniek. Het wegvallen van die traditie, het fysieke maakproces en het technisch kunnen, laat toe dat de kunstenaar letterlijk al zijn tijd in het creëren kan steken. Reeksen worden vanzelfsprekend en ook schaal valt weg. Wat blijft er over als die traditionele "lasten" wegvallen? Moet dit anders bekeken worden en heeft dit een permanente invloed op authentiek handwerk? De beeldhouwer zal een positie moeten innemen in deze nieuwe wereld. Het is een kwestie van tijd voor de machines handwerk evenaren. Ontkennen en blindelings afwijzen van de computer maakt blind voor alle mogelijkheden die deze met zich meebrengt.

Een auteur die eindeloos wordt geciteerd is Walter Benjamin met zijn essay *Art In The Age Of Mechanical Reproduction* (1935). Volgens hem heeft de mogelijkheid van fotografie om afbeeldingen haast oneindig reproduceerbaar te maken de manier waarop we kunst consumeren verandert.¹ Benjamin schreef over het verliezen van de aura bij het machinaal kopiëren van een werk. Hoewel hij dit schreef over de fotografie is er een duidelijke link naar andere machinale manieren van produceren. Het valt op dat veel mensen technologie nog steeds als iets negatief zien. Iets koud en zonder leven. Bruno Latour schreef een commentaar op het werk van Benjamin over de migrerende aura als performatieve kunst, en dat er niets slaafs of mechanisch aan de digitale technieken is.² Een verdediging van de machine, als het ware.

Ook vaak geciteerd is de semiotiek van Roland Barthes met zijn essay *The Death of the Author* over betekenis en context van een werk.³ Barthes verschoof de primaire verantwoordelijkheid voor het creëren van betekenis van de oorspronkelijke maker van het werk naar het publiek; hij promoveerde ook het idee dat betekenis contextueel bepaald is en dus in de tijd kan veranderen. Deze ideeën zijn relevant voor de digitalisatie van een werk waarbij deze online

¹ Benjamin 1936.

² Latour 2011, 275-297

³ Barthes 1967.

en zonder materie te zien is. Barthes liet bovendien toe dat meerdere betekenissen in spanning werden gehouden. Terwijl Barthes specifiek verwees naar de interpretatie van de lezers van lexicaal teksten, konden kunsthistorici in zijn geschriften over kunst, met name over mode en stilleven, de term "dood van de auteur" vervangen door "dood van de kunstenaar".

Jean Baudrillard schreef in 1981 over het concept van *simulacra*: een kopie zonder een origineel.⁴ Zijn visie over "het zien van de kopie als origineel" werd bijzonder relevant voor kunst gebaseerd op reproducties en kopieën, voor de appropriatiekunst van de jaren 1980 en voor de hedendaagse CAD/CAM-beeldhouwkunst. Baudrillard schreef dat we overspoeld worden door deze *simulacra* en alle betekenis betekenisloos werd gemaakt door zo makkelijk reproduceerbaar en manipuleerbaar te zijn. Hij schreef eerder over hyperrealiteit; een wereld waar nep niet meer te onderscheiden is van echt, beelden geen afspiegeling meer zijn van realiteit, maar realiteit een afspiegeling van de beelden wordt. De realiteit is door de eindeloze reproductie vervangen door de hyperrealiteit. Televisiebeelden zijn reëler voor ons dan de realiteit. Disneyland wordt aanzien als een echte plaats. Baudrillards kijk op technologie was een grimmige, maar tot op vandaag een zeer invloedrijke. Toch is de technologie in staat tot veel meer dan kopiëren. Dit vervelende vooroordeel ziet de technologie teveel als een wondermachine om 'de handen niet vuil hoeven te maken'. De computer heeft talloze interessante mogelijkheden en de invloed op de beeldhouwkunst is niet te onderschatten. Ook bestaat de technologie van volledig digitaal en machinaal vervaardigde beelden sinds de jaren 1950, al langer dan de meesten denken. Al van bij aanvang is er veel meer gedaan dan kopiëren. De vraagstelling in deze scriptie is eigenlijk ouderwets en stelt vragen over één discipline binnen een multidisciplinair gebied.

Kunst gemaakt met technologie ging gepaard met de belangrijkste revolutie van de 20^{ste} eeuw: de technologische revolutie, met haar origine in de ruimtevaart, de Koude Oorlog en vooral: het leger. Technologie werd doorheen de jaren wisselend ontvangen. Enerzijds was er steeds een afwisseling van optimisme, waarbij CAD en CAM steeds werden opgehemeld, en uiteindelijk overschat. Anderzijds een voortdurend pessimisme waarbij machines en computers werden afgewezen, zelfs met fysiek geweld tegen de kunstenaars die ze gebruikten. Vandaag, in 2019, is de strijd grotendeels gestreden. Het is tegelijkertijd ongelooflijk hoe snel deze evolutie ging, maar ook hoe moeilijk ze geaccepteerd werd. Cynthia Goodman schreef in *Digital Visions: Computers And Art* enthousiast over het verkrijgen van automatische kleuren op een computer.⁵ Nog geen dertig jaar later heeft iedereen een supercomputer in zijn of haar broekzak, en daarmee de mogelijkheid beelden te maken die toen onmogelijk werden geacht.

Er bestaat een belangrijk verschil tussen *medium* en *tool*.⁶ Traditioneel is het medium het materiaal waarin het werk is gemaakt in de context van traditionele kunst. "Het gebruik van digitale technologie als een medium impliceert dat het werd geproduceerd, opgeslagen, en gepresenteerd in digitaal formaat en maakt gebruik van de inherente mogelijkheden van het medium. Dus digitaal in de productie, distributie en conservatie van het werk. Hoewel, kunst

⁴ Baudrillard 1994.

⁵ Goodman 1987, 10

⁶ Lovejoy 2011, 7

die digitale technologie als medium gebruikt kan zich manifesteren als alles van een interactieve installatie tot een installatie met netwerkcomponenten of pure internetkunst.”⁷ Christiane Paul schrijft dat de vormen die digitale kunst kan aannemen zijn: film, video en animatie, internet-, netwerk- en softwarekunst, virtuele realiteit en muzikale omgevingen.⁸ Dit gaat vaak samen met interesse in technologie en zelden met een focus specifiek op de beeldhouwkunst. Het laat een synthese van verschillende kunstvormen toe.⁹

Tool (of instrument) wijst op het gebruik van de technologie in het maakproces. Digitale *tools* maken gebruik van een veelheid aan technieken mogelijk gemaakt door de computer welke worden besproken in hoofdstuk 2: CAD en CAM. Dit voor de productie van een traditionele kunstvorm, zoals een beeld of een print, of als een *tool* voor opslag of ‘*delivery*’, ...”¹⁰ Het meest voorkomende gebruik van CAD/CAM is productie: vergroten, verkleinen en vermeerderen. Deze scriptie focust op de beeldhouwkunst waardoor nagenoeg alle werken onder de categorie van *technologie als tool* vallen. Virtuele Realiteit gebruikt het digitale platform als medium, de beeldhouwkunst gebruikt het meestal als *tool*.

Materialiteit, of het gebrek daaraan, is een basisbegrip voor de digitale en nieuwe-mediakunst. Traditioneel is dit een kenmerk van het medium. Bijvoorbeeld steen, klei of hout. Vandaag is materialiteit tegelijkertijd vorm en ‘*matter*’ (materie gezien en behandeld als ‘echt’).¹¹ Geen steen, klei of hout maar lichtgevende pixels op een beeldscherm. Leonardi schrijft dat materialiteit de manier is waarop “fysieke of digitale materialen gerangschikt zijn in een bepaalde vorm die stand houdt in tijd en ruimte.”¹² Materialisatie is materie geven aan dat wat (nog) niet tastbaar is. Binnen deze scriptie wordt een sculptuur gedefinieerd door zijn drie dimensies die door de toeschouwer zelf in al zijn ruimtelijkheid kan worden bekeken. Hierop wordt doorheen de tekst op teruggekomen. Binnen deze definitie is digitale beeldhouwkunst ook beeldhouwkunst en is materie geen definiërende eigenschap van beeldhouwkunst.

⁷ Lovejoy 2011, 7

⁸ Paul 2015, 70

⁹ Hope 2014, 28

¹⁰ Lovejoy 2011, 7

¹¹ Hope 2014, 28

¹² Leonardi 2012, 29

II. Vergelijkbare mijlpalen in de kunstgeschiedenis

“The glamour of a new medium eventually fades and becomes nostalgia at best, like the nostalgia we sometimes feel for black-and-white movies. Mostly technology is absorbed, so you barely notice it after a while. Do you now care, as an expressive matter, whether a painting is made of acrylic or oil?”
(Michael Kimmelman)¹³

Nieuwe technologie is geen nieuw gegeven binnen de kunstgeschiedenis. Kunstenaars zijn altijd bij de eersten geweest om over de cultuur en technologie van hun tijd te reflecteren. De wetenschapper Werner Heisenberg (1901-1976) geloofde dat kunstenaars hun creativiteit vinden in een samengaan van de tijdgeest en het individu.¹⁴ De tijdgeest wordt sterk bepaald door technologie en wetenschappelijke innovaties. De overgang van de bronstijd naar de ijzertijd had bijvoorbeeld grote gevolgen voor de beeldhouwkunst. In het oude Griekenland was het grote realisme mede mogelijk door de ijzeren beitels die men kon gebruiken. De Egyptenaren, in tegenstelling tot de Grieken, bewerkten hun hardere stenen met zachte bronzen beitels, wat hen in detail beperkte. Innovatie heeft altijd invloed gehad op de kunst.

Olieverf was zo'n innovatie die de schilderkunst een duw in de rug gaf en meer realisme en detail mogelijk maakte. De uitvinding van olieverf en zijn gebruik door de Vlaamse Primitieven verving het traditionele tempera; pigment gemengd met eigeel. Dit droogde snel en is in het algemeen moeilijk om mee te werken. Pigment gemengd met olie droogt langzaam waardoor de schilder langer kon werken en daardoor meer fouten kon corrigeren of herwerken. In 1841 werd de verftube uitgevonden wat het mogelijk maakte verf te gebruiken buiten het atelier, met het impressionisme tot gevolg. Hoewel de uitvinding van olieverf was wat olieverfschilderijen mogelijk maakte, is elke discussie over olieverfschilderijen gefocust op het gebruik door de kunstenaars daarvan en niet op het spul zelf.¹⁵ Olieverf en ijzeren beitels zijn uitvindingen die de beeldhouwkunst en schilderkunst hielpen, waarmee iets bestaands op een betere manier gedaan kon worden met onvoorziene creatieve gevolgen.

Een innovatie met nieuwe creatieve mogelijkheden was de fotografie¹⁶, met vergaande gevolgen voor de kunstgeschiedenis. Fotografie zou de dood van schilderkunst betekenen. Hoewel dit natuurlijk niet waar is gebleken heeft de fotografie de schilderkunst wel sterk beïnvloedt. De fotografie heeft de schilderkunst bevrijd van *'tedious tasks'* als portretten en landschappen, en de deur geopend voor expressie en experiment. Hetzelfde gaat op voor (CAD/) CAM, dat het potentieel heeft de beeldhouwkunst van het maakproces te bevrijden. De beeldhouwer Tony Cragg zegt hierover: “Wat de fotografie is voor schilderkunst, is de computer voor beeldhouwkunst”.¹⁷

¹³ Kimmelman 2001, s.p.

¹⁴ Paul 2016, 234

¹⁵ Hayward 1990, 150

¹⁶ Uitgevonden door Joseph Nicéphore Niépce in 1826 en Louis-Jacques-Mandé Daguerre in 1831.

¹⁷ Terranova 2011, s.p.

Een belangrijk concept om hierbij te overwegen is *Remediation*: nieuwe media krijgen hun status door hun hommage aan de bestaande media die ze in zekere zin vervangen.¹⁸ Fotografie remedieert schilderkunst, tv remedieert film... De nieuwe CAM-technieken hebben hun oorsprong allemaal in traditionele technieken, bijvoorbeeld 3D-printen in het additieve modelleren van keramiek¹⁹ en CNC-frezen in traditionele subtractieve methoden om hout en steen te bewerken.

“There are those who feel that digital art is created by a machine. I suspect that the same discomfort was expressed about photography some 150 years ago. The computer is essentially a big dumb box with almost infinite potential. It takes the sensitivity of the artist to work magic with any tool, be it paintbrush, crayon or computer.” (Corinne Whitaker)²⁰

Vandaag is zelfs het meest traditionele werk beïnvloed door verschillende mechanische en wetenschappelijke innovaties.²¹ Er werden doorheen de jaren talloze manieren uitgevonden om het maakproces te versnellen en te kopiëren. In de 17^{de} eeuw demonstrieren Gian Lorenzo Bernini's twee identieke busten van kardinaal Scipione Borghese perfecte kopieertechnieken. De 18^{de}-eeuwse Italiaanse beeldhouwer Antonio Canova perfectioneerde het systeem van het punteerapparaat. Dit meetinstrument werd en wordt gebruikt om de afmetingen van specifieke punten van een beeld te meten en over te zetten. Kopieertechnieken werden onderzocht en in de 19^{de} eeuw produceerde en publiceerde de beeldhouwer Nicolas Gatteaux een automatisch punteerapparaat dat werkte op stoom en gaten boorde in het marmer. Het gebruik van de machine is zichtbaar door de grote hoeveelheid gaten in de onafgewerkte delen van het beeld.²² Het volgen van punten, maar dan in de vorm van coördinaten, is ook hoe een computergestuurde machine werkt. Een van Jean-Baptiste Carpeaux's assistenten, Samuel Meynier, ontwikkelde een machine voor het ruwfrezen van steen en dit versnelde het werkproces aanzienlijk.²³ Deze werken van Meynier hebben in hun details zichtbare freeslijnen. François Willème werkte in 1859 een techniek uit waarbij hij een voorwerp of persoon simultaan kon fotograferen door 24 camera's. Deze camera's waren verdeeld over de ruimte, één op elke 15°, en gaven een volledig 360°-beeld van het onderwerp. Willème kon zo de 24 contouren van de 24 foto's traceren en deze simultaan in hout snijden. Vervolgens bracht hij deze profielen samen om zo een *photosculpture* te maken; de voorloper van de 3D-scan.

¹⁸ Bolter en Grusin 2000.

¹⁹ Bij het maken van potten worden lagen klei op elkaar geplaatst, net als een 3D-print.

²⁰ Stokoe 2011, s.p.

²¹ Hayward 1990, 5-6

²² Palagia 2003, 56-57

²³ Draper 2014, 16

De CNC-freesmachine was de zoveelste in een lange lijn van innovaties, waarbij sinds de jaren 1950 volledige automatisering werd bereikt. Beeldhouwkunst heeft altijd gebruik gemaakt van collaboraties om het maakproces uit te besteden of delen van het maakproces uit handen te geven, voornamelijk met assistenten en bronsgieters. Toen het Parthenon werd gemaakt was dit een samenwerking tussen steenhouwers en beeldhouwers (*quarrymen en carvers*), Rodin heeft in zijn latere carrière geen beitel aangeraakt. De trend vandaag is de rol van de beeldhouwer als kunstenaar en als maker van ideeën, en de productieateliers als uitvoerders.²⁴

In de 20^{ste} eeuw waren de *ready mades* van Marcel Duchamp belangrijk voor werken die gedigitaliseerd worden. Zijn werken veranderden het object in het concept, een belangrijk gegeven voor virtualiteit. Dada vervaagde de onderverdeling tussen beeldhouw-, schilder- en tekenkunst met een veelheid aan niet-traditionele technieken in het maakproces. De futuristen hadden interesse in machines en snelheid, de surrealisten focusten zich op het onderbewustzijn en het beangstigende van de machine. De kubisten onderzochten de mens-machine relatie en machinale kwaliteiten. Constructivisten en kinetische kunstenaars experimenteerden met nieuwe materialen: plastics, perspex, reflecterend materiaal en elektronica. Stromingen zoals Nul, Nieuwe tendensen, Gruppo T en N, GRAV, en Zero reflecteerden over kunst en technologie. De computer werd daarbij gezien als medium van avant-garde expressie.²⁵ Het Weense Aktionisme kende zijn hoogdagen in de jaren 1960-1970 en was interessant voor latere nieuwe-mediakunst door het afwijzen van musea, het verplaatsen van werk naar een vrij toegankelijk (digitaal) platform.²⁶ Ook conceptuele kunst, activistische kunst, *land-art* en *environment* toonden werk buiten musea en galerijen en zochten het publiek op in een directere manier. De jaren 1960 waren de beginjaren van Fluxus, met het gebruik van toeval en willekeur, en van de belangrijke conceptuele kunst met het ontastbare kunstwerk, lees: digitaliteit en immaterialiteit. Dematerialisatie van het kunstwerk wordt beschreven door Lucy Lippard in *Six Years: The dematerialization of the art object from 1966 to 1972* (1997): het gedachtegoed van ontastbaarheid, efemeriteit en toeval.²⁷

²⁴ Seed 2017, s.p.

²⁵ Gronlund 2017, 65

²⁶ Rush 2001, 56

²⁷ Kimmelman 2001, s.p.

III. Overzicht van de hoofdstukken

In het eerste hoofdstuk wordt de moeilijke geschiedenis van computertechnologische werken besproken. Deze sculpturen werden wisselend ontvangen en het denken over technologie door zowel de kunstenaars als het publiek veranderde.

Hoofdstuk twee focust op CAD- en CAM-programma's, de mogelijkheden binnen verschillende soorten CAD-pakketten en parallellen naar thema's als virtualiteit en materialiteit. De verschillende vormen van CAM worden besproken en hun gevolgen voor het uiterlijk van beelden.

Hoofdstuk drie bespreekt het gebruik van, de invloed op en de kenmerken van CAD en CAM binnen de hedendaagse beeldhouwkunst. Dit gaat verder dan uiterlijke kenmerken en heeft implicaties voor de kunstwereld waartoe de beeldhouwkunst behoort.

Hoofdstuk vier is de analyse van interviews afgenomen met zeven kunstenaars over het thema van deze scriptie. Aan ieder van hen werden dezelfde vragen gesteld. De volledige interviews zijn te lezen in de bijlagen.

Het besluit van dit onderzoek rond de scriptie af.

Een glossarium is beschikbaar om de technische termen in de tekst te verklaren, alsook een bronnenlijst en een illustratielijst.

Hoofdstuk 1 – Geschiedenis en receptie van computertechnologie in de beeldhouwkunst

1.1. Eerste ontwikkelingen van computertechnologie in de jaren 1950-1960

*“There is little doubt that in computer art, the true avant-garde is the military”
(Gustav Metzger)²⁸*

De ontwikkelingen die ruimtelijke digitale objecten en hun visualisatie mogelijk hebben gemaakt hadden hun oorsprong in militaire evoluties. Hoewel deze wetenschappelijke experimenten volledig virtueel waren en zonder artistieke bedoelingen, zijn dit toch de eerste significante voorbeelden van digitale 3D-objecten, en soms zeer sculpturaal. Om dit te verduidelijken wordt hierna de geschiedenis van de computertechnologie uitgelegd in de context van haar belang voor en receptie door de (beeldhouw)kunst.

Ontwikkelingen in elektronische computers die voor deze scriptie relevant zijn, kwamen in een stroomversnelling in de context van de Tweede Wereldoorlog. In 1946 werd aan de universiteit van Pennsylvania door de professoren John Mauchly en J. Presper Eckert de eerste digitale computer gecreëerd voor het Amerikaanse leger.²⁹ Het doel ervan was het verwerken van data over het traject van kogels. Norbert Wiener beschreef in *Cybernetics* (1948) de perfectie van een systeem. De term cybernetica is afkomstig van het Griekse woord *'kybernetike'* en betekent 'stuurmanskunst'. Cybernetica is een multidisciplinaire wetenschap die informatieprocessing, informatietheorie, automatisering en artificiële intelligentie aan elkaar linkt. Het idee van Wiener kwam voort uit de luchtafweerttechnologie waaraan Wiener werkte tijdens de Tweede Wereldoorlog. Daarbij werd geprobeerd om het vliegtraject van de vijand te voorspellen, omdat werd gedacht dat de piloot zo verbonden was aan de machine dat hij niet meer menselijk zou zijn. Onderzoek en ontwikkeling in computertechnologie gedurende de jaren 1950 stond bekend als de *cybernetic era*, een evolutie die grotendeels plaatsvond binnen de VS.

De welvarende jaren 1960 waren een turbulente en interessante periode gekenmerkt door techno-optimisme. De Koude Oorlog tussen Rusland en de VS werd volop gevoerd met de daaraan gepaarde technologische ontwikkelingen. Enorme bedragen werden uitgegeven aan ruimtevaart en defensie. Vooral de *'Space Race'* was belangrijk voor de ontwikkeling van elektronica en computertechnologie.³⁰ De luchtmacht vroeg om een realistische vluchtsimulator voor het opleiden van piloten wat leidde tot uitvindingen van digitale 3D-objecten die relevant zijn voor de huidige CAD-programma's. Voor de ruimtevaart waren simulatiesoftware en datavisualisatie van groot belang. De oudere computers van de jaren 1950 waren zeer moeilijk te programmeren met een gelimiteerd geheugen, waardoor de visuele opties beperkt waren. Zij waren ontworpen om wiskundige en technische problemen op te lossen zonder verdere creatieve bedoeling.

²⁸ Paul 2016, 56

²⁹ ENIAC = *Electronic Numerical Integrator and Calculator*.

³⁰ Goodman 1987, 112

Voor de vluchtsimulaties en andere vormen van datavisualisatie moesten realistische driedimensionale objecten op het computerscherm te zien zijn, onbestaande objecten in een virtuele ruimte. Het genereren van digitaal geproduceerde realistische afbeeldingen volledig bestaand uit wiskundige beschrijvingen is echter extreem complex. Wiskundige beschrijvingen van bijvoorbeeld licht en schaduw waren nodig om realistische effecten te bekomen. Dit alles werd gecreëerd op onartistieke plaatsen zoals IBM en MIT³¹. De reden waarom met digitale driedimensionale vormen werd gewerkt, in plaats van met tweedimensionale afbeeldingen, is dat deze veel realistischer zijn dan tweedimensionale. Ook werden de objecten in een digitale wereld geplaatst waarin men zich vrij kon bewegen. Bijvoorbeeld een simulatie van een satelliet die voorbij een planeet vliegt moest digitaal beschreven worden als ruimtelijk object.

Tot de jaren 1960 waren die vormen opgebouwd uit *wireframes*. Een *wireframe* of draadmodel is een visuele representatie van een ruimtelijk object waarbij de contourlijnen van de vlakken waaruit ze is opgebouwd zichtbaar zijn. Een *mesh* is een collectie van hoekpunten (*vertices*), randen (*edges*) en vlakken (*faces*) die samen de vorm van een 3D-object definiëren. De lijnen die deze verbinden zijn *wireframes*. Een eerste mijlpaal was het verwijderen van deze '*hidden lines*' door Lawrence G. Roberts in MIT in 1963.³² Daarvoor leek de vorm, door de zichtbaarheid van de contourlijnen van de vormen waaruit hij was opgebouwd, een soort röntgenfoto. *Solids*, of massieve vormen, werden in de late jaren 1960 ontwikkeld in MAGI³³ Elmsford, NY³⁴. Complexe solide vormen werden door *cubes* en *primitives* opgebouwd. In Utah werd een oplossing uitgewerkt door met polygonen (veelhoeken) en schaduwsoftware te werken³⁵. Een ander algoritme was nodig om de '*hidden surfaces*' van de polygonen te verwijderen. Het werken met een muis en het navigeren van *windows* kon vanaf 1968.³⁶ Volgens Melvin L. Prueitt gaf de computer "ons die niet kunnen tekenen de kans om onze diepste artistieke ideeën uit te drukken."³⁷

Kunstenaars experimenteerden meteen met de primitieve technologie. Het werk *Oscillions* (1950) van Ben F. Laposky wordt gezien als een van de eerste (2D) computer gegenereerde werken (Illustratie 1).³⁸ Door het gelimiteerde visuele potentieel waren afbeeldingen extreem moeilijk om te maken. Voor dit werk gebruikte Laposky een oscillograaf, een instrument om elektrische signalen te visualiseren.³⁹ Hij vond dat de complexe visualisaties een "bijna sculpturale kwaliteit hadden".⁴⁰ Computers werden niet opgenoemd in Laposky's originele catalogus. Hij zag zijn werk alleen als gevisualiseerd door elektronica, en zag zijn werk meer als kinetische kunst en *op-art*, niet als computerkunst.

³¹ IBM = *International Business Machines Corporation* – MIT = *Massachusetts Institute of Technology*

³² Goodman 1987, 101

³³ MAGI = *Mathematical Applications Group, Inc*

³⁴ Goodman 1987, 102

³⁵ Goodman 1987, 103

³⁶ Paul 2015, 10

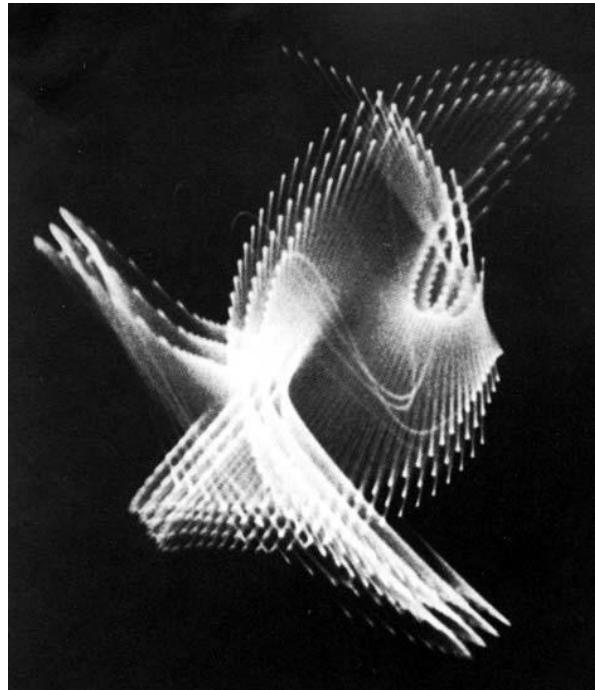
³⁷ Goodman 1987, 115

³⁸ Taylor 2014, 67

³⁹ Laposky 1958, 340

⁴⁰ Laposky 1958, 352

Om een tastbare en reproduceerbare afbeelding te krijgen fotografeerde Laposky het scherm van de oscillograaf, opslaan en printen was niet mogelijk.⁴¹ In 1953 vond in het Sanford Museum, Iowa de tentoonstelling *Electronic Abstractions* plaats met het werk van Laposky. Het werd positief ontvangen met internationale tentoonstellingen.⁴² Volgens Taylor spiegelde deze populariteit het aanvankelijke interdisciplinaire succes van computerkunst en het illustreert de ruime interesse in experimentele technologieën buiten de grenzen van de mainstream kunstwereld.⁴³



(Illustratie 1: Ben F. Laposky. *Oscillions No. 4 (Electronic Abstraction Number 4)*. 1950.)

In 1963 vond de eerste *computergraphics* wedstrijd plaats in het magazine *Computers and Automation*.⁴⁴ Alle winnaars waren militaire onderzoekers. Rond 1965 – 1966 stelden pioniers Frieder Nake, A. Michael Noll en Georg Nees hun werk tentoon in Stuttgart.⁴⁵ Volgens Noll was het programma het werk, niet het visuele resultaat ervan, omwille van de graad van onvoorspelbaarheid. Hij speculeerde over de relatie tussen de kunstenaar en de computer. “De computer heeft het potentieel zo waardevol te zijn voor de kunst als dat hij zich al voor de wetenschap heeft bewezen.”⁴⁶ Ook voorspelde hij dat bij het verspreiden en populariseren van computers steeds meer mensen, onder wie kunstenaars, computer-georiënteerd zouden worden. Hij voorspelde dat dan het creatieve digitale medium volledig zou worden onderzocht om zo tot nieuwe esthetische effecten te komen.

⁴¹ Wel waren er plotters of tekenmachines. Geen printers zoals wij ze vandaag kennen.

⁴² Taylor 2014, 69

⁴³ Taylor 2014, 75

⁴⁴ Berkeley 1963, 3

⁴⁵ Taylor 2014, 31

⁴⁶ Noll 1967, 43-45

NC(frees)-machines relevant voor deze scriptie werden in 1952 door John T. Parsons uitgevonden en hadden een grote strategische waarde voor de Koude Oorlog. Deze NC-machines stonden onder *Numeric Control* (NC). Volgens Pierre Bézier waren vanaf 1955 CAM-machines mogelijk omdat toen alle nodige technologie bestond (sensoren, computers, motoren, *servocontrollers* en meer).⁴⁷ In de jaren 1960 kwamen CNC-machines onder *Computer Numeric Control*. Deze techniek wordt uitgelegd in hoofdstuk 2.3.2. van de scriptie.

In 1960 zette Ivan Sutherland de eerste stappen naar CAD met een project genaamd '*Sketchpad*' ontwikkeld in het MIT Lincoln Laboratory.⁴⁸ Het was belangrijk omdat het een grafische interactieve *interface* had.⁴⁹ De eerste CAD-systemen werkten met tweedimensionale data en vervingen tekenwerk en de eerste transitie naar driedimensionaal kwam er door *wireframes*, punten in de ruimte verbonden door lijnen.⁵⁰ Rond 1960 stelde Pierre Bézier een project voor aan Renault's management dat automobiel oppervlakken wiskundig kon definiëren. Het systeem moest aan de volgende eisen voldoen: makkelijk te begrijpen voor designers en tekenaars, een interactief werkmodel, één vierkante meter *styrofoam* per uur kunnen frezen en *curves* direct definiëren en traceren.⁵¹ Vooral het makkelijk te begrijpen en een interactief werkmodel waren interessant. Tegen 1972 gebruikte Renault het programma om digitale modellen te maken en freesmachines aan te sturen. Het programma werd UNISURF⁵² gedoopt.⁵³

Béziers UNISURF werd in 1975 volledig in gebruik genomen en werd de basis voor de volgende generaties van CAD-software. Een belangrijk aspect van zijn werk waren de Bézier *curves* en *surfaces* die nog steeds veelvuldig gebruikt worden.⁵⁴ Patrick J. Hanratty staat bekend als de vader van CAD/CAM. Hij ontwikkelde ADAM⁵⁵ in 1971, het eerste commercieel beschikbare *design, interactive graphics design, drafting, en manufacturing* systeem. Ruim 70% van de hedendaagse CAD-programma's benut nog altijd elementen van deze software.⁵⁶

Amerikaanse en Europese bedrijven in de auto-, luchtvaart- en ruimtevaartindustrie hadden allemaal een CAD (en CAM) onderzoeksteam. Bijvoorbeeld: Ford (PDGS), General Motors (CADANCE), Mercedes-Benz (SYRSCO), Nissan (CAD-I), Toyota (TINCA en CADETT), Lockheed (CADAM), McDonnell-Douglas (CADD) en Northrop (NCAD).⁵⁷ Teveel om op te noemen. Relevant voor de scriptie zijn *Solid modeling* programma's. Doorheen de jaren werd met *Wire-frame models, Surface models* en *Solid models* gewerkt, waarvan vandaag bijna uitsluitend nog *Solid models* gebruikt worden.

⁴⁷ Bézier 1998, 38

⁴⁸ Lee 1995, 653

⁴⁹ Pold 2005, 2

⁵⁰ Weisberg 2008, 2-10

⁵¹ Bézier 1998, 39

⁵² Unisurf: *uni* voor *unification* en *surf* voor *surface*

⁵³ Weisberg 2008, 2-11

⁵⁴ Idem

⁵⁵ Automated Drafting and Machining

⁵⁶ Bozdoc 1999-2003

⁵⁷ <http://www.cadazz.com/cad-software-history-1970s>

1.2. Sculpturale systemen en experimenten met technologie omstreeks de jaren 1970

“Van objet d’art naar système d’art.”
(Jack Burnham)⁵⁸

Al meteen leidde het gebruik van computertechnologie tot debat en vulde boeken. Publicaties van onder andere Charles Snow, Frank Marina en Pierre Restany onderzochten het verschil tussen kunst en wetenschap.⁵⁹ Frank Popper vond dat “beeldhouwkunst niet alleen nieuwe materialen aannemen (is), maar een nieuwe esthetiek evolueren gesynchroniseerd met wetenschap en techniek.”⁶⁰ Vooral de popularisatie van de cybernetica van Norman Wiener was betekenisvol voor de digitale kunst, in de technische zin door het gebruik van computers, maar belangrijker waren de cybernetische ideeën van onder andere *feedback*. Er werd gedacht aan samenwerkingen met de computer om kunstwerken of zelfs nieuwe kunstvormen te vinden. Een aantal kunstenaars zochten naar machines of programma’s die kunst konden maken, met het idee dat het proces het werk is, niet het eindproduct in de vorm van een object.

Een belangrijk concept was deobjectificatie van het kunstwerk, vergelijkbaar met dematerialisatie, door Jack Burnham. “De culturele obsessie met het kunstobject” werd vervangen door een bewustzijn van een systeem en de functionele relatie tussen kunstobjecten. Een “traditionele analyse van de kunstwetenschappen (is) niet voldoende om uit te leggen wat er in de laatste eeuw werd gemaakt.”⁶¹ Het idee van het systeem was belangrijk. Burnham zag een directe link tussen nieuwe wetenschap en immateriële en efemere kwaliteiten in de beeldhouwkunst. Hier combineerde hij Wieners ideeën van cybernetica en de systeemtheorie van Ludwig von Bertalanffy⁶², een systeem-georiënteerde cultuur met meer levels van complexiteit.⁶³ “Problemen (worden) niet meer opgelost door een technische oplossing, maar een *multi-leveled* interdisciplinaire basis. Beeldhouwers denken niet meer als beeldhouwers, maar ze nemen een scala van problemen aan meer geschikt voor architecten, stedelijke planners, burgerlijk ingenieurs, elektriciens en culturele antropologen. (...) Het is een legitieme extensie op Marshall McLuhan’s commentaar op de popart wanneer hij zei dat de volledige omgeving klaar is om een kunstwerk te worden.”⁶⁴ De tentoonstelling *Cybernetic Serendipity* in 1968, geïnitieerd door Jasia Reichardt in The Institute of Contemporary Arts, Londen, met onder andere werken van Noll, toerde vervolgens door de Verenigde Staten.⁶⁵ Jasia Reichardt zei over deze tentoonstelling dat het moeilijk te zien was of een werk werd gemaakt door een kunstenaar, ingenieur, wiskundige of een architect.

⁵⁸ Burnham 1968 B, 367

⁵⁹ Hayward 1990, 19

⁶⁰ Idem

⁶¹ Idem

⁶² De algemene systeemtheorie werd voorgesteld door Ludwig von Bertalanffy in de jaren twintig. Het was een wetenschap die een beschrijving geeft van de meest algemene kenmerken van de werkelijkheid als opgebouwd uit systemen. Het was een reactie op de steeds complexere structuur van de wetenschap.

⁶³ Burnham 1968 B, 10

⁶⁴ Burnham 1968 A, 34

⁶⁵ Paul 2015, 16

In hetzelfde jaar experimenteerde Robert Mallery met computer gegenereerde sculpturen en ontwikkelde het programma TRAN2, een programma waarmee hij beelden kon genereren. In de woorden van Mallery had een computer, als hij een sculptuur moest maken, een *comprehensive* numerale beschrijving van het materiaal waarmee hij gaat werken nodig, of de middelen om dit materiaal zelf te genereren. Het programma TRAN2 deed beide en gebruikte *contour slicing* als de basismethode voor vormbeschrijving en vormgeneratie. Bijgevolg werd de vorm in plakken gesneden, zoals een appel of een stuk worst gesneden zouden zijn; in een serie van dunne dwarsdoorsneden van gelijke dikte, welke dan geplot, gedigitaliseerd en gecodeerd konden worden op *computer punchcards*.⁶⁶ Deze informatie werd via de *punched tape* door een NC-machine gelezen. Door plottertekeningen konden vormvariëaties worden gevisualiseerd. Via plottercontourtekeningen van de plakken konden de vormen ook handmatig uitgezaagd worden. Een opeenvolgende stapeling van die contouren vormden samen een sculptuur. *Quad IV* (1968) is een voorbeeld van Mallery's werken, gemaakt in gelamineerd marmer (Illustratie 2). Mallery beschreef hoe het ideale programma eruit zou moeten zien. Het moest de beeldhouwer in staat stellen verschillende vormen te genereren in verschillende formaten met vormvariëaties gebaseerd op een repertoire van wiskundige transformatieve functies. De mogelijkheid om materiaal weg te nemen of toe te voegen, de vorm kunnen plooien, knippen en plakken, kleuren, overgangen verzachten enzovoort. Mallery wilde kunnen "switchen tussen een variëteit aan *graphic modes*, zoals omtreklijnen, *wireframes* en licht-en-schaduw simulaties".⁶⁷ "Uiteindelijk zal dit beeldhouwprogramma de computer's interactieve 'conversationele' eigenschappen kunnen gebruiken om de snelheid en het design van sculpturale vormen te verbeteren, door continu te vormen en hervormen met behulp van een bibliotheek aan transformatieve algoritmen en routines."⁶⁸ De ideeën van Mallery waren typisch cybernetisch en beschreven een haast utopische samenwerking met de computer. De computer gezien als een autonoom organisme.⁶⁹ "De kracht van de computer in de kunst is dat hij verschillende functies kan hebben, veel daarvan cybernetisch, of 'brein-achtig'."⁷⁰

Beeldhouwers als José Luis Alexanco experimenteerden eveneens met computer gegenereerde beelden en NC-machines (Illustratie 3). Ook hij had net als Mallery zijn eigen programma om dit te doen: MOUVNT. Daarmee manipuleerde hij contouren van het menselijke figuur. Om zijn werken te maken begon de computer met basisvormen van het figuur en paste vervolgens transformaties toe door de vormen te draaien, uit te vergroten, transponeren, interpoleren en te combineren. Tot slot materialiseerden de MOUVNT-sculpturen zich tot met hars beklede laminaten. Alexanco kon zo'n driehonderd verschillende beelden met deze methode creëren.⁷¹

⁶⁶ Mallery 1979, 31

⁶⁷ Mallery 1979, 32

⁶⁸ Idem

⁶⁹ Taylor 2014, 86

⁷⁰ Leavitt 1976, s.p.

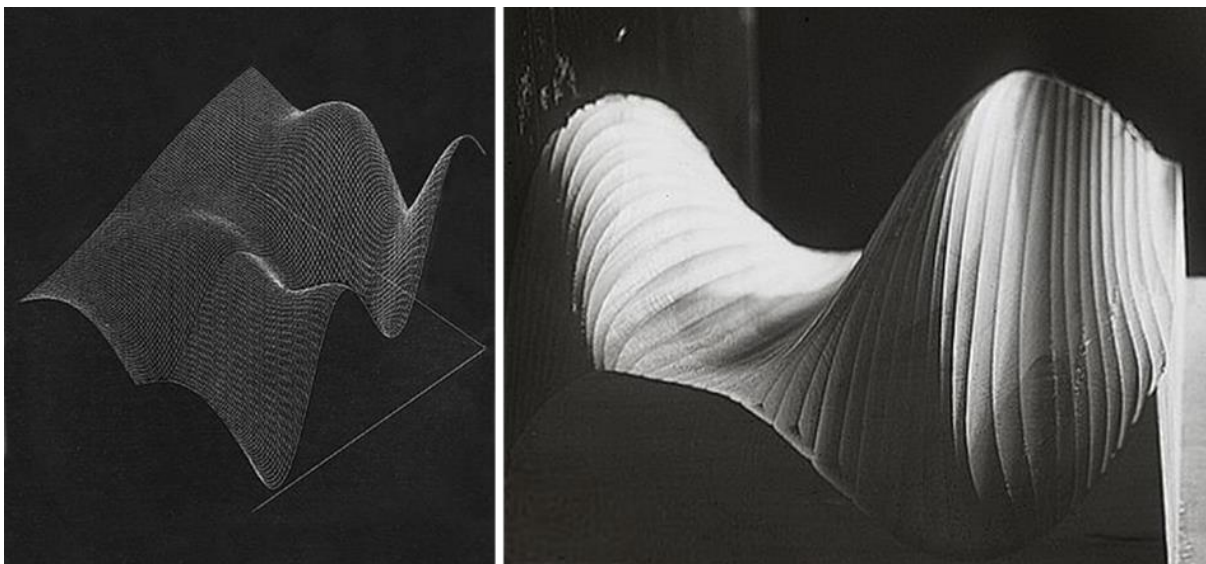
⁷¹ Aparicio 2009, s.p.



(Illustratie 2: Robert Mallery. *Quad IV*. 1968, Gelamineerd marmer, 28 cm hoog.)

(Illustratie 3: José Luis Alexanco. *Mouvnt*. 1972, Hars, 15 x 14,8 x 15 cm.)

Een ander gelijktijdig sculpturaal experiment is het werk *Ridges Over Time* (1968) van Charles Csuri, in samenwerking met programmeur James Shaffer en professor Leslie Miller. Om dit werk te maken manipuleerde hij digitaal een geometrisch oppervlak door de *Besselfunctie* (Illustraties 4 en 5). Hij kon het geometrisch oppervlak plooiën en delen verhogen of verlagen. “Het programma liet me toe de kromming aan de zijanten van het blok aan te passen. Ik kon experimenteren met elevaties en de frequentie van de kromming (*curvature*). Daarna werden plottertekeningen gemaakt om dit te bekijken. Er was geen monitor of grafische weergavemogelijkheid.”⁷² Het effect doet denken aan een golvend wateroppervlak. Dit resultaat werd vertaald naar een *3-axis* NC-freesmachine. “Het computerprogramma genereerde daarna een *punched tape* met de coördinatendata. Hierin zaten de instructies voor een *3-axis, continuous path*, NC-freesmachine. Hoewel de machine in staat was een glad oppervlak te maken, besloot ik dat het beter was de freessporen te laten.”⁷³ Het zichtbaar laten van de freeslijnen was een opvallende keuze. De machine bleef zo zichtbaar in het eindresultaat.



(Illustraties 4 en 5: Charles Csuri. *Ridges Over Time*. 1968. Computerafbeelding (links) en hout (rechts))

Csuri was de enige in de groep van Noll met een artistieke achtergrond. Al in 1968 kocht het MoMA in New York het werk *Hummingbird* van Csuri aan, een computeranimatie. Charles Csuri en Robert Mallary waren de eerste kunstenaars geïnteresseerd in CAD en CAM, in plaats van wiskundigen en programmeurs met een interesse in kunst. “Dit alles werd gedaan op een IBM 7094 computer en *punchcards*. Ik vond een lokaal bedrijf met een *3-axis* NC-freesmachine. Uit nieuwsgierigheid namen zij het project aan en hielpen me het werk te produceren. Ik kon niet verder experimenteren met beeldhouwkunst, omdat ik daar de middelen niet voor had.”⁷⁴ Er waren in die periode nog meer kunstenaars die experimenteerden met digitale 3D-technologieën, of minstens de interesse hadden om dit te doen, maar zij hadden niet de middelen om hun werken te laten materialiseren.

⁷² <https://www.siggraph.org/artdesign/profile/csuri/artworks/plot/plot15.html>

⁷³ <https://www.siggraph.org/artdesign/profile/csuri/artworks/plot/plot16.html>

⁷⁴ Csuri 2008, s.p.

Los van de manier waarop ze werden gemaakt, is er eigenlijk niets nieuw gedaan. De beelden en afbeeldingen zien eruit zoals de andere uit die periode. De kunstwereld was niet overtuigd omdat de werken niet toegankelijk of innovatief genoeg waren. De technologie stond nog niet ver waardoor de resultaten uitbleven. Noll gaf dit ook toe: “De computer kopieert eigenlijk alleen esthetische effecten van conventionele media, hoewel veel sneller en zonder gezwoeg. Het gebruik van computers heeft eigenlijk nog geen volledig nieuwe esthetische ervaringen geleverd.”⁷⁵ Noll kon bijvoorbeeld Mondriaans genereren, variaties op het werk van Mondriaan, maar zonder eigen toevoeging.⁷⁶ Op de tentoonstellingen kwam kritiek van onder andere *Time Magazine* waarin de werken werden vergeleken met het “patroon op IBM kaarten, met hetzelfde *appeal*.”⁷⁷ De *NY Herald* omschreef de werken als “koud en zielloos”⁷⁸ en Stuart Preston schreef: “Alle schilderkunst kan met computers gemaakt worden. Vanaf dan alles door de *deus ex machina*. Vrij van techniek creëren kunstenaars simpelweg.”⁷⁹ In West-Duitsland reageerde de artistieke gemeenschap met wantrouwen bij het zien van kunst gemaakt met computers; ze waren “nerveus, vijandig, woedend” zoals Frieder Nake het zich herinnerde.⁸⁰ Meyer Schapiro was wel onder de indruk van Noll en stelde: “Willekeurigheid als nieuwe methode van compositie, geaccepteerd teken van moderniteit.”⁸¹ Noll won de eerste prijs in *Computers and Automation* van 1965 voor zijn Mondriaans. Csuri won de prijs in 1967.

Hoewel de reacties verschilden van interesse in techniek naar onverschilligheid of negatieve recensies, waren er ook serieuze vijandige reacties binnen de kunstwereld zelf. Er waren gevallen van fysiek en verbaal geweld tegen kunstenaars en carrières van curators liepen serieuze schade op door hun participatie in computerkunst tentoonstellingen.⁸² Kunstenaars kregen vaak een met beledigingen gepaard gaande afwijzing van galerijen. Zo kwam er een stigma of vooroordeel tegen de computer tot stand dat Paul Brown beschreef als de “doodskus” (*kiss of death*).⁸³ Kunstenaar Grace Hertlein (Chicago, 1924-2015), vooral actief in de jaren 1960 en 1970, werd een “*whore*” en “*traitor*” genoemd door een collega-kunstenaar die haar keuze van medium als “moreel twijfelachtig en een complete afwijzing van authentieke artistieke traditie” zag.⁸⁴ Voorvallen als deze doen denken aan zovele binnen de kunstgeschiedenis waar (pogingen tot) innovatie gewelddadig werden afgewezen omdat deze de zogenaamde dood van kunst en traditie zouden betekenen.

⁷⁵ Hayward 1990, 49

⁷⁶ Noll 1994, 40

⁷⁷ Goodman 1987, 25

⁷⁸ Idem

⁷⁹ Idem

⁸⁰ Taylor 2014, 34

⁸¹ Goodman 1987, 26

⁸² Taylor 2014, 6

⁸³ Idem

⁸⁴ Taylor 2014, 7

De *Experiments in Art and Technology* beweging (E.A.T.), opgericht in 1966 door de Zweedse Billy Klüver, was een poging tot samenwerking tussen kunstenaars en wetenschappers.⁸⁵ In de late jaren 1970 was de kwaliteit van het creatieve eindresultaat vaak het gevolg van hoe goed het concept aan de programmeur uitgelegd kon worden, of van de eigen programmeerkennis. Kunstenaars hadden weinig toegang tot computers die voor velen buiten bereik bleven. Klüver had een doctoraat in elektrotechniek en was bevriend met kunstenaar Jean Tinguely. Hij hielp hem bijvoorbeeld bij het maken van zijn zichzelf vernietigende machine: *Homage to New York* (1960). Ook hielp hij Jasper Johns, Andy Warhol, Robert Rauschenberg en Claes Oldenburg met technische projecten. Rauschenberg zei hierover: “geen plaats is veilig voor nieuwe technologie, niemand wil nog rotte sinaasappels schilderen.” En, “Het is niet langer mogelijk om de technologie te omzeilen. We kunnen niet wachten. We moeten een relatie met technologie forceren en we moeten dit snel doen om vooruit te kunnen gaan. Het meest positieve dat ik kan zeggen is dat het ons niet terug in de tijd stuurt maar ons in het nieuwe brengt.”⁸⁶ Ze hielden hun eerste tentoonstellingen op (ACM) SIGGRAPH, een jaarlijkse conferentie die het gebruik van nieuwe producten toonde.⁸⁷

Het werd echter duidelijk dat de relatie tussen kunst en technologie niet makkelijk zou zijn, wat Klüver ook toegaf. Noll, zelf wetenschapper, concludeerde dat de samenwerking tussen kunstenaars en wetenschappers ineffectief was door het onvermogen van de kunstenaar om zijn concept duidelijk uit te drukken in formeel, wetenschappelijke taal.⁸⁸ Nieuwe attitudes tegenover het maakproces en het eindresultaat waren nodig. Er kwam negatieve kritiek omwille van technische problemen en de verwachte resultaten bleven uit. E.A.T.-tentoonstellingen zoals *9 Evenings: Theater & Engineering* (1966) werden negatief onthaald want ze waren te duur, er waren problemen met de software en met de technologie van de installaties.

De tentoonstelling *Software* in 1970 door Jack Burnham was een flop. “De storingen in de technologische uitrusting richtten grote schade aan het imago van de tentoonstelling, alsook aan het financieel welzijn van het museum, welke later in een crisis terecht kwam. De negatieve receptie op de tentoonstelling veranderde later in grote populariteit; de echo’s van zijn visie overleefden de tand des tijds.”⁸⁹ De groep en de cybernetische ideeën in kunst leden grote imagoschade. Als het werk van Burnham geen blijvende impact op de jaren 1970 en 1980 had, is het belangrijk op te merken dat de ideeën van een systeem-esthetiek zelf niet verdwenen.⁹⁰

⁸⁵ Hayward 1990, 21

⁸⁶ Hayward 1990, 25

⁸⁷ (ACM) SIGGRAPH = *Association for Computing Machinery's Special Interest Group on Computer Graphics and Interactive Techniques*.

⁸⁸ Taylor 2014, 108

⁸⁹ Rampley 2005, s.p.

⁹⁰ Idem

Dit betekende echter niet dat kunstenaars volledig stopten met het gebruik van die technologieën. Kunst heeft altijd nieuwe media gebruikt. Collaboraties zoals E.A.T. veranderden in commissies en spontane samenwerkingen, in plaats van geforceerd utopische samenwerkingen. Vandaag is het zeer gebruikelijk voor kunstenaars om samen te werken met architecten, ingenieurs of andere technische bedrijven. E.A.T. geldt in dat opzicht als model en inspiratie voor hedendaagse collaboraties.

Tegen het eind van de jaren 1960 en het begin van de jaren 1970 werden de negatieve invloeden van technologie ontdekt: destructie en milieuverontreiniging. Door het gebrek aan competentie is technologische kunst in die periode eigenlijk nooit van de grond geraakt. Douglas Davies schreef in 1973: "De euforie van de jaren 1970 en de samenkomst van de kunstenaar en de ingenieur is voorbij... Vietnam heeft ons ziek gemaakt en we horen meer over de vernietigende kracht van technologie dan de creatieve kracht ervan."⁹¹ Het midden van de jaren 1970 kende daarbij een terugkeer naar representatie, voortgezet in de jaren 1980, iets waar de computerkunst (nog) niet genoeg in staat toe was. Er kwam meer reflectie over de invloed van technologie, en er heerste een terugkeer naar conservatisme met een gevoel van pessimisme. Ook in 1970 kondigde computerkunst pionier Frieder Nake in de gefrustreerde tekst *There Should Be No Computer Art* aan dat hij geen werk meer zou tentoonstellen en in 1971 noemde hij computerkunst zelfs een "decadente rage".⁹² Ook Michael Noll was gedesillusioneerd van het veld verdwenen door het uitblijven van "volledig nieuwe artistieke ervaringen".⁹³ Robert Mallary vond dat de computer nog geen grote impact had en zei dat waar de kunstvorm in de jaren 1970 stond "simpelweg niet indrukwekkend" was.⁹⁴ Dit, en het vernietigende onthaal door de kunstwereld en het publiek leidde tot een afname van interesse door kunstenaars.

Toch waren er ook vooruitdenkende teksten: In hun essay *Personal Dynamic Media* (1977) beweerden Alan Kay en Adele Goldberg over het Dynabook (een vroeg multimediaal computersysteem) dat "de computer, gezien als een medium op zich, alle andere media kan zijn". Dit "nieuwe 'meta-medium'", zoals zij het noemden, heeft 'nieuwe eigenschappen' zoals 'dynamisch zoeken' (d.w.z. willekeurige toegang), simulatie, de mogelijkheid om beelden, animaties en geluid te combineren, en programmeerbaarheid. De inhoud ervan, zo stelden zij voor, "zou een breed scala aan reeds bestaande en nog niet uitgevonden media zijn."⁹⁵

⁹¹ Hayward 1990, 34

⁹² Taylor 2014, 143-144

⁹³ Taylor 2014, 148

⁹⁴ Taylor 2014, 145

⁹⁵ Quaranta 2013, 230

1.3. Virtuele experimenten in de jaren 1980

In de vroege jaren 1980 was kunst gemaakt met computers nog steeds sterk verbonden met een niche computergemeenschap. Gene Youngblood geloofde dat het volledige esthetische potentieel van computerkunst gerealiseerd zou worden wanneer de computer een instrument van de kunstwereld werd, in plaats van de wetenschap.⁹⁶ De uitdaging van de technologiewereld werd het genereren van realistische computerafbeeldingen, de heilige graal van *computer graphics*.⁹⁷ Dit zou ook voor digitale kunstenaars het voornaamste streven worden. Hoewel de ontwikkelingen van de jaren 1980 vooral virtueel en op zoek naar realisme waren, werden toch belangrijke stappen gezet voor 3D-beelden. De zogenaamde *fractal geometry* had het vermogen om de vormen van de natuur na te bootsen. Deze gaf zowel een beschrijving als een wiskundig model voor patronen en verscheidene vormen in de natuur.⁹⁸ Benoît Mandelbrot, een Frans wiskundige, beweerde zelfzeker dat *fractals geometry* tegen 1989 “een nieuwe kunstvorm had veroorzaakt.”⁹⁹

De computer zelf won aan populariteit en zijn effecten werden steeds beter. Computers veroverden kantoorruimten, geautomatiseerde productielijnen, de persoonlijke leefwereld, spelletjes zoals Pacman (1980) en diverse elektrische apparaten. Technologie werd veelvuldig gebruikt in films zoals het populaire Tron (1982), reclame, foto... De 3D-technologie verplaatste zich naar de animatiewereld en filmindustrie en leverde daar voor de eerste keer producten van een hoge kwaliteit af, zoals *special effects* in films en computerspelletjes met waardering in de populaire cultuur. Animatiebedrijven als Pixar ontwikkelden deze 3D-technologie verder om in hun films te kunnen gebruiken, en militaire ingenieurs die nu binnen de creatieve sector werkten waren een voorbeeld van een nieuwe samenwerking tussen cultuur en technologie. De ontwikkelingen van de jaren 1980 waren vooral virtueel. Paul Brown stelde dat computerkunst niet begaan was met het creëren van een artefact.¹⁰⁰

Reeds in 1981 werd CAD gebruikt om de structurele stevigheid van een 12 meter hoog beeld van Joan Miró te testen (Illustraties 7 en 8). Er werd een 3D-model van het beeld gemaakt en de sterkte werd getest door het architectenbureau Skidmore, Owings & Merrill.¹⁰¹ Het CAD-programma werd enkel benut voor het testen van de stevigheid, de fysieke uitwerking van het beeld werd handmatig gedaan.

⁹⁶ Taylor 2014, 104

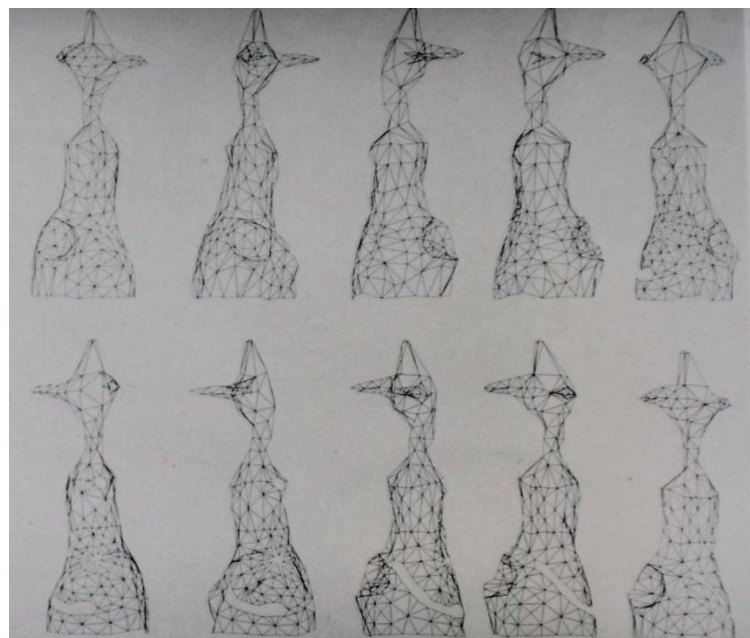
⁹⁷ Taylor 2014, 197

⁹⁸ Taylor 2014, 167

⁹⁹ Taylor 2014, 168

¹⁰⁰ Hayward 1990, 236

¹⁰¹ Goodman 1987, 126



(Illustratie 6 (boven): Joan Miró, Chicago. *The Sun, the Moon and One Star*. 1981, Staal, gaas, beton, brons en keramiektegel, 12 meter hoog.)

(Illustratie 7 (links): Skidmore, Owings & Merrill. *Model voor Miro's Chicago*. 1981.)

(Illustratie 8 (rechts): Skidmore, Owings & Merrill. *Plotter tekeningen van Miro's Chicago*. 1981.)

In 1984 kwam de sciencefictionroman *Neuromancer* van William Gibson uit. Daarin werd de term *cyberspace* geïntroduceerd.¹⁰² De roman raakte onder meer onderwerpen als artificiële intelligentie en virtuele realiteit aan. Gibson vond dit woord uit om "een hallucinatie die dagelijks door miljoenen ervaren wordt" te beschrijven. De term *cyberspace* werd voortaan gebruikt om virtuele ruimten te omschrijven. Artificiële en virtuele realiteit werden in deze periode door kunstenaars verkend. Jeffrey Shaw experimenteerde in de vroege jaren 1980 met *virtual* en *augmented reality*. Dit met zijn *Virtual Sculpture* (1981) en in *Legible City* (1989) door virtueel navigeerbare ruimten en experimenten met navigeerbare 3D-werelden. Van 1977 tot 1984 was David Em *Artist In Residence* bij het *Jet Propulsion Laboratory*.¹⁰³ Daar experimenteerde hij met virtuele ruimten waarvan hij computer gegenereerde foto's maakte (Illustratie 9). Deze werken hebben het uiterlijk van de *space age* van de jaren 1970, omdat hij van dezelfde technologie als NASA gebruik kon maken.¹⁰⁴

In Japan werkte kunstenaar Yoichiro Kawaguchi in de late jaren 1970 een manier uit om beelden te maken gebaseerd op wiskundige groeiprincipes die simpele patronen uit de natuur konden nabootsen. Hierdoor had hij een manier gevonden waarmee hij werken kon genereren of laten groeien; vormen met een veelheid aan spiralen, tentakels, wortels en koraalachtige structuren (Illustratie 10).¹⁰⁵ Deze werken leken op een andere manier tot stand te zijn gekomen dan alle andere daarvoor in de kunstgeschiedenis, toen aangezien als een veelbelovende verdienste van de computer. Kawaguchi gebruikte in sommige van zijn groeipatronen *fractal geometry* om complexe organische vormen te maken. Deze werken zijn zeer kenmerkend voor de vroege jaren 1980, een periode met grote interesse in *fractal geometry*, organische vormen en virtueel realisme.¹⁰⁶ Vergelijkbaar simuleerde bioloog Richard Dawkins artificiële genen en evolutie op een computer in voorbereiding van zijn boek *The Blind Watchmaker* (1986). Met zijn programma maakte hij *biomorphs*, digitale 'organismen', steeds evoluerend volgens bepaalde parameters. Voor Dawkins was dit proces alsof "iemand de vormen niet creëerde, maar ontdekte."¹⁰⁷ Willekeurige mutaties die tot vormverandering leiden. William Latham experimenteerde samen met programmeur Stephen Todd verder met 'evolutionaire algoritmen'. Samen creëerden ze een systeem om "synthetisch organische vormen" of "virtuele sculpturen" te maken. Latham en Todd noemden hun 'nieuwe artistieke stijl' het "Evolutionisme". De virtuele sculpturen werden in kleur *gerenderd* met textuur, licht en schaduw: de allernieuwste digitale mogelijkheden (Illustratie 12). Hun werk werd zeer positief onthaald met internationale tentoonstellingen tot gevolg.¹⁰⁸ Al deze virtuele werken van Jeffrey Shaw, David Em en William Latham zijn altijd virtueel gebleven, en werden nooit gematerialiseerd. De 3D-technologie was voor hen een manier om afbeeldingen te maken. Yoichiro Kawaguchi is nog steeds actief en gebruikte recent technieken als CNC en 3D-printen om zijn werk tastbaar te maken (Illustratie 79).

¹⁰² Paul 2015, 22

¹⁰³ Goodman 1987, 113

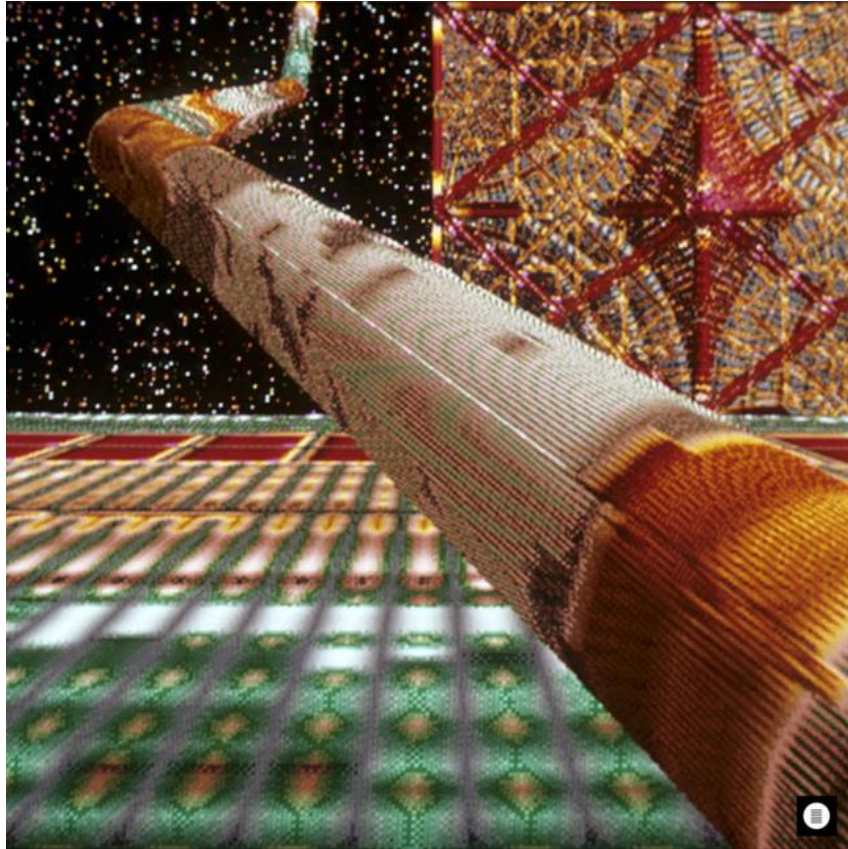
¹⁰⁴ Idem

¹⁰⁵ Taylor 2014, 236

¹⁰⁶ Idem

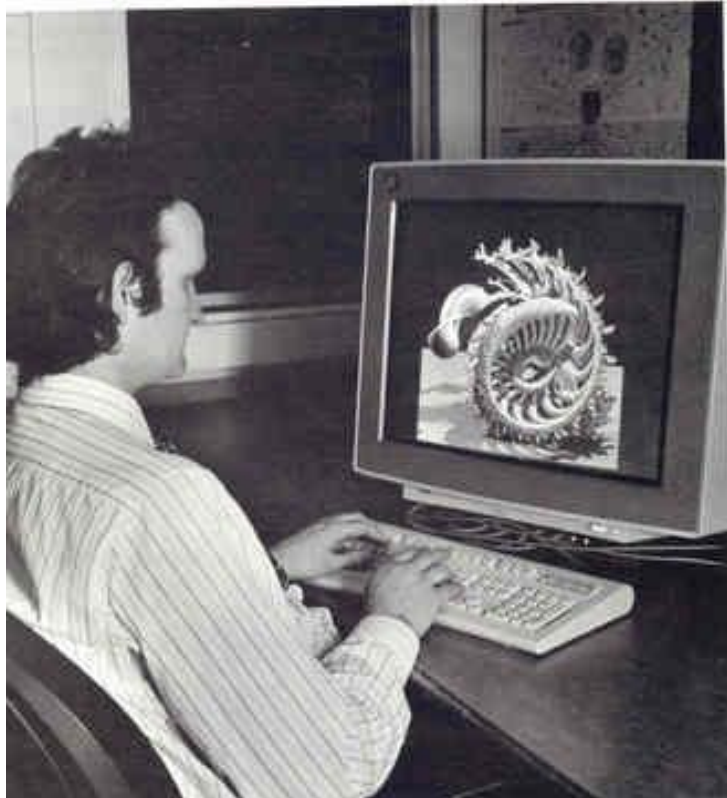
¹⁰⁷ Taylor 2014, 238-239

¹⁰⁸ Idem



(Illustratie 9: David Em. *Transjovian Pipeline*. 1979.)

(Illustratie 10: Yoichiro Kawaguchi. *Tendrils*. 1981.)



(Illustratie 11: William Latham. *The Evolution of Forms*. 1990.)

(Illustratie 12: William Latham. *Mutation X (Mutation Raytraced on the Plane of Infinity)*. 1989.)

De snelle evolutie in de kwaliteit en complexiteit van de figuren in de bovenstaande illustraties is opmerkelijk. Er zat maar acht jaar tussen de *Tendril* van Yoichiro Kawaguchi en de beelden van William Latham.

Het jaar 1989 was cruciaal in de geschiedenis van kunst gemaakt met computers met twee belangrijke gebeurtenissen: SIGGRAPH 1989 en de *College Art Association (CAA) meeting*.¹⁰⁹ Deze twee evenementen hebben tot een aantal artikels en publicaties geleid met zeer uiteenlopende meningen en implicaties. Het was de eerste kritische focus op de ontwikkelingen met computertechnologie.¹¹⁰ Een symbolische datum voor de institutionalisering van de nieuwe media.¹¹¹

Op SIGGRAPH 1989 werd een panel gevormd met de vraag: *Computer art – an oxymoron(?)* en als ondertitel *Views from the mainstream*. Sprekers van de Institute of Contemporary Art, National museum of American Art en het San Francisco Museum of Modern Art spraken over het onderwerp.¹¹² Henry Rand van het National museum of American Art vond dat er nood was aan een “Beethoven van de computer”, iemand om het publiek te overtuigen. Dorothy Spencer, de voorzitter, voorspelde dat computerkunst, net als de fotografie, driekwart van een eeuw nodig zou hebben om geaccepteerd te worden.¹¹³ Computerkunst werd hier als koud en gevoelloos bestempeld. Vooral het gebrek aan tastbaarheid vormde een probleem.

Vanaf 1989 begon de oudere generatie van computerkunstenaars, in reactie op de opkomende commerciële softwarepakketten, zichzelf te omschrijven met benamingen als proceduralisten, *dataïsten* en algoristen. Deze benamingen leggen de nadruk op het (zelf) programmeren. Dit heeft iets grappigs: de eerste generatie kunstenaars die werden bekritiseerd omwille van het gebruik van programma's en 'het werk niet zelf maken', bekritisieren nu nieuwe kunstenaars die andere programma's gebruiken en de programma's niet zelf maken. Groepen als deze kregen namen als 'generatieve-kunst', 'softwarekunst', 'programmakunst', 'algoritmische-kunst' en vele andere.¹¹⁴ Dit was een opvallende verandering. Door de toenemende invloed van andere programma's als Photoshop en kritische teksten over het gebruik van computers, werden vanaf 1989 meer werken gemaakt met een culturele inhoud, los van een computergemeenschap.¹¹⁵ Mede door het veranderen van de programma's zelf kon er voortaan meer figuratief gewerkt worden en waren er opties buiten abstractie beschikbaar. Op het Digitale Salon van 1995 waren er vele malen meer kunstenaars die commerciële boetseerprogramma's gebruikten dan kunstenaars die zelf programma's schreven. In de jaren 1990 werd de computer minder een deel van een beweging, en voor het eerst, om op Youngblood terug te komen, een instrument van de kunstwereld in plaats van de wetenschap.

¹⁰⁹ Taylor 2014, 202

¹¹⁰ Idem

¹¹¹ Quaranta 2013, 69

¹¹² Taylor 2014, 203

¹¹³ Idem

¹¹⁴ Taylor 2014, 247

¹¹⁵ Taylor 2014, 248

1.4. Het techno-optimisme van de jaren 1990 tot 2001

Aan het einde van het tweede millennium leverde 3D-technologie voor de eerste keer producten van een hoge kwaliteit af. Het probleem was niet langer toegang tot de technologie, maar het budget. Jeremy Welsh stelde: “Techniek is niet langer het vermogen materiaal te manipuleren, maar het vermogen technologie te manipuleren.”¹¹⁶ Betaalbare computers en toegankelijke, gebruiksvriendelijke programma’s maakten computers deel van ieder huishouden en ieder bedrijf. In 1989 ontstond het *World Wide Web* dankzij Tim Berners-Lee en Robert Cailliau. De wereld werd een dorp.¹¹⁷ Van 1997 tot 2001 groeide de *hype* rond het web met massale investeringen en stegen de daarmee gepaarde aandelen. Zoals voorspeld door Noll viel de popularisatie van de computer samen met de toename van experimenten in de digitale kunst. In de jaren 1990 kwam digitale kunst de kunstwereld binnen, een tweede beginpunt. Er ontstonden digitale bewegingen als *net.art* die het internet en digitaliteit verkenden. Paul Virilio zei: “Een wereld met niet één, maar twee realiteiten; de *echte* en de *virtuele*.”¹¹⁸ David Hopkins, in het bekende *After Modern Art 1945 – 2000* (2000), schreef dat digitaliteit aanwezig was in videokunst en fotografie, maar technologieën van de jaren 1990 geen grote structurele impact op de kunstwereld hadden.¹¹⁹ Hoewel ze in de *mainstream* kunstwereld nog niet doorbrak, werden toen belangrijke stappen gezet voor de virtuele beeldhouwkunst, alsook voor nieuwe tastbare werken. 3D-technologie stond in deze tijd redelijk ver. *Toy Story* (1995) was de eerste film die volledig met 3D-computertechnologie werd gemaakt en toont de competentie van de 3D-technologie (Illustratie 13).¹²⁰



(Illustratie 13: Pixar. *Toy Story*. 1995.)

¹¹⁶ Hayward 1990, 149

¹¹⁷ McLuhan 1992.

¹¹⁸ Rush 2001, 170

¹¹⁹ Hopkins 2000, 245

¹²⁰ Quaranta 2013, 75

Na het turbulente jaar 1989 kwam er een splitsing tussen de kunstenaars die zelf programma's ontwikkelden en kunstenaars die gebruik maakten van kant-en-klare 3D-boetseerprogramma's. Kunst evolueerde weg van wetenschap door het verspreiden en toegankelijker worden van de programma's vanaf de late jaren 1980 en jaren 1990, waardoor ze niet meer exclusief toegankelijk waren voor wetenschappelijke centra en deze context wegviel. Ook hoefden kunstenaars geen wetenschapper of ingenieur meer te zijn om ze te kunnen gebruiken dankzij een gemakkelijke gebruikersinterface. Bodow: "Vijf jaar geleden waren de meeste digitale kunstenaars 'geek artists', terwijl het nu kunstenaars zijn die goed zijn met technologie."¹²¹ Een splitsing tussen de ouden en de nieuwen. Hierdoor kon de beeldhouwkunst zich afscheiden van de ruime noemer computerkunst.

In 1994 stelde Shaw het werk *Golden Calf* tentoon (Illustraties 14, 15 en 16). Het was een sculptuur zichtbaar door *augmented reality*, enkel waarneembaar op een scherm die de toeschouwer door de ruimte kon bewegen. Door dit scherm voor de sokkel te houden en rond het virtuele werk te bewegen, werd het werk in zijn ruimtelijkheid zichtbaar.

Lev Manovich schreef in 1997 over de twee verschillende contexten waartussen deze kunst zich in die periode bevond en welke hij *Duchamp Land* en *Turing Land* noemde. Marcel Duchamp als vader van hedendaagse kunst en Alan Turing als vader van de computer. Het land van de hedendaagse kunst had volgens Manovich eigenschappen als "*content-oriented*", "*metaphors for the human condition*", "gecompliceerd", regelbrekend, destructief tegenover zijn materiaal, zelfreferentieel enzoverder.¹²²

Het land van de computer had net de tegenovergestelde kenmerken zoals technologie georiënteerd, geen ironie, zeer serieus en stond uiteindelijk dichterbij de computerindustrie dan de kunstwereld.¹²³ Quaranta noemde 1997 het *annus horribilis* omwille van deze scheiding.

¹²¹ Bodow 2001, s.p.

¹²² Quaranta 2013, 75-76

¹²³ Quaranta 2013, 84



(Illustraties 14 en 15: Jeffrey Shaw. *Golden Calf*. 1994, LCD monitor op een witte sokkel.)

(Illustratie 16: Jeffrey Shaw. *Golden Calf*. 1994, LCD monitor.)

In de beeldhouwkunst maakte de 3D-print zijn introductie. Bijvoorbeeld in *Personen 1:10*, van Karin Sander (1997–1999) (Illustraties 17 en 18). Dat was een reeks waarbij Sander mensen uitkoos, hun lichaam inscande met een 3D-scanner en uitprintte met een 3D-printer. (Deze techniek wordt uitgelegd in hoofdstuk 2.3.1.) De kleurloze figuren werden op schaal 1:10 geprint en nadien gekleurd. Toen deze reeks werd gecreëerd was deze technologie zeer geavanceerd. LaBelle schreef erover alsof het *science-fiction* was: “Ze werden gemaakt door een geavanceerd technologisch proces van driedimensionale fotografische *body-scanning* door een machine in Duitsland dat dit soort dingen doet (meestal voor de mode-industrie), wat leidt tot een gecomputeriseerd, laag-voor-laag constructieproces in ABS plastic, een commercieel *acrylic*, en uiteindelijk naar een applicatie door *airbrush* van een precieze kleur door een technicus.”¹²⁴ De beelden dragen sporen van de digitale productie in zich. De computer-gegenereerde lagen van de printer zijn zichtbaar van dichtbij, en creëren een effect gelijk aan “pixelatie in zijn haast wazige onnauwkeurigheid.”¹²⁵ Participatie was hierbij een interessant gegeven: de mensen mochten zelf hun houding en kledij uitkiezen.¹²⁶ De beelden hebben geen toets van de kunstenaar zelf zoals in reacties werd opgemerkt. LaBelle vergeleek het werkproces met “de voodoo van *3D-imaging*”, dat vervolgens werd getransformeerd tot “een pop, een *collectable*, de mensen zijn in dienst van de kunst beland.”¹²⁷

Gregory Volk noemde Sander’s figuren in 1998 “neutraal, objectief en rijkelijk humaan”.¹²⁸ Ze noemde deze manier van werken “tegelijkertijd uitdagend en magisch, *unnerving* en bomvol met *intricate life*.” De vergelijking met humanisme is interessant omdat een voorkomend punt van kritiek was dat de computer juist onmenselijk en inhumain is. “Het publiek voelde zich aangetrokken tot de wereldvreemde kunstenaars omdat ze een gevoel van menselijkheid belichaamden dat vaak ontbrak in de geestloze moderne wereld. Computerkunst daarentegen werd gezien als de belichaming van zielloosheid, een koud cultureel product dat door machines wordt geproduceerd onder de controle van technici in plaats van kunstenaars. Computerkunst leek de spot te drijven met alles wat menselijk was.”¹²⁹

Tegen het jaar 2000 schommelde de gemiddelde prijs voor een CAD-pakket tussen de 3.000 en 6.000 dollar voor een CAD-pakket, een kwart van de prijs van de programma’s in de jaren 1990.¹³⁰ PC’s werden gebruikt in plaats van grote supercomputers en *midrange systems* ontstonden. Startups als SolidWorks werden opgericht en Zbrush werd in 1999 voorgesteld op SIGGRAPH. Deze programma’s worden in hoofdstuk 2.1. besproken.

¹²⁴ Volk 1999, s.p.

¹²⁵ Wells 2013, 153-154

¹²⁶ LaBelle 2000, s.p.

¹²⁷ Idem

¹²⁸ Volk 1999, s.p.

¹²⁹ Taylor 2014, 266

¹³⁰ Weisberg 2008, 2-21

Skull (I) van Robert Lazzarini, (2000) (Illustraties 19 en 20) was een andere reeks van 3D-scans die 3D werden geprint. Hij onderzocht met een reeks schedels digitale perspectieffervorming. Lazzarini's *Skulls* (2000) waren te zien tijdens de *BitStreams* tentoonstelling in het Whitney Museum. De reacties op het werk van Lazzarini en de tentoonstelling waren wisselend. Michael Kimmelman schreef een in een recensie: "Robert Lazzarini maakt sculpturen die anders zijn dan alle andere die je ooit hebt gezien, wat het echte punt van *BitStreams* is. Hij plooit afbeeldingen van menselijke schedels, en produceert dan in-het-oog-springende modellen van deze vervormde hoofden (...): *gimmicky* maar *catchy* objecten."¹³¹

Toch is de dominante toon in het onthaal van deze werken er een van teleurstelling en, wederom, scepticisme. Er was weinig kritiek te lezen over het gebruik van de computer zelf, wel op de kwaliteit van de werken die uitdrukkelijk werden gemaakt met een computer. Mario Naves schreef het ironisch getitelde: *The Whitney's Virtual Art: It's Not the Real Thing*, een artikel over *BitStreams*. Hierin deze vraag: "Dat de komst van deze technologie onze levens heeft beïnvloedt, en zal blijven beïnvloeden, is onbetwistbaar. Maar heeft het echt een dramatische, laat staan onomkeerbare indruk op de kunst gemaakt?" Naves was sceptisch.¹³² Ook Kimmelman schreef over de 'nieuwe' werken en kunstenaars die participeerden in *BitStreams* dat "zelfs sommige werken die bedoeld zijn om angst te creëren zien er schoon (*clean*), serieus en zacht uit, zoals Starbucks. Als dit de avant-garde is, dan is de avant-garde zeker niet meer wat ze geweest is."¹³³ En later: "Dus digitale technologie geeft individuele kunstenaars hulpmiddelen die voordien alleen voor teams bij Disney en NASA beschikbaar waren, maar als kunstenaars maken wat we al in betere versies hebben, wie kan het dan schelen?"¹³⁴ Opnieuw werd teveel verwacht van de technologie. "Zoals Nicholas Lambert in 2003 observeerde; ruim 30 jaar geleden herkende Franke computerkunst als "de kunst van morgen", en dat is waar zij voor altijd is gebleven."¹³⁵

¹³¹ Kimmelman 2001, s.p.

¹³² Naves 2001, s.p.

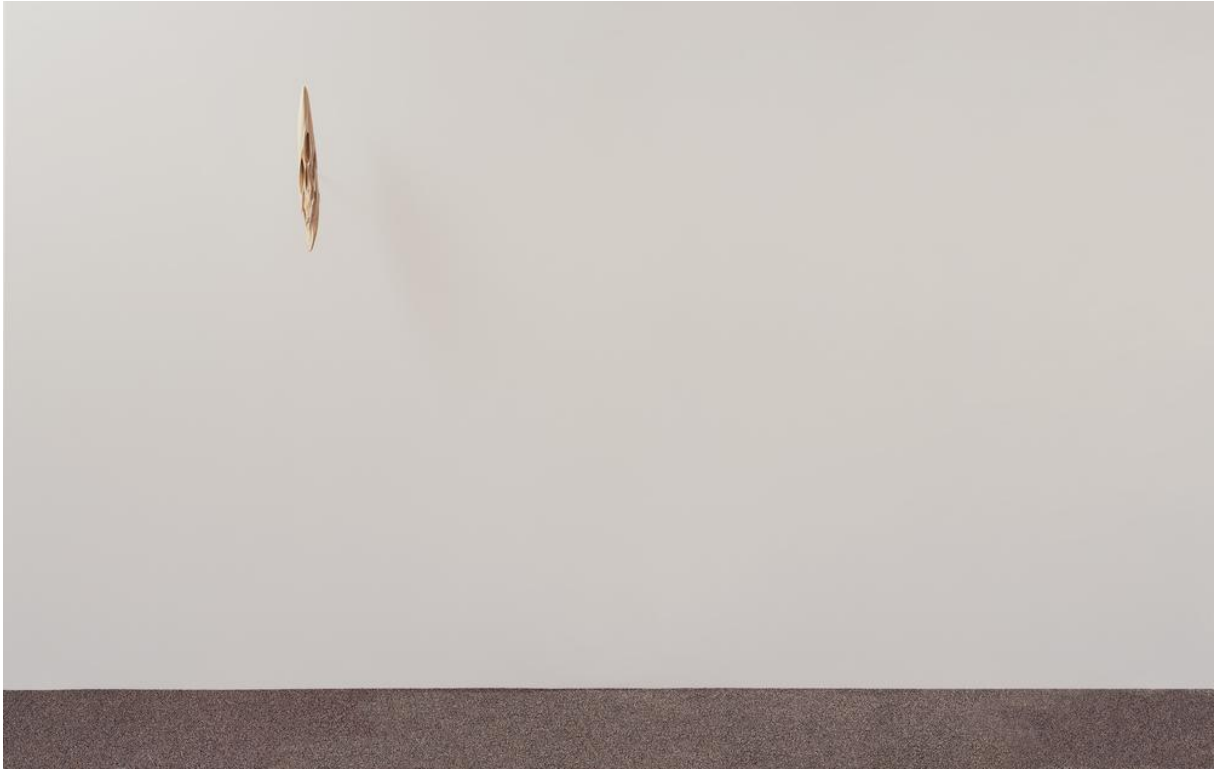
¹³³ Kimmelman 2001, s.p.

¹³⁴ Idem

¹³⁵ Taylor 2014, 249



(Illustraties 17 en 18: Karin Sander. *Persons 1:10*. 1998-2001, 3D-print in ABS, Airbrush. Installatie zicht: Gallery Helga de Alvear, Madrid, Spanje, 1999.)



(Illustratie 19: Robert Lazzarini. *Skull (II)*. 2000, hars, bot en pigment, 48,26 x 7,6 x 10 cm. Installatie zicht: Bitstreams tentoonstelling.)

(Illustratie 20: Robert Lazzarini. *Skulls I, II, III en IV*. 2000, hars, bot en pigment.)

1.5. Meningen van scepticisme, onverschilligheid en optimisme

"There doesn't seem to be a need to distinguish, any more, whether technology was used in making the work - after all, everything is a technology, and everyone uses technology to do everything."

(Marissa Olson)¹³⁶

Digitale kunst was tegen het jaar 2000 een gekende en erkende term in de kunstwereld. Het ontstaan van *Web 2.0* viel samen met dat van de digitale cultuur en zijn invloed op ieders dagelijks leven met smartphones, laptops (...), *copy-paste* cultuur en massale appropriatie.¹³⁷ De computer is steeds meer een instrument voor '*high speed visual thinking*' in kunst, een deel van een bredere samenkomende geschiedenis van technologie en wetenschap dat een impact heeft op de voortgang van de kunstgeschiedenis.¹³⁸

Melissa Gronlund merkt op dat het raar is dat het tot midden 2000 heeft geduurd voor de *mainstream* om met de computer te werken, in de beeldhouwkunst leefde het handwerk zelfs op.¹³⁹ Er is nog steeds veel analoog op celluloid film. Zelfs hedendaagse installaties en video's worden getoond op oude TV's met retro effecten. In recente jaren was er een terugkeer naar de esthetiek van de jaren 1990 op te merken met nieuwe werken die eruitzien als primitieve technologie. Bridle noemt deze neiging naar retro een vorm van anti-intellectualisme.¹⁴⁰ Het is alsof de kunstgeschiedenis voortdurend van en naar technologie heeft gemeanderd. Alsof er een rechte lijn is van technologie en een meanderende lijn van kunstgeschiedenis die de technologie bij momenten kruist door interesse van stromingen of nieuwe mogelijkheden die worden uitgetest. De 3D-technologie werd een aantal keer onderzocht maar afgekeurd. Marshall McLuhan stelt: "technologie wordt een onderwerp wanneer het is opgevolgd door een volgende."¹⁴¹ Toen werken van een hoge kwaliteit gemaakt konden worden zoals we die vandaag zien, was de computer eigenlijk al oud nieuws.

Het valt op dat digitale en digitaal geproduceerde kunst meerdere keren werden uitgevonden. De (echte) eerste keer in de jaren 1950 en 1960 voortgezet in de jaren 1970. De tweede keer in de late jaren 1980 en jaren 1990, en de derde keer vandaag door kunstenaars die geen weet hebben van de voorgeschiedenis. Vandaag worden CNC- of 3D-printwerken nog als pionierswerk omschreven.

¹³⁶ Debatty 2008, s.p.

¹³⁷ Gronlund 2017, 9

¹³⁸ Hope 2014, 50

¹³⁹ Gronlund 2017, 3

¹⁴⁰ Kholeif 2014, 26

¹⁴¹ Hayward 1990, 18

Deze geschiedenis was dan ook moeilijk te volgen. In de jaren 1990 werd amper aandacht besteed aan de computergemaakte kunst van de jaren 1960 en 1970. Boeken uit de jaren 1990 gaven weinig of geen vermelding van ontwikkelingen vóór 1980. Michael Rush schreef zelfs dat pas in 1990 de “esthetische lat” hoog genoeg was om de computer aandacht te geven.¹⁴² Daarenboven veranderde de terminologie overtijd meermaals. Het Digitale Salon sprak in de jaren 1990 over ‘digitale kunst’ en verwees naar de late jaren 1980 als het begin daarvan.¹⁴³ De pioniers van de jaren 1950 en 1960 spraken van ‘computerkunst’ en gingen zich later, mede na de komst van commerciële softwarepakketten, als proceduralisten, dataisten en algoristen omschrijven. Hun werk kreeg benamingen als ‘generatieve-kunst’, ‘softwarekunst’, ‘programmamakunst’, ‘algoritmische-kunst’ en vele andere. Benamingen die nuttig waren in de jaren 1960 en 1970, zoals ‘softwarekunst’ of ‘generatieve-kunst’ zijn vandaag hopeloos gedateerd. Alle computerprogramma’s en CAM-pakketten maken gebruik van software, wat de benaming overbodig maakt.¹⁴⁴ In de jaren 1980 werd er in teksten steeds meer gesproken van ‘computer geassisteerde kunst’ en ‘kunst gemaakt met computers’. Ook werd sinds 1989 vaker het proces zelf benoemd, werd er vaker gesproken van “*image digitalising* en *processing*, animatie, 3D-boetseren, *paint systemen*” en werden werken onderverdeeld bij “conceptuele kunst, videokunst, installatiekunst” en het “postmodernisme”.¹⁴⁵ Andere ruime noemers waarbij dit wordt onderverdeeld zijn nieuwe-mediakunst, digitale kunst en elektronische kunst, maar deze zijn zo ruim en omvatten zoveel dat ze weinig behulpzaam zijn.

Vandaag is er een mix van scepticisme tegenover computers en nieuwe technieken, onverschilligheid tegenover de werken of het gebruik van technologie en optimisme in vooruitdenkende projecten. Een aantal pijnpunten voor het publiek zijn nog steeds aanwezig in de commentaren vandaag. Een hardnekkige en naïeve mythe is dat het werken met een computer om een beeld te maken simpelweg ‘op een knop drukken’ is. Merkwaaardig genoeg schreef Taylor in 2014 dat deze mythe vandaag grotendeels is verdwenen.¹⁴⁶ Andere terugkerende woorden zijn: koud, gevoelloos en dood. Toch is volgens mij het dominante gevoel onverschilligheid. Belangrijk daarbij is het verschil tussen werk gemaakt met computers met een activistische, conceptuele of provocerende ondertoon, en het gebruik van computers en machines als hulpmiddel bij het maakproces. Bij Paul McCarthy en Jeff Koons wordt het amper opgenoemd of aandacht aan besteed, bij anderen daarentegen wel. Er is eigenlijk alleen reactie wanneer specifiek wordt vermeld dat computers zijn gebruikt.

Er zijn volgens Jennifer Chan drie soorten slechte kunstkritiek die meestal worden toegepast op de hedendaagse computergemaakte kunst: 1: 'Het is trendy' 2: 'Dit is al gedaan' en 3: 'Het is lui'.¹⁴⁷

¹⁴² Taylor 2014, 7

¹⁴³ Taylor 2014, 253

¹⁴⁴ Hope 2014, 202

¹⁴⁵ Taylor 2014, 247

¹⁴⁶ Taylor 2014, 267

¹⁴⁷ Kholeif 2017, 113-114

Hoofdstuk 2 - CAD en CAM

2.1. CAD: definiëring, voorbeelden van programma's en hun mogelijkheden¹⁴⁸

"It is as if modelling with light, with pure form, in an environment where physics, matter and energy, materiality and gravity, play no part, freeing form from material constraints, and transcending our given understanding of how material objects behave in the world."
(Keith Brown)¹⁴⁹

CAD staat voor *Computer Aided Design*. Dat zijn programma's waarmee iets digitaal gecreëerd kan worden. Het gebruik van CAD-software laat toe het object vanuit elke hoek te bekijken, zelfs aan de binnenkant. Belangrijke voordelen van een CAD-programma zijn de snelheid van werken en de complexiteit die mogelijk is binnen de virtuele wereld. De vorm staat volledig beschreven in een digitale 3D-ruimte, door een reeks van punten als xyz-coördinaten in een cartesisch coördinatenstelsel. Complexe vormen kunnen miljoenen punten bevatten. De werking is gebaseerd op de wetenschap van geometrie, optica en fysica. De *human-machine interface* laat de gebruiker toe om via een computermuis of een tekentablet met het programma te werken.

Er bestaan CAD-programma's voor verschillende doeleinden. Een voorbeeld van een gratis programma dat wordt gebruikt is Meshmixer. Het wordt uitgegeven door Autodesk en is een typisch eerste programma dat wordt uitgetest omdat het gratis is. Dit is een programma waar gebruikelijk vertrokken wordt van een *3D-scan*. Het toont de standaard *interface* met aan de boven- en linkerzijde van het scherm de opties die beschikbaar zijn. Centraal een virtuele ruimte met daarop een raster. Dit is het coördinatensysteem of het *world cartesian coordinate system*, waarin de vorm staat beschreven. Het coördinatensysteem heeft een origine (*world origin*), een centrum op het punt 0,0,0. Objecten in 3D kunnen bewegen door drie operaties: translatie, rotatie en schaal.¹⁵⁰ Translatie is het verplaatsen in de 3D-ruimte, rotatie en schaal spreken voor zich. Wanneer het 3D-object geselecteerd wordt kan dit volgens die drie bewerkingen aangepast worden. Bij het selecteren van een deel van het 3D-object kan alleen dat deel getransformeerd worden. Daardoor zijn effecten als 'uit elkaar trekken', verdraaien en 'door elkaar schuiven' van objecten mogelijk. Het materiaal heeft geen materiaaleigenschappen in een omgeving zonder zwaartekracht of wetten van de natuur. Door handelingen als deze kan snel een grote complexiteit bereikt worden. Ook schaal is hierdoor relatief en kan veranderd worden door de waarden of meeteenheid aan te passen. Een virtueel sculptuur kan tegelijkertijd zowel één millimeter hoog zijn, als één kilometer. Dit heeft geen invloed op het digitale werkproces zelf omdat het aantal polygonen (of punten) hetzelfde blijft. Dergelijke voorbeelden zijn aanwezig in alle CAD-pakketten en zijn niet eigen aan Meshmixer.

¹⁴⁸ De CAD en CAM vaktermen worden achteraan in het GLOSSARIUM omschreven.

¹⁴⁹ Brown 2018, persoonlijke quote zie bijlagen

¹⁵⁰ <https://www.scratchapixel.com/lessons/3d-basic-rendering/transforming-objects-using-matrices>

Een voorbeeld van een veelgebruikt boetseerprogramma is Zbrush van Pixologic. Dit is een *polygon mesh-based* programma wat betekent dat de sculptuur is opgebouwd uit polygonen. Alle digitale objecten zijn opgebouwd uit polygonen, of een afgeleide daarvan, maar in programma's als deze bestaat de hele vorm uit kleine polygonen van hetzelfde formaat. De sculpturen zijn geen wiskundige geometrische lichamen maar hun vorm bestaat uit een verzameling van kleine veelhoeken, meestal drie- of vierhoeken. Dit maakt het programma ideaal voor het boetsen van organische vormen. Er kunnen verschillende soorten borstels gekozen worden. Een voorbeeld is de kleiborstel die materiaal kan toevoegen of verwijderen. Hij zal dit doen volgens de beweging van de muis en op het formaat van de gekozen borstelgrootte. Dit is gelijk aan het toevoegen of wegnemen van klei bij handmatig beeldhouwen. Hierbij kan telkens alles aangepast worden om grote vormen aan te zetten of de kleinste details te boetsen. Andere borstels zijn bijvoorbeeld de beitel, om te graveren, of *smooth* om vormen te verzachten.

Er is een opvallend traditioneel aspect aan de digitale programma's die de gebruikelijke terminologie uit de beeldhouwkunst hanteren. Virtueel materiaal heet *klei*, de *tools* worden *beitels* en *borstels* genoemd, er is sprake van *boetsen* van massa en *sculpteren* van details. Inzake vormkennis of sculpturaal inzicht is er geen verschil tussen het handmatig boetsen van natte klei of het met een muis manipuleren van virtuele plastische (im)materie op een 2D-scherm. Een traditioneel geschoolde beeldhouwer kan na de nodige gewenning overstappen naar digitaal boetsen, net zoals de digitale modelleur zijn kennis zal kunnen toepassen in klei. Toch kan de virtuele beeldhouwer veel meer dan de traditionele. Het belangrijkste verschil is dat digitaal werken efficiënter en sneller is. Er kan bijvoorbeeld automatisch symmetrisch geboetseerd worden, stappen kunnen worden teruggedraaid en schaal en standpunt zijn relatief. Er kan rechtstreeks in de lucht geboetseerd worden, vormen kunnen uitgetrokken worden, selectief vergroot, uit elkaar getrokken, gespiegeld, gedupliceerd, ...

Waar programma's als Zbrush ideaal zijn voor het bewerken van organische vormen zijn programma's als Rhinoceros en Solidworks ontworpen voor meer industriële, strakke en geometrische vormen. Daar waar Zbrush werkt met kleine polygonen over het hele oppervlak, gebruiken Rhino en Solidworks grote vlakken die rechtstreeks geregistreerd staan als vorm. Hierdoor zijn zeer strakke, juiste vormen en oppervlakken mogelijk. Rhinoceros is gebaseerd op het NURBS-model dat focust op wiskundige precieze curven, vormen en oppervlakken. Industriële producten worden vormgegeven in programma's als deze.

Stabiliteit en structurele sterkte kunnen getest worden door simulaties. Hiermee kan gezien worden of een vorm kan blijven staan, of waar er zwakke punten in de structuur zitten. In combinatie met CAM kunnen hierdoor sterkere objecten gecreëerd worden met minder materiaal.

Andere programma's laten willekeurige variaties in vorm en ontwerp toe door een programmerende manier van werken door *visual programming*. Ook bestaat generatief design waarbij een optimale vorm gegenereerd kan worden door het programma. De computer geeft de mogelijkheid tot eindeloze variaties. Letterlijk miljarden combinaties van hetzelfde concept. De complexiteit die daarin mogelijk is heeft voor de uitvinding van de computer en de jarenlange ontwikkelingen en innovaties binnen CAD-pakketten nog nooit bestaan. "De schijnbaar tegenstrijdige uitdrukking "*mass-produced unique objects*" beschrijft de realiteit van de generatieve kunst. (...) Het is nu al mogelijk voor kunstenaars om ongelimiteerde aantallen unieke sculpturen te maken en de kwaliteit van de constructie zal in de loop van de tijd verbeteren."¹⁵¹

CAD-animatieprogramma's zoals Autodesk Maya kunnen eveneens gebruikt worden om sculpturen te maken. Maya is een van de meest gebruikte 3D-pakketten in de game-, animatie- en filmindustrie. Interessant hier is dat er weer materiaaleigenschappen kunnen worden toegeschreven, alsook fysische effecten als zwaartekracht en er effecten als rook, vuur, explosies of vloeistoffen van verschillende viscositeit mee gesimuleerd kunnen worden. Watereffecten zijn mogelijk door een realistische vloeistofsimulator gebaseerd op wiskundige formules als de *Navier–Stokes equation*. Bifröst is ook een vloeistofsimulator van Maya, gebaseerd op *fluid-implicit particle simulation*. Dit is zeer realistisch en simuleert zelfs details als schuim en minuscule waterspatten. Een *cloth simulation tool* maakt extreem realistische simulaties van stoffen die plooiën. nCloth¹⁵² is een van Maya's stof-simulators. nParticle is een ander voorbeeld van simulaties van 3D-effecten zoals vloeistof, rook, nevel, stof, vacht en haar simulaties.

Er zijn zoveel mogelijkheden en alles kan zeer realistisch nagebootst worden, ontploffen, smelten, breken, branden, ... Materiaal kan veranderen naar water, mist, hol als een ballon of solide als metaal.¹⁵³ Interessant is dat deze simulaties op ieder moment gestopt kunnen worden en opgeslagen als 3D-bestand. Deze CAD-programma's maken alles wat wiskundig mogelijk is, ook vormelijk mogelijk. Programma's als het gratis Mandelbulb (3D) zijn gespecialiseerd in *fractal geometry* en laten extreem complexe structuren toe.

Kunstenaars en ontwerpers kunnen hun programma's ook zelf schrijven, vaak in samenwerking met wetenschappers of ingenieurs. Joris Laarman is een ontwerper die een reeks stoelen (*Bone Chair*, 2006) liet groeien volgens een programma van Professor Lothar Harzheim. Het bootst de manier waarop botten groeien en materiaal wegnemen na. Vormen kunnen groeien volgens een realistische simulatie van het groeiproces van beenderen.

¹⁵¹ Paul 2015, 169

¹⁵² n staat voor nucleus, Autodesk's simulatie framework.

¹⁵³ <https://www.autodesk.be/nl/products/maya/features>

2.2. Virtualiteit

2.2.1. Verschuiven van materie en het statuut van de sculptuur

“the more art removes itself from the sensuality of materials, the more significant becomes its means of display.”
(Mario Naves)¹⁵⁴

Het virtueel immateriële is het domein van *games*, digitaal boetseren, virtuele realiteit, de online wereld, sociale media identiteiten, Skype, email, chat, enzovoort. Dematerialisatie impliceert een handeling, een wegnemen van materiaal of het zich verplaatsen naar het immaterieel domein. Wanneer analoge media worden gedigitaliseerd verliezen ze materiaal.¹⁵⁵ Het immateriële heeft nooit materie gehad, het gematerialiseerde is zijn materie verloren. Realiteit bestaat dus in verschillende vormen en is geen statisch fenomeen meer. Digitale *tools* hebben tastbaarheid weggenomen als een definiërend element van beeldhouwen (*sculptural practice*).¹⁵⁶ Werken kunnen daarbij op verschillende manieren digitaal bestaan. Dematerialiseren, of het kopiëren naar een virtuele omgeving kan bijvoorbeeld door *3D-scans*. Mark Leckey omschrijft de *3D-scan* als een toverstaf (*wand*) dat het object omdovert en naar een andere, virtuele, dimensie stuurt.¹⁵⁷ Het is mogelijk een *3D-scan* te maken van een levenloos object als een vork, deze in een CAD-programma als Maya te openen en te gebruiken in een animatie waarin de vork zingend en dansend te zien is. We zijn volgens hem omgeven door apparaten die niet-levende dingen tot leven brengen.

Het object bevindt zich dan echter in een lastig definieerbare positie. Indien we een 3D-scan maken van een bestaand beeld, staat een digitale versie van dat beeld op de computer welke in elk aspect exact hetzelfde is als het origineel. Het formaat, de textuur en de kleinste sculpturale details zijn aanwezig. De ruimtelijkheid is ook nog steeds aanwezig aangezien we eromheen kunnen navigeren en het in zijn drie dimensies kunnen zien. Het enige dat is weggefallen is materie. Materialiteit is hierdoor geen definiërende eigenschap van beeldhouwkunst meer. Het werk bestaat enkel in een wiskundige ruimte maar is nog steeds een sculptuur. Zoals ook Christiane Paul opmerkt: “Tastbaarheid, wat lang een belangrijk kenmerk van beeldhouwkunst was, is niet noodzakelijk een definiërende kwaliteit meer.”¹⁵⁸ Op zich winnen ze bij het materialiseren alleen een andere, directere manier van waarneming en onveranderlijke materiaaleigenschappen.

Indien materie geen fundamentele eigenschap van beeldhouwkunst is, dan wordt het materieel bestaan irrelevant. Een digitaal beeld kan zowel materieel gemaakt worden of digitaal blijven. Dit kan de superpositie van het digitale genoemd worden, een term geleend uit de kwantumfysica.

¹⁵⁴ Naves 2001, s.p.

¹⁵⁵ Hope 2014, 2

¹⁵⁶ Hope 2014, 67

¹⁵⁷ Gronlund 2017, 126

¹⁵⁸ Paul 2015, 60

Binnen de kwantumfysica kunnen deeltjes op subatomaire schaal meerdere posities tegelijkertijd innemen en krijgen pas een vaste positie bij het waarnemen van die deeltjes. In het bekende gedachte-experiment van Schrödinger wordt een kat opgesloten in een metalen ruimte. Totdat die ruimte wordt opengemaakt is niet te zeggen of de kat nog leeft of dood is en zolang de ruimte gesloten blijft is de kat zowel levend als dood; die superpositie stort pas in bij het openmaken.¹⁵⁹ De mogelijkheid tot materialisatie van het digitale beeld in alle materialen betekent dat het tot het kiezen van één materiaal eigenlijk alle materie tegelijkertijd is en zich dus in een superpositie bevindt. Bij het kiezen van een materiaal en schaal stort die positie dan in en zit het vast in materiaal en schaal. Niet alleen op het vlak van schaal, materiaal, of het gebrek daaraan, bestaat het digitale beeld in een superpositie, ook in zijn bestandstype zelf bekleedt het meerdere posities tegelijkertijd. Die volledige digitale wereld waarvan het programma een deel is werd geschreven in dezelfde wiskundige taal waardoor het gemakkelijk is om bestanden om te zetten naar verschillende formaten en platformen.

Een *3D-scan* van een bestaand beeld geïmporteerd in een CAD-programma kan zoals voorgesteld door Leckey gebruikt worden in een animatie. Om dat te doen moeten we het bestand bewerken zodat de polygonen makkelijker plooiën en bewegen, we geven het een beweegbaar frame (*rig*), en we laten het beeld wandelen. Dat slaan we op als een videobestand en we hebben een animatiefilm van tien seconden gemaakt. Nu is het beeld veranderd in een video, wat geen sculptuur meer is. Het beeld zelf kan rondwandelen, maar wij kunnen er niet meer omheen navigeren, en zijn ruimtelijkheid is weg. Driedimensionaliteit is een fundamenteel kenmerk van de beeldhouwkunst dat is weggefallen waardoor het geen sculptuur meer genoemd kan worden. Hier is de superpositie weer ingestort en vanuit het digitale platform is een video ontstaan. Waar is dit omgeslagen? Dus wanneer stopt een beeld met een-beeld-zijn? Dit gebeurde door het 3D-object op te slaan als video en zijn ruimtelijkheid weg te nemen. Als we een aantal stappen teruggaan en weer in het animatieprogramma zijn waarin we het beeld lieten wandelen hebben we weer een bewegend 3D-object. Zijn knie plooit, dijbeen gaat vooruit, scheenbeen strekt enzoverder. Wat we eigenlijk doen is het maken van meerdere beelden die zichzelf opvolgen omdat we het proces op elk moment in iedere positie kunnen stoppen en het in iedere positie als beeld opslaan. Als de animatie 60 *frames* per seconde heeft en 10 seconden duurt hebben we eigenlijk 600 variaties op ons beeld gemaakt. De sculptuur is geen sculptuur meer wanneer zijn ruimtelijkheid wegvalt. Maar tot ze wordt opgeslagen als (animatie)video blijft het een sculptuur, of toch een versie van de sculptuur, in een andere houding. Dit proces begon met een sculptuur, wat het is gebleven. In computeranimatiefilms van bijvoorbeeld Disney zijn de personages 3D-gemodelleerd op een computer. Doch die Disneyfiguren zouden nooit een sculptuur genoemd worden door hun maker, maar een 3D-animatiepersonage, en hij of zij noemt zichzelf waarschijnlijk geen beeldhouwer maar een 3D-animator. Er is een schijnbaar verschil in intentie binnen hetzelfde platform.

¹⁵⁹ Dit is een gesimplificeerde versie van het gedachte-experiment van Erwin Schrödinger, 1935.

Los van de mogelijkheid een animatie te maken zijn er nog mogelijkheden om een positieverandering te genereren, bereikbaar met een paar klikken waarbij een sculptuur er geen meer is. Hetzelfde voor 2D-afbeeldingen, soms *gerenderd* tot fotografisch realisme. Het 3D-werk kan in CAD-programma's platgedrukt worden tot een 2.5D¹⁶⁰ reliëf, traditioneel een zeer moeilijke kunstvorm. Bij het bekijken van de code achter een digitaal 3D-bestand wordt het werk omgezet in tekst. Dit doet denken aan het conceptuele werk *One and Three Chairs* (1965) van Joseph Kosuth. Daarin toonde hij een stoel, een foto van die stoel en een definitie van een stoel met de vraag welke de echte is. Voor een digitaal beeld is dit letterlijk hetzelfde: de code als tekst is een letterlijke beschrijving van elk punt van het 3D-object, de 2D-afbeelding is het computerscherm dat het 3D-object platdrukt en de stoel is in deze vergelijking een gematerialiseerde versie van het digitale 3D-object.

De meeste digitale beelden, wanneer we ze te zien krijgen, vallen niet meer onder beeldhouwkunst. Deze worden bijna altijd delen van virtuele-realiteits-installaties of (animatie)video's. Een voorbeeld is het werk van Mark Leckey. Daarin is het werk *Rabbit* (1986) van Jeff Koons te zien, een roestvrijstalen beeld. Het staat in een ruimte op een sokkel en een camera draait voortdurend om het werk heen. De *rendering* van de sculptuur is zo realistisch dat ze niet van realiteit te onderscheiden is. In de video van Leckey wordt de digitale aanwezigheid verraden door de onzichtbare camera die typerend is voor een virtuele omgeving. Dit is een voorbeeld van een sculptuur die er in een video geen meer is.



(Illustratie 21: Mark Leckey. *Made in 'Eaven*. 2004, Video.)

¹⁶⁰ 2.5D of pseudo-3D is een mix van twee- en driedimensionaal. Een soort ondiep reliëf met 3D-effect.

Virtualiteit geeft problemen rond tentoonstellen. Musea en galerijen (de *white box*) zijn niet geschikt voor virtualiteit. Een kenmerk van een digitaal beeld is de *interface* waarmee er rond het werk genavigeerd wordt. Een sculptuur is driedimensionaal en moet *door de kijker zelf* in al haar dimensies kunnen worden bekeken. In CAD-programma's is dit via een computermuis of een tekentablet. Bij het werk van Jeffrey Shaw werd het werk door *augmented reality* zichtbaar door het scherm in de ruimte rond het virtuele beeld te bewegen (Illustraties 14, 15 en 16.) De kunstenaar Ken Kelleher maakt digitale ontwerpen voor sculpturen in de publieke ruimte. Om deze werken te visualiseren (en tentoon te stellen) maakt hij hiervan fotorealistische afbeeldingen en zijn de beelden door *augmented reality* zichtbaar (Illustraties 22 en 23).

Beelden kunnen te zien zijn in virtuele realiteit, maar virtuele realiteit zelf is in zijn geheel bekeken een eigen domein. Virtuele realiteit is een navigeerbare volledig digitale simulatie van een 3D-omgeving. Howard Rheingold beschreef in 1991 drie aspecten van virtuele realiteit: 1: immersie, 2: navigeerbaarheid, 3: manipulatie van de omgeving.¹⁶¹ De virtuele realiteit gaat realisme en abstractie voorbij door de virtuele ervaring, waarbij volledige immersie het hoofdkenmerk is. Eigen aan virtuele realiteit zijn die depersonalisatie en ontlichaming. Slavoj Žižek noemt in *virtual reality* zijn daarom, "een *replicant* zijn."¹⁶² Dit heeft een link naar het *simulacra* van Baudrillard: er is geen verschil tussen de ervaring van realiteit en het bestaan van het echte object.¹⁶³ Scott Bukatman noemde virtuele realiteit in 1993 "de belichaming van postmoderne ontlichaming (*disembodiment*)."¹⁶⁴ Participatie en immersie in tegenstelling tot passief toeschouwen vormt het grote verschil tussen beeldhouwkunst en virtuele-realiteitskunst.

Een digitaal sculptuur kan ook binnen een *game* geplaatst worden. Een *game* is geen virtuele realiteit door de afwezigheid van volledige immersie. Hierin kan de toeschouwer via een *controller* (de *interface*) zelf rond het beeld navigeren en het 3D-werk aanschouwen. Voor al deze redenen kan gezegd worden dat het werk nog steeds een sculptuur is. Voor virtuele beeldhouwkunst is dit een geschikt platform en een geschikte *interface* waardoor een toeschouwer het werk kan zien. Hierbij is het interessant dat virtuele beeldhouwwerken een manier van tentoonstellen hebben buiten musea en galerijen. Andere voorbeelden zijn digitale 3D-versies van bestaande musea of musea binnen online-werelden als *Second Life*. Dit is wat Cat Hope globaliteit en democratisch noemt: het werk buiten de galerij, voor iedereen toegankelijk, een fair platform.¹⁶⁵

¹⁶¹ Rheingold 1991, 34

¹⁶² Lovejoy 2011, 165-166

¹⁶³ Baudrillard 1994.

¹⁶⁴ Bukatman 1993, 188

¹⁶⁵ Hope 2014, 13-14

Deze tak van de beeldhouwkunst kent zeer weinig populariteit, zowel door de markt als de kunstenaars zelf. Wel zijn er veel kunstenaars actief binnen de virtuele wereld, maar hun werk heeft weinig met beeldhouwkunst te maken. Zoals Quaranta zegt: “De kunstgeschiedenis wordt geschreven door de musea, de markt en de galerijen. Veel kunstenaars geassocieerd met deze (virtuele) beweging gebruiken het internet bewust om ‘*the machinery*’ van de kunstwereld te omzeilen door werk te maken dat moeilijk of onmogelijk is om te verkopen.”¹⁶⁶ Toch is het interessant dat deze mogelijkheid bestaat, met het potentieel om in volgende jaren aan populariteit te winnen. Hoe meer de wereld digitaliseert, des te natuurlijker en voorkomend dit platform kan worden.

De computer en zijn programma’s geven ons de mogelijkheid multidisciplinair te zijn. De sculptuur kan gebruikt worden als afbeelding, video, animatie of het kan deel uitmaken van *games*, *net art* of virtuele realiteit.¹⁶⁷ We kunnen ons afvragen of in deze context het onderscheid tussen een beeldhouwer, een animatie/filmkunstenaar of een 2D-kunstenaar (tekenkunst of schilderkunst) gemaakt moet worden mits al deze resultaten eenzelfde bestand is dat met één klik kan worden omgezet? Het virtuele platform wordt vaak omschreven als een apart genre of nieuw medium; geen schilderkunst, geen fotografie en geen beeldhouwkunst hoewel er gelijkenissen zijn met alle drie.¹⁶⁸ Dit is een betere manier om te kijken. De computer heeft het potentieel om een beeldhouwer in een multimedia-kunstenaar te veranderen, omdat het een synthese van verschillende kunstvormen toelaat.¹⁶⁹ Hier is weer het verschil in intentie belangrijk.

¹⁶⁶ Quaranta 2016, s.p. (Een quote over de *net.art* beweging van de jaren 1990.)

¹⁶⁷ Wands 2006, 14

¹⁶⁸ Hope 2014, 28

¹⁶⁹ Idem



(Illustratie 22: Ken Kelleher. *Tropic of Capricorn*. s.a.)

(Illustratie 23: Ken Kelleher. *Bigfoot*. s.a.)

2.2.2. De conservatie van het digitale beeld

Het digitaliseren van de beeldhouwkunst geeft nieuwe problemen omtrent de conservatie van die werken. Om een digitaal werk te conserveren zijn er een aantal mogelijkheden waaronder de ideeën van “duurzaamheid door variabiliteit” en “permanentie door verandering”.¹⁷⁰ De eerste optie is het opslaan van het bestand op harde schijven, *disks* en *databases*. Organisaties als de *Variable Media Network*, *Matters in Media Art*, *Inside Installations*, en *DOCAM* hebben belangrijke stappen ondernomen om digitale werken te conserveren.¹⁷¹ *DOCAM* (*Documentation and Conservation of the Media Arts Heritage*) is een organisatie voor het conserveren van digitale werken gestart in de jaren 1990. Het nadeel van deze methode is dat het werk verloren gaat wanneer de apparaten waarop ze staan opgeslagen niet meer werken of niet meer gelezen kunnen worden. Een andere optie is het *updaten* van die media en ze vervangen door nieuwe versies. Hierbij wordt wel de vraag opgeroepen of het werk dan nog hetzelfde is? De digitale vormen van Latham hadden door het scherm van een jaren 1980 computer een andere esthetiek dan door een modern computerscherm. Een mogelijke oplossing hier kan ‘emulatie’ zijn en de effecten van het werk recreëren binnen een modern medium.¹⁷²

Een digitaal werk kan gematerialiseerd worden als tactiek voor conservatie. De notie van kunst als uniek object brengt verschillende problemen met zich mee voor het begrijpen van digitale kunst.¹⁷³ “De referentietaat van een object werd vervangen door het concept van de “identiteit” van een werk, die al dat wat behouden moet worden beschrijft om te voorkomen dat er iets van waarde verloren gaat in het kunstwerk.”¹⁷⁴ Om die reden is het tastbaar maken van een digitaal werk een manier om deze te beschermen en te conserveren. Digitaliseren zelf is daarentegen ook een manier om tastbare beelden te beschermen. The San Francisco Museum of Asian Art liet scans maken van werken uit de collectie, en maakte deze bestanden openbaar.¹⁷⁵ Het idee van ‘duurzaamheid door variabiliteit’: er zijn zoveel versies dat een het zal overleven. Ook grote monumenten zoals Mount Rushmore werden *ingescand* als ‘*back-up*’.

Een ander voorbeeld is het reconstrueren van de Arch van Palmyra die door de Islamitische Staat werd vernietigd. Door foto’s van toeristen en archeologen te combineren kon er een 3D-model van de poort gemaakt worden welke in Italië door het bedrijf TorART machinaal werd nageemaakt in marmer.

¹⁷⁰ Paul 2016, 566

¹⁷¹ Idem

¹⁷² Idem

¹⁷³ Paul 2016, 557

¹⁷⁴ Paul 2016, 566

¹⁷⁵ Paul 2016, 544

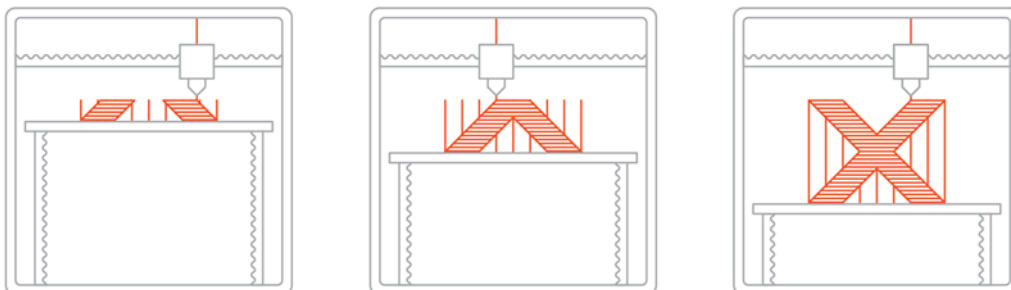
2.3. CAM

CAM staat voor *Computer Aided Manufacturing*, computergestuurde apparaten die code kunnen omzetten naar een tastbaar object. Zowel de CAD- als de CAM-wereld is een wiskundige en bestaat in een xyz- raster. Voorlopers van CAM bestaan in het *rapid prototyping* van onderdelen. Bij CAM-processen wordt een onderscheid gemaakt tussen additief en substractief: additieve processen voegen materiaal toe, substractieve processen nemen materiaal weg.

De CAM-programma's hebben minder creatieve mogelijkheden dan de CAD-programma's. Het programmeren van een CNC-freesmachines wordt gedaan met gespecialiseerde CAM-programma's. Hierin worden er simulaties gemaakt van het materialiseringsproces om eventuele collisions tussen de machine en het werk te vermijden, en om het eindresultaat te visualiseren. Het is daarom niet noodzakelijk deze programma's te bespreken, wel zijn de effecten die ze voortbrengen invloedrijk. Hetzelfde geldt voor additieve processen waarbij in de simulatieprogramma's de dikte van de toegevoegde lagen en de richting daarvan kan worden aangepast.

2.3.1. Additieve CAM

3D-printen, ook *rapid manufacturing* genoemd, is de bekendste vorm van additieve CAM. De meest gebruikte vorm is de stereolithografie, een techniek uitgevonden in 1984 door Charles Hull. Hierbij wordt een CAD-model digitaal in dunne opeenvolgende schijven gesneden. Die schijven worden laagje voor laagje op elkaar geprint door steeds een laagje materiaal, dat door verhitting vloeibaar werd gemaakt, op een ander al uitgehard laagje te printen. Het object staat op een platform dat telkens enkele millimeters zakt, of de printer verhoogt telkens. Zo kan er laagje voor laagje een stevig object worden geprint. Er bestaan veel verschillende manieren om dit te doen, maar het principe is het laagje voor laagje opbouwen van een 3D-object.



(Illustratie 24: Een schematische voorstelling het (FDM) 3D-printen.)

“Driedimensionale printers gebruiken het additieve proces, in tegenstelling tot meer traditionele subtractieve methoden om een object te maken (zie hierna in hoofdstuk 2.3.2). Driedimensionale printers laten innerlijke leegtes toe, genestelde elementen en kant-achtige structuren, niet mogelijk met traditionele machinale technieken die werken door het wegnemen van materiaal.”¹⁷⁶ Het is een revolutionaire techniek omdat er vormen mee mogelijk zijn die voordien nooit hebben kunnen bestaan. De printer kan vormen maken die traditioneel niet mogelijk zijn omdat de vorm laagje voor laagje wordt opgebouwd.

Er bestaan verschillende vormen van additief produceren. Een veelgebruikte vorm is de *Fused Deposition Modeling* (FDM) techniek. Die maakt gebruik van een printer die dunne laagjes thermoplastisch materiaal (kunststof) op elkaar plaatst. Bij *Selective Laser Sintering* (SLS), wordt telkens een laagje poeder op elkaar geplaatst en daarna door een laser gesmolten. Nog een andere manier werd geïnspireerd door de Terminator films. Bij deze *Continuous Liquid Interface Production* (CLIP of SLA) kan de vorm uit een bad van vloeibaar materiaal worden getrokken. In principe is elke vorm van een computergestuurde toevoeging van materiaal additieve CAM. Machines kunnen blokjes opstapelen tot een sculptuur als vorm van *additive manufacturing*.

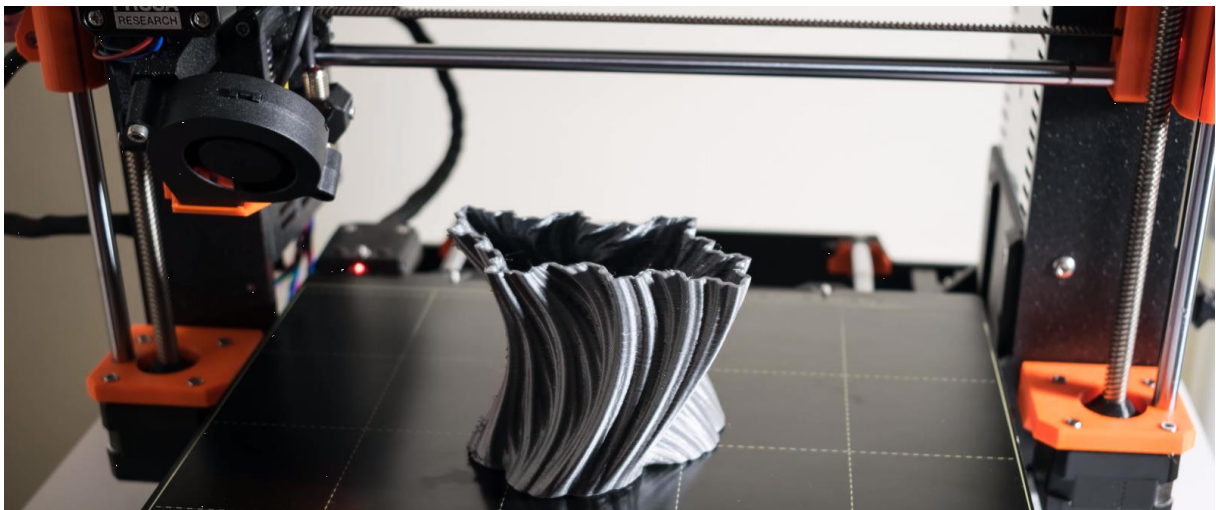
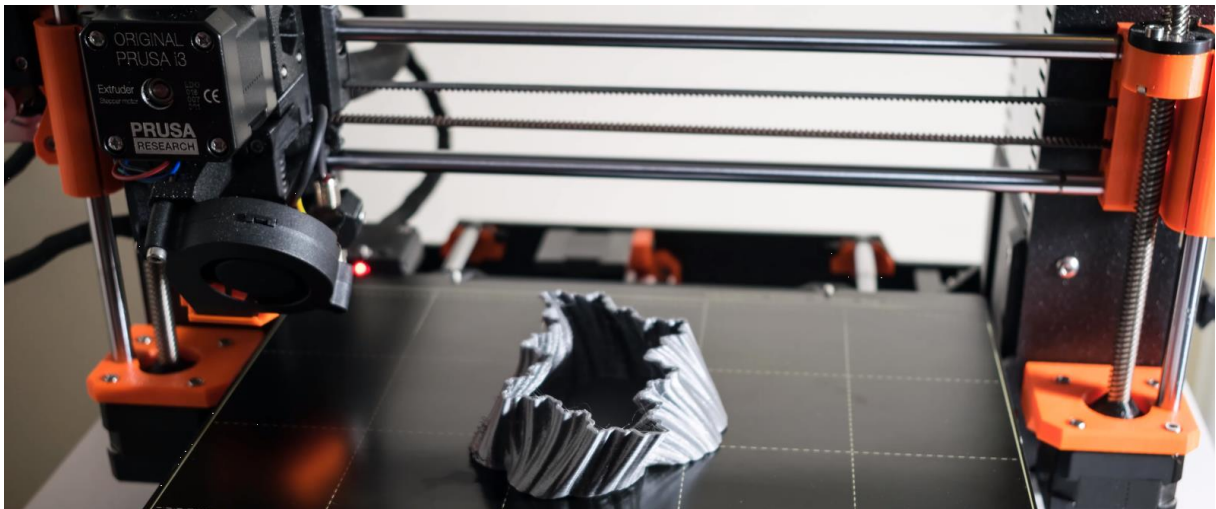
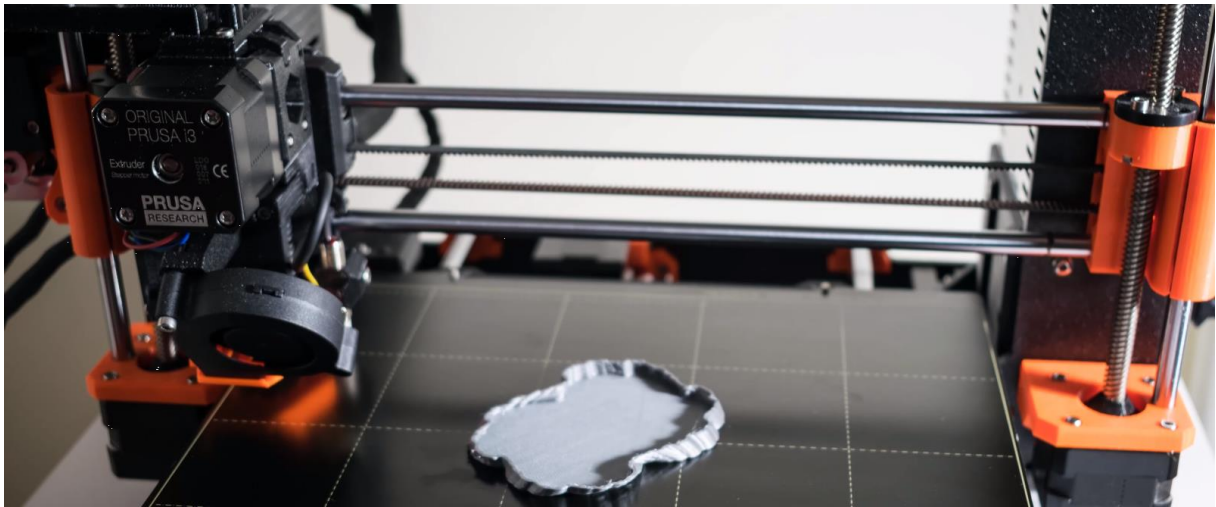
Bovendien bestaan er printers die in kleur kunnen printen. Dat het materiaal in lagen wordt opgebouwd zie je ook in de textuur van het oppervlak, vooral bij oudere of goedkopere modellen. Daarom wordt dit meestal weggewerkt tot een glad oppervlak, of wordt er gekozen voor een duurdere, fijnere print waar de lagen niet meer zichtbaar zijn. Een printer kan niet rechtstreeks in de lucht printen waardoor voor sommige modellen steunen nodig zijn. Meestal worden 3D-printers gebruikt voor kleinere sculpturen omdat het proces traag is en vaak beperkt door een gelimiteerd bereik van de printer. Voor grote afmetingen zijn 3D-prints vandaag nog zeer duur. De meest voorkomende materialen zijn plastics en kunststoffen. Ook materialen als rubbers, metalen als titanium en staal, en zelfs voedsel kunnen geprint worden. Vandaag zijn 3D-prints zeer toegankelijk en ruim vertegenwoordigd door bedrijven als bijvoorbeeld iMaterialise.

Toch kunnen er gezondheidsrisico's en milieuoverwegingen verbonden zijn aan het gebruik van 3D-prints. Bijna alle 3D-printers werken door het smelten van plastic filamenten waarbij dampen, fijne en ultrafijne deeltjes (UFP) en *Volatile Organic Compounds* (VOCs) vrijkomen. De emissies worden beïnvloed door de gebruikte grondstoffen, waaronder het type en de kleur van de filamenten, en door de kenmerken of het ontwerp van de printer zelf. Blootstelling aan de dampen en fijne deeltjes kan mogelijke gezondheidsproblemen veroorzaken; het inademen van bijvoorbeeld benzeen en methyleenchloride wordt in verband gebracht met kanker. Blootstelling aan hoge concentraties UFP-deeltjes, die door laserprinters worden uitgestoten, wordt in verband gebracht met een verhoogd risico op vroegtijdige sterfte.¹⁷⁷ Het gebruik en verwijdering van (laser) printbare materialen creëert een belangrijke bron van zowel fotopolymeer als het giftige metaal antimoon voor het milieu.¹⁷⁸

¹⁷⁶ Wands 2006, 79

¹⁷⁷ Yi, *et al.* 2016, s.p.

¹⁷⁸ Short, *et al.* 2015, 108



(Illustraties 25, 26 en 27: Het 3D-printproces van een vorm.)

2.3.2. Subtractieve CAM

Een CNC-freesmachine is een automatische freesmachine onder *Computer Numeric Control*. Dit betekent dat de machine haar snijgereedschap volgens de coördinaten kan bewegen die werden opgegeven door een computer. Telkens wanneer de ronddraaiende frees het materiaal raakt, haalt ze op die plaats materiaal weg. Wanneer de freesmachine alle coördinaten van het programma heeft doorlopen, en al het beschreven materiaal is weggenomen, blijft het beeld over (Illustratie 29). Er bestaan verschillende versies van CNC-freesmachines: *3-axis*, *5-axis* en *7-axis*. Hoe meer assen een machine heeft, hoe complexer het eindresultaat kan zijn.

Bij het maken van een sculptuur uit een massief stuk materiaal wordt de vorm eerst ruw gefreesd. Het ruwfreen is bedoeld om grote hoeveelheden materiaal weg te nemen en gebeurt met een ruwfrees met een grote diameter. Bij hout zijn zeer brede frezen mogelijk, bij steen is deze diameter beperkter, of wordt er gebruik gemaakt van een (CNC-)cirkelzaag om excessief materiaal te verwijderen. Frezen werken bij het ruwfreen in lagen waarbij telkens de contouren van het beeld uitgefreesd worden en trapsgewijs dieper in het materiaal gaan. Het resultaat is een zeer herkenbaar oppervlak dat eigen is aan de techniek. Die trapvorm wordt in een volgende stap weggewerkt door de machine door er met bolfrezen overheen te gaan (Illustratie 28).

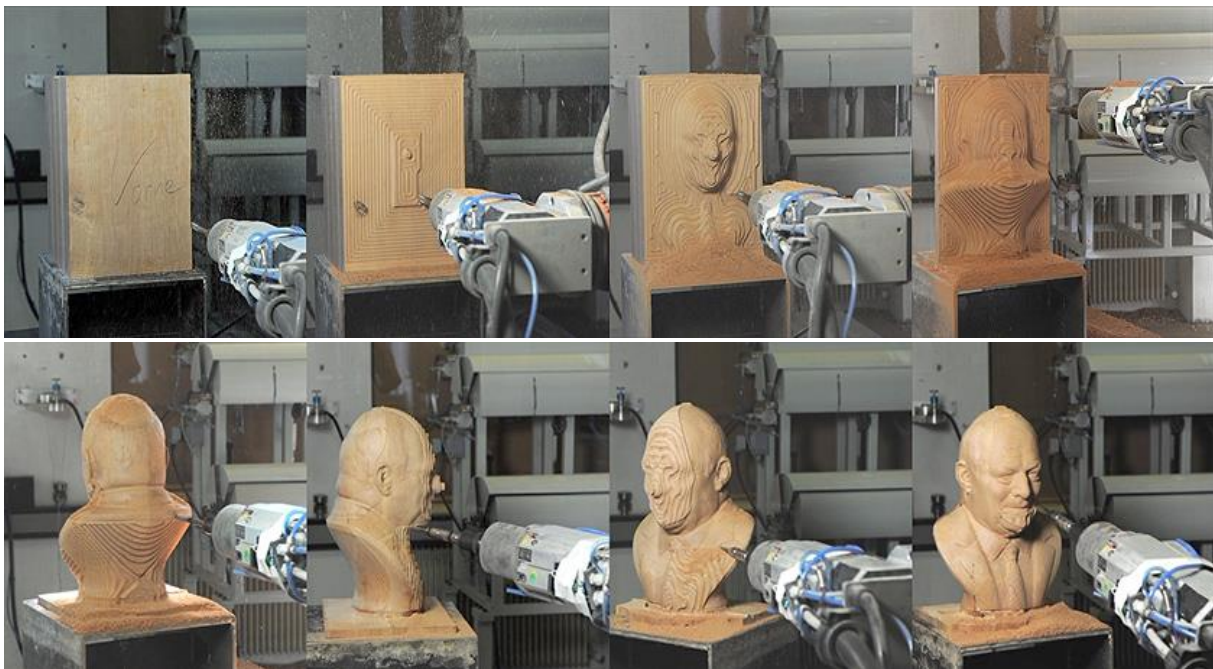


(Illustratie 28: Het freesproces met onderaan de sporen van het ruwfreen en bovenaan de tweede 'pas' waarbij de details worden uitgewerkt.)

Deze frezen laten sporen na: freeslijnen, en zien er uit als ondiepe groeven. Frezen gebruikt bij het maken van beelden hebben meestal een vlak of een bol uiteinde. Vlakfrezen zijn bedoeld voor het ruwfreen of om een oppervlak egaal af te werken en laten bijna geen textuur in het oppervlak achter, behalve de trapvorm bij het ruwfreen. Bolkopfrezen zijn bedoeld om organische vormen te frezen en laten groeven na omdat het uiteinde bol is, en de vorm van de frees in het materiaal gaat, waardoor een hol spoor wordt achtergelaten. Dit is wat de textuur in het werk *Ridges Over Time* (1968) van Charles Csuri veroorzaakte (Illustratie 5).

De bewegingen die een frees maakt, de *toolpaths*, zijn zo efficiënt mogelijk en worden berekend door het CAM-programma waarbij circulaire en rechte paden het vaakst voorkomen. De machine volgt vaak evenwijdige *toolpaths* met evenwijdige freeslijnen tot gevolg. Soms wordt er voor de details gewerkt met circulaire bewegingen wat een spoor vergelijkbaar met een vingerafdruk nalaat. CNC laat toe op groot en klein formaat en met traditionele materialen te werken. Een ronddraaiende, ronde frees haalt de sculptuur uit het materiaal. Aangezien de frees rond is, worden rechte hoeken afgerond, scherpe lijnen zijn (vaak) niet mogelijk met als resultaat een wazig/vervaagd uiterlijk. Dit is zichtbaar in illustratie 28 bij de oogleden en bij de overgang van het gezicht naar het haar. Een voordeel van CNC is dat het zeer nauwkeurig en snel werkt.

3D-frezen is slechts één voorbeeld van subtractieve CAM-technieken. Ook laser-, plasma- of waterjet-snijden is subtractief. Daarbij worden contouren uitgesneden uit 2D-platen die geassembleerd kunnen worden tot een sculptuur. Een andere mogelijkheid is werken met een CNC-draaibank of *lathe*. Tenslotte kan niet alleen de positieve vorm worden gefreesd, ook mallen kunnen zo gemaakt worden.



(Illustratie 29: Het CNC-freesproces van een buste.)

2.4. Van virtueel naar reëel

Wanneer een digitaal ruimtelijk werk gematerialiseerd wordt, is het spoor van de computer er vaak nog in te zien, los van duidelijk digitale bewerkingen als vervormingen of complexiteit. Hoe komt dit? Één reden voor het digitale uiterlijk zelf is dat die virtuele objecten zijn beschreven als een verzameling van polygonen. Gedetailleerde beelden (of *scans*) bestaan uit honderdduizenden polygonen, vaak zelfs vele miljoenen veelhoeken. Wanneer de resolutie van deze vaak zware bestanden wordt verlaagd, gebeurt dit door het groeperen van de kleine polygonen tot een grotere polygoon. Vier polygonen worden er dan bijvoorbeeld één. Daardoor wordt de vorm, die is opgebouwd als een 'net' of web van geometrische vormen, als het ware strakgetrokken wat een wazige of verzachte indruk teweeg brengt. De diepte, hoogte en fijne details worden bij dit straktrekken naar elkaar getrokken en de vorm wordt bijgevolg vlakker. Bij het verhogen van de resolutie worden polygonen in bijvoorbeeld drie of vier gesplitst. Wanneer dit gebeurt, worden er echter geen scherpe randen of nieuwe vormen gecreëerd of gerecreëerd. De bestaande vorm wordt eerder complexer door de hoeveelheid polygonen waaruit hij bestaat. Hoe meer polygonen, hoe meer oppervlakte om mee te werken en hoe meer detail mogelijk. Hoe lager de resolutie, hoe minder polygonen, en hoe primitiever of armer de vorm door verlies van diepte en details. Vormen waarbij de hoeveelheid polygonen zeer laag is zien er uit alsof ze uit grote vlakken zijn opgebouwd. Daar zijn zo weinig polygonen dat ze afzonderlijk zichtbaar zijn. Dit is vergelijkbaar met een digitale foto met een lage resolutie waarbij de afzonderlijke pixels als blokken zichtbaar zijn.

Uiteindelijk maakt de machine wat de computer heeft gemaakt. Een *rendering* van het digitale beeld en de tastbare vertaling daarvan zullen er beiden *gerenderd*, en dus digitaal, uitzien. Deze uitstraling wordt vergeleken met die van was. De wasachtige textuur wordt echter vaker veroorzaakt door zogenaamde *smooth-operaties*, dan door het verlagen van de resolutie. Ook hierbij trekt de bewerking aan de polygonen maar de hoeveelheid daarvan blijft constant. Zij zal de polygonen netter naast elkaar rangschikken, maar omdat de hoeveelheid hiervan onveranderd blijft worden ze naar buiten geduwd om mooi naast elkaar te passen. Een inkeping in het oppervlak, door naar binnen gerichte polygonen, zal door een *smooth-brush* worden weggewerkt door deze naar het oppervlak te trekken en naast de andere veelhoeken te rangschikken. Deze *smoothness*, hoe ook tot stand gekomen, is een belangrijk uiterlijk aspect van digitaal gemodelleerde objecten.¹⁷⁹

¹⁷⁹ Cubitt 1998, 79



(Illustratie 30: Paul McCarthy. *White Snow*, *Bookends*. 2013, Rendering.)

(Illustratie 31: Paul McCarthy. *White Snow*, *Bookends*. 2013, Amerikaanse zwarte walnoot, Horizontaal: 365,8 x 304 x 444 cm, verticaal: 444 x 303,7 x 365,8 cm. Installatie: Hauser and Wirth.)

Een dergelijke uitstraling is na CAM-processen vaak te zien. CNC heeft het effect rechte hoeken af te ronden waardoor de resultaten diezelfde wazige of verzachte uitstraling hebben als zijn digitaal *gerenderde* virtuele tegenhanger. Het wazige effect komt mede doordat de frezen van een CNC-machine tot een bepaalde diameter gelimiteerd zijn. Sommige frezen voor hout draaien aan een snelheid van meer dan 18.000 rotaties per minuut en nemen een relatief hard materiaal weg. Frezen die tot de kleinste details kunnen komen, zijn door hun diameter in lengte gelimiteerd. Een zeer lange en zeer dunne frees is niet sterk genoeg en wordt niet (vaak) gebruikt. Hierdoor is het realiseren van sommige details in diepte gelimiteerd en daarom ondiep of vlak, net zoals de digitale uitstraling. Een belangrijk gevolg van het freesproces is dat er een gelijke maximale diepte is, wat het geheel een onmenselijk en machinaal uiterlijk geeft. Dit is bijvoorbeeld zichtbaar in het werk van Barry X Ball waarbij ook de prefect evenwijdige loop van de freeslijnen zichtbaar is (Illustratie 63). In onderstaand voorbeeld de uniforme diepte in het oppervlak waarbij de freeslijnen werden weggewerkt, doch tijdens het gladschuren gaan opnieuw details verloren (Illustratie 32). Bij een nauwkeurige 3D-print zal het printresultaat automatisch veel dichter bij het digitale ontwerp liggen en eigenlijk hetzelfde onscherpe of wasachtige effect tonen.



(Illustratie 32: Paul McCarthy. *White Snow, Cindy*. 2012, Amerikaanse zwarte walnoot, 114,3 x 129,5 x 129,5 cm.)

Daarenboven is het perspectief “in de realiteit” anders dan digitaal. Lev Manovich heeft het over een constructie van perspectief, mogelijk gemaakt door het automatisch genereren van een perspectiefafbeelding van een geometrisch model: een beeld van een virtuele wereld gezien door een virtuele camera.¹⁸⁰ Hij beschrijft drie stappen in het automatiseren van zicht: 1: De renaissance uitvinding van het perspectief, 2: De camera en de automatisering van perspectief en 3: De geometrische visie van de computer, een wereld zonder de limitering van één perspectief.¹⁸¹ De programma’s berekenen perspectiefvervorming. Het perspectief is relatief, staat beschreven in het programma als effect en werkt volgens een gemiddelde ooghoek van kijken. Het kijkperspectief kan aangepast of uitgeschakeld worden. Het is een manier om een 3D-object op een 2D-scherm te tonen en de illusie van ruimtelijkheid op te wekken. Ook Sean Cubitt beschrijft het perspectief als een effect.¹⁸² *Perspective projection* simuleert optische verkorting, wat een belangrijk kenmerk is van ons kijken. Hierdoor lijkt een object in de verte kleiner, en een object van dichtbij groter. De programma’s kunnen het perspectief *ongeveer* berekenen voor het *gemiddelde* oog.¹⁸³ Omdat die berekening van een gemiddelde uitgaat klopt dit niet voor iedereen, waardoor voor sommigen het digitale perspectief niet overeenkomt met het werkelijke perspectief. Ook kunnen verschillende programma’s gebruik maken van andere berekeningen of kan het perspectief verkeerd ingesteld staan. Een werk dat gemaakt werd door de lens van een afwijkend perspectief ziet er in de fysieke werkelijkheid afwijkend uit. Dit kan zeer subtiel zijn en geeft het gevoel van een scherm, iets digitaal, alsof het object niet in de materiële wereld thuishoort.

Werken die digitaal werden gemaakt en daarna gematerialiseerd werden zijn vaak fotogeniek. Volgens Michael Sanchez is een “werk gemaakt met zijn circulatie als afbeelding in het achterhoofd”.¹⁸⁴ Er kan gespeculeerd worden of de perspectiefvervorming van een foto een gunstige invloed heeft op het vervormde beeld, of dat deze door de lens van de camera op het scherm gecorrigeerd wordt. Misschien past een foto op een vergelijkbare manier perspectiefvervorming toe, zoals Manovich de camera een automatisch perspectiefapparaat noemt. Een camera verandert een 3D-voorwerp in een 2D-afbeelding en kan om vele redenen het perspectief verstoren. Het kadreren van het werk door een foto kan een andere kijk op de compositie geven. Het zal minstens het beeld geven dat de beeldhouwer in zijn CAD-programma zag. Het zien van het werk op een computerscherm in een CAD-programma zorgt voor een andere kijk dan werken in een atelier of bekijken in een galerij; er is geen duidelijke schaalgrootte, geen voorwerpen op de achtergrond, constant licht en het kader rond het scherm. Deze kenmerken komen weer terug bij het fotograferen van de sculptuur.

¹⁸⁰ Hansen 2006, 95

¹⁸¹ Hansen 2006, 95-96

¹⁸² Cubitt 1998, 78

¹⁸³ <https://www.scratchapixel.com/lessons/3d-basic-rendering/perspective-and-orthographic-projection-matrix>

¹⁸⁴ Sanchez 2013, s.p.



(Illustraties 33 en 34: Frank Benson. *Juliana (detail)*. 2014-15. Links virtueel en rechts een 3D-print.)

Digitaal gerealiseerde werken hebben een sterke frontaliteit, waarschijnlijk mede door het automatisch frontaal perspectief in CAD-programma's en het behandelen van het beeld als een afbeelding door het 2D-scherm. De programma's hebben kijkhoeken of perspectieven die geselecteerd kunnen worden: er kan bijvoorbeeld een vooraanzicht, bovenaanzicht, rugaanzicht of zijaanzicht geselecteerd worden. De aanzichten daartussen worden daardoor wel eens vergeten of krijgen niet genoeg aandacht. Het met de muis navigeren en zoomen van het beeld is anders dan fysiek rond een beeld lopen en afstand nemen: de beleving van driedimensionaliteit is anders. Dit is volgens mij de voornaamste reden voor de frontaliteit.

De afwezigheid van een menselijke toets is een element van het digitale uiterlijk in de fysieke ruimte. Dit komt zowel door het maakproces als door het materialisatieproces. In een CAD-programma kan tot in het kleinste detail ingezoomd worden en met de fijnste borstel kunnen de subtielste vormen gemaakt worden, steeds perfect symmetrisch. Met andere borstels of textuur-mappen kunnen complexe texturen zoals bijvoorbeeld een hyperrealistische huid verkregen worden. De vormen hebben de neiging er net iets té perfect uit te zien, "als de beeldentaal van geavanceerde animatietechnologie".¹⁸⁵ Moderne CNC-freesmachines en 3D-printers zijn onmenselijk nauwkeurig tot op een fractie van een millimeter, een afwijking onzichtbaar voor het oog.

¹⁸⁵ Garkavenko 2014, s.p.

2.5. Van het atelier naar de computer

2.5.1. Het atelier en de computer

“Are we approaching a world that’s being turned into a programmer’s desk? Actually, yes, and the more clearly you envision a world just like that, the closer you are to seeing the world that is actually going to happen.”
(Douglas Coupland)¹⁸⁶

Er is, ondanks de gelijkenissen, toch een groot verschil tussen werken in een atelier en werken op een computer. “(...) *Plein air* schilderijen van het impressionisme werden mogelijk gemaakt door de innovatie van de tube om verf te vervoeren. De ervaring van aan een computer te zitten en materiaal te genereren vanuit een rechthoekig scherm, moet ook in vraag gesteld worden als duidelijk deel van het kunstwerk zelf.”¹⁸⁷ Het zittend werken achter een computerscherm zorgt voor een andere kijk dan werken in een atelier; er is geen schaalgrootte, geen fysieke navigatie, geen tastbaar of gedefinieerd materiaal, geen achtergrond, constant licht, afwijkend perspectief enzoverder. Zo komen werken tot stand die in een atelier nooit gemaakt zouden zijn. Deze scheiding is in werkelijkheid echter zelden zwart-wit met vaak een wisselwerking tussen reëel en virtueel.

Het falen of *crashen* van technologie, in de vorm van *glitches*, *bugs*, applicatie *errors*, systeem *crashes*, *clipping*, vervorming en *noise*, heeft geleid tot een palet van creatieve mogelijkheden voor kunstenaars.¹⁸⁸ Er bestaat een mogelijkheid tot samenwerking met een computer. Dit kan door programma’s te schrijven die worden uitgevoerd door de computer met onverwachte resultaten tot gevolg, of het gebruiken van toevalligheden in het maakproces. Werken kunnen zo gegenereerd worden die anders nooit tot stand waren gekomen. “Sommige kunstenaars kunnen ervoor kiezen om de paradox van *“mass-produced unique objects”* aan te kaarten. Maar ook al is het geen openlijk onderdeel van de inhoud van een werk, verdient het unieke in de generatieve kunst de aandacht van critici en kunstenaars”.¹⁸⁹ Dit zijn manieren waarop beeldhouwwerken, inhoudelijk of fysiek, op een andere manier tot stand konden komen door het gebruik van een computer. Daarbij vervaagt het internet de lijn tussen productie, distributie en consumptie binnen de kunstwereld.¹⁹⁰

Kunstenaars kunnen door hun interesse in digitale cultuur door een dergelijke thematiek bij CAD of tot andere digitale manieren van werken komen. Kunst in reactie op het internet gaat over verandering van identiteit, politieke vrijheid, gedrag en code van representatie.¹⁹¹ Kunst over digitale cultuur neigt naar redeneren en representeren, een verhaal, een bewijs of stelling, of een metafoor voor een toestand van effect door digitale realiteit.¹⁹² Ze probeert het digitale gevoel over te brengen.

¹⁸⁶ Coupland 2016, s.p.

¹⁸⁷ Gronlund 2017, 103

¹⁸⁸ Hope 2014, 203

¹⁸⁹ Paul 2015, 169

¹⁹⁰ Heiser 2009, s.p.

¹⁹¹ Gronlund 2017, 1

¹⁹² Idem

De huidige digitale cultuur is een *copy-and-paste cultuur* met massale appropriatie, wat zich veelvuldig voordoet in de hedendaagse (digitale) beeldhouwkunst.¹⁹³ Voorbeelden hiervan worden besproken in hoofdstuk 3.1.3. Het internet is sterk gefocust op het delen van informatie, afbeeldingen, video's en muziek. Vaak zijn deze veranderd ten opzichte van het origineel door een filter, een toegevoegd sarcastisch commentaar of bewerking met Photoshop. Het is een interessante parallel dat er talrijke voorbeelden bestaan binnen de hedendaagse beeldhouwkunst waar een bestaande sculptuur werd vervormd binnen een CAD-programma.

Kunstwerken kunnen door *scans* of *open-sourcing* verspreid en aangepast worden. De combinatie van heel verschillende uiteenlopende elementen, voorwerpen, technieken en een veelheid aan informatie is een belangrijke tactiek vandaag.

Hybriditeit is de combinatie van elementen in een nieuwe samengevoegde (*unified*) vorm. Volgens Hope zijn hier drie vormen van, 1: het vervagen van de materiële en digitale werelden, een unieke hybride-realiteit waarin werken worden gezien, ervaren en geconserveerd, 2: het samenvallen van disciplines, 3: de combinatie van verschillende media (...) in nieuwe werken.¹⁹⁴

¹⁹³ Gronlund 2017, 9

¹⁹⁴ Hope 2014, 31-32

2.5.2. De positie van ambacht en handwerk

“The carpenter, lab technician, and conductor are all craftsmen because they are dedicated to good work for its own sake.”
(Richard Sennett)¹⁹⁵

Het machinale staat vaak voor perfectie, handwerk voor imperfectie en authenticiteit. Programma's als Zbrush, Maya, Rhino en Solidworks zijn berucht omwille van hun lange leercurve. Door CAD gaat ambacht of traditie niet verloren, integendeel, het maakt de traditie juist toegankelijker en interessanter voor een grote nieuwe generatie. De *game*-industrie is een miljardenindustrie waarvoor vele digitale modelleurs werken. Zij zijn de figuratieve beeldhouwers van vandaag en houden de traditie meer in leven dan de hedendaagse kunstwereld. Hun klei is virtueel en de ambacht, het maakproces van een ruimtelijk werk, zit in het CAD-programma.

*“Skill is a trained practice; modern technology is abused when it deprives its users precisely of that repetitive, concrete, hands-on training. When the head and the hand are separated, the result is mental impairment—an outcome particularly evident when a technology like CAD is used to efface the learning that occurs through drawing by hand.”*¹⁹⁶

Volgens Sennett wordt technologie misbruikt wanneer het ontwikkelen van een vaardigheid wordt uitgewist bij het wegnemen van repetitie en training, omdat door CAD-programma's het hoofd van de hand wordt gescheiden en daardoor het handmatige leerproces wordt beïnvloed, wordt weggecijferd. Een voorbeeld hiervan is het automatisch genereren van geometrische vormen in programma's als Rhino en Solidworks. Een perfecte kubus, bol, kegel en alle mogelijke varianten daarop hoeven niet meer gemaakt te worden maar zijn geautomatiseerd. Geen enkele digitale beeldhouwer zal ooit oefenen op het maken van een perfect wiskundig lichaam. Maar is dit een gemis? Gaat hier iets verloren? Een eenvoudige *primitive*, een basisvorm, is inderdaad met één klik gemaakt, maar vanaf dan is het verdere werkproces allesbehalve automatisch. Er is een niet te onderschatten hoeveelheid *skill* voor nodig. Het klopt dat het dupliceren en kopiëren in CAD-programma's herhaling wegneemt, maar dat is niet de vaardigheid die hier wordt ontwikkeld. De hand wordt trouwens ook niet gescheiden van het lichaam. Het programma wordt aangestuurd door de hand: we klikken, dankzij onze vaardigheid in het programma, de opties aan om het werk te maken. Quotes als de bovenstaande leggen te veel nadruk op, en geven te veel erkenning aan de programma's. Een hardnekkige en naïeve mythe is dat het werken met een computer om een beeld te maken simpelweg 'op een knop drukken' is.¹⁹⁷

¹⁹⁵ Sennett 2008, 20

¹⁹⁶ Sennett 2008, 52

¹⁹⁷ Taylor 2014, 267

Het CAD-programma is niet volledig automatisch en allesbehalve gemakkelijk. In de eerste quote beweert Sennett dat ambacht het goed doen van iets voor zijn eigen belang is (*good work for its own sake*). Deze traditie bij het maken van een origineel werk is vandaag niet weg maar leeft verder in het CAD-programma, naast de ambachtelijke sculpturale traditie. In het CAD-programma speelt het volledige ontwerpproces zich af: de dialoog tussen degene die maakt en datgene dat gemaakt wordt. Het proces is geen transactie: het idee dat data worden ingevoerd en het resultaat conform de instructie is, is een misvatting. CAD is een *andere* manier om tot een resultaat te komen, geen *automatische* manier.

Zeggen dat ambacht verloren gaat, is als zeggen dat door de uitvinding van de fotografie de portretschilderkunst zou verdwijnen. Het is waar dat een deel van het handmatig proces vaker zal worden uitbesteed omdat voor het maken van een kopie het niet nodig is om dat handmatig te doen. Zoals een portret veel vaker met een foto wordt gemaakt, dan dat het wordt geschilderd. Met het maken van een kopie wordt het dupliceren van een werk, of vertalen van een werk, virtueel of reëel, naar een ander materiaal bedoeld. Eigenlijk is er geen reden meer om iets handmatig te kappen, als het doel het maken van een kopie is.

Het is onwaar dat de beeldhouwer hierdoor potentiële vondsten misloopt, niet meer verbonden is met het maakproces en een ingeving in compositie of een toevallige flits van creativiteit misloopt omdat de focus dan verkeerdelijk wordt gelegd op de machine, die alleen maar kopieert. Het maakproces zit in het CAD-programma, niet in het materialiseren daarvan. Dit is hoe het altijd heeft gewerkt: er wordt eerst een model of een voorbeeld gemaakt en dat wordt vertaald naar een bepaald materiaal op een bepaalde schaal. Dit kan bijvoorbeeld in brons gegoten, of in steen of in hout gekapt worden. Vergelijkbaar is dat een kunstenaar een kleimodel aan een bronsgieter levert en een bronzen exemplaar terug krijgt: een bronsgieter neemt een beeld in klei en geeft een bronzen kopie terug, een CAM-machine neemt een virtueel bestand, maakt deze materieel, en geeft een tastbaar beeld terug. De bronsgieter heeft het model alleen van materiaal veranderd zonder andere toevoeging, net zoals een CAM-machine dat vandaag doet. Wanneer de machine begint is het werk al gemaakt.

Het maakt niet uit hoe een werk wordt uitgevoerd, wanneer er in dat proces niets wordt gezocht. Sommige werken beginnen als idee, die, al handmatig uitvoerend, veranderen of evolueren naar resultaten die afwijken van het oorspronkelijke idee. In voorbeelden zoals deze wordt er in het uitvoerende proces iets gevonden en krijgt het werk al doende vorm. Maar als een idee, ontwerp of origineel alleen maar uitgevoerd wordt, voegt het handmatige proces niets toe. Het tentoonstellen van een stenen beeldhouwwerk dat machinaal werd vervaardigd en waarbij de machinesporen werden weggewerkt is niet hypocriet. Indien de beeldhouwer zoekt naar toevalligheden bij het kopiëren van een werk naar een ander materiaal dan moet hij handmatig werken en het proces niet uitbesteden. Het toch handmatig uitvoeren van een kopie geeft het uitvoeren een performatief aspect.

2.6. Markt en prijs

Er zijn ook economische gevolgen voor de kunstwereld en meer bepaald voor de beeldhouwkunst. Wat doen de mogelijkheid tot massaproductie en het wegvallen van de arbeidsuren met de prijs? Wat doet het met de prijs van handwerk tegenover machinale kopieën? Kunnen digitale/virtuele beelden worden verkocht? Het is een kwestie van tijd voordat machines handwerk kunnen evenaren en dat het machinale niet van handwerk te onderscheiden zal zijn. Dit zal de markt voor ambacht verkleinen. Enkel exclusiviteit aan de top van de markt zal overleven. Door meer concurrentie als gevolg van een kleinere markt zal een werk moeilijker te verkopen zijn. Een in steen gespecialiseerde beeldhouwer zal merken dat de markt wordt overspoeld met stenen sculpturen door het toegankelijker en goedkoper worden van CNC waardoor hij zijn werk moeilijker kan verkopen.

In de kunstwereld is ambachtelijkheid vandaag al lang niet meer datgene wat kunst waarde geeft. Eigenlijk is er in de kunstwereld geen invloed in de prijs op te merken.¹⁹⁸ Kunstenaars gebruiken tegenwoordig machines en vroeger assistenten. Beeldhouwers die nu werken zonder assistenten zullen merken dat ze, door gebruik te maken van robotica, meer werk kunnen produceren. Wat in steen traditioneel een maand duurt om te maken, kan met een machine op een paar dagen. Waar deze kunstenaar voorheen de werkuren moest doorrekenen in zijn prijs, zal hij nu met zijn prijs kunnen zakken en mogelijk een nieuw cliënteel of een nieuwe markt kunnen vinden. Toch moet opgemerkt worden dat werken met CAD en CAM verre van goedkoop is. De hoge opstartkosten van een project zijn een van de grootste moeilijkheden van CAD en CAM.¹⁹⁹ Soms gebeurt dit in eigen beheer van de kunstenaar, maar veel vaker in de vorm van onderaanneming bij bedrijven.

De prijs van virtuele beeldhouwkunst is echter een probleem. 2D- of 3D-prints worden in plaats van het fysieke werk verkocht en zijn vaak disproportioneel duur. Eigenlijk zijn er geen grote veranderingen in de kunstmarkt.

¹⁹⁸ Gronlund 2017, 198

¹⁹⁹ Seed 2017, s.p.



(Illustratie 35: Jeff Koons. *Popeye*. 2009-2012, Graniet en planten, 198,1 x 133 x 72,1 cm. Reeks van 3.)

Hoofdstuk 3 - Hedendaags gebruik van CAD en CAM

3.1. De kenmerken van CAD en CAM in de hedendaagse beeldhouwkunst

3.1.1. Artist's assistants: puur functioneel gebruik

De grootste groep gebruikers maakt functioneel gebruik van de CAD/CAM-technologie zonder creatieve toevoeging. Zij gebruiken de technieken voor het produceren, vergroten, verkleinen of vermeerderen van hun werk. Dit is een typisch voorbeeld van het gebruik als *tool*. CNC-freesmachines kunnen bijvoorbeeld het ruwe werk bij steenkappen vervangen om snelheid te winnen of om een werk te kopiëren in nieuw materiaal. Hedendaagse kunstgieterijen zoals de *Walla Walla Foundry* hebben steeds vaker een CAD/CAM afdeling. Daar bieden ze materialen zoals steen en hout aan die ze kunnen CNC-frezen, of plastics en kunststoffen die ze kunnen 3D-printen. Het voornaamste gebruik van CAD/CAM is het vergroten of verkleinen van een werk, het functioneel produceren, dit meestal in de vorm van uitbesteding of een opdracht.

De machine is in deze werken onzichtbaar gemaakt, omdat het niet relevant is hoe ze zijn gemaakt: de computer heeft niets toegevoegd, de machine heeft niets gedaan dat de beeldhouwer niet kon. De stenen werken van gevestigde hedendaagse kunstenaars worden al een tijd zo gemaakt. Het *Johnson Atelier, Technical Institute of Sculpture*, was een bedrijf voor het versnellen van technische processen zoals vergroten van maquettes en het CNC-frezen van steen. Dat bedrijf werd gekocht door Jeff Koons om er voortaan exclusief zijn beelden te produceren. Daar werd het werk *Popeye* (2009-2012) in zwart graniet gefreesd en daarna handmatig gladgeschuurd (Illustratie 35).²⁰⁰ Deze afwerking is een opvallend kenmerk van dergelijke beelden die steeds een egaal gladde, vaak gepolijste huid hebben door het wegschuren van de machinesporen. Eveneens kenmerkend is het werken in reeksen en het gebruik van verschillende materialen. Dit is vergelijkbaar met het werken met assistenten.

Onlangs verscheen het artikel: '*Who Needs Assistants When You Have Robots?*', waarin stond dat Jeff Koons een groot deel van zijn personeel had ontslagen in ruil voor een "gedecentraliseerd en automatisch" atelier met robots.²⁰¹ Zijn productievermogen is sinds 2012 verdrievoudigd.²⁰²

²⁰⁰ Lukášová 2018, persoonlijk interview (zie bijlagen)

²⁰¹ Schneider 2019, s.p.

²⁰² Corbett 2015, s.p.

3.1.2. Effecten bereikbaar door het gebruik van CAD

“There is a tendency to ask it to perform what it most likes doing, or at least what it does most fluently, so we have to come to recognize a computer graphics style.”
(Richard Hamilton)²⁰³

In de overstap van traditionele media naar een digitale CAD-manier van werken gaan verschillende kunstenaars met dezelfde mogelijkheden van het programma aan de slag. Typische voorbeelden daarvan zijn het ‘uit-elkaar-trekken’, ‘verdraaien’ en het ‘door-elkaar-schuiven’ van werken door het wegvallen van materiaaleigenschappen (hoofdstuk 2.1.). Kunstenaars als Richard Dupont (Illustratie 43), Dan Collins (Illustratie 44) en Wim Delvoye (Illustratie 45) hebben allen een ‘*twisted*’ serie. Werken als deze zien we zeer veel omdat ze in ieder programma mogelijk zijn en logischerwijs het eerste is waar nieuwe gebruikers (beeldhouders) op stoten. Bij het leren van het programma is een verkeerde klik snel gemaakt met een vervorming tot gevolg. Dit wil niet zeggen dat deze werken bij toeval of door fouten tot stand kwamen, wel dat ze zeer eenvoudig te maken zijn met ieder CAD-pakket, gratis of betaald. Op de effecten na zijn deze werken allemaal zeer verschillend, met verschillende achtergronden, ideeën en redenen voor het gebruik van computers.

Het uit-elkaar-getrokken effect is te zien in het werk van verschillende kunstenaars. Ter vergelijking een werk van Tony Cragg en een werk van Richard Dupont die wijzen op de gelijkende effecten van CAD-vervorming in de lengte volgens een golvende beweging (Illustraties 36 en 37). Het werk van Dupont vertrok vanuit een *3D-scan* van een lichaam dat door vervorming onherkenbaar werd gemaakt. Ook Cragg werkte met herkenbare vormen, in de rechterhoek van het werk in illustratie 37 is het profiel van een gezicht te herkennen. Dezelfde bewerking is terug te vinden in de werken van Keith Brown, Jon Rafman en Robert Lazzarini (Illustraties 38 tot en met 42).

De techniek maakt het effect van perspectieffervorming mogelijk. Een voorbeeld van distorsie in lengte en breedte van het werk is duidelijk zichtbaar in de reeksen *Skulls* (2000) en het werk *Gun V* (2008) van Robert Lazzarini en de reeks van Jaume Plensa (Illustraties 19 en 20, 46 en 47).

Spiegelingen in symmetrie zijn zichtbaar in het werk van Barry X Ball, Wim Delvoye en Paul McCarthy (Illustraties 48, 49 en 50). Barry X Ball gebruikt daarbij decoratieve elementen in het oppervlak. Binnen CAD-programma’s is de projectie van textuur mogelijk. Het werk van Ball werd gemaakt door het decoratieve patroon op de samengevoegde gezichten te projecteren. Dit is een basisfunctie die beschikbaar is in de meeste CAD-programma’s.

²⁰³ Gardiner 2010, 144

Illustraties 51, 52 en 53 tonen herhalingen samen met vergroting, verkleining of stapeling. Het werk van Do Ho Suh (Illustratie 51) werd gemaakt door steeds dezelfde figuur te herhalen, verkleinen en op de vorige te plaatsen. Illustraties 54 en 55 zijn voorbeelden van werken die ontstaan zijn door meerdere versies of werken te combineren. In de werken van Cragg en McCarthy werden vormen herhaald en vervolgens door elkaar geplaatst in wat Paul McCarthy "*abstracts through merging*" noemt. Zijn motivatie hiervoor wordt verder uitgelegd in hoofdstuk 3.1.3

Al deze afbeeldingen laten bovendien de complexiteit en de veelheid aan materialen zien. Kenmerken zijn het werken in reeksen, het gebruik van verschillende materialen en de complexiteit. Tony Cragg is een schoolvoorbeeld van een kunstenaar met een omvangrijk oeuvre die gebruik maakt van een enorme veelheid aan materialen. Zeer specifiek is het gebruik van de esthetische mogelijkheden van het CAD-programma in de vervorming tot abstracte werken. Deze werken geven een 'digitaal gevoel' en zouden zonder een computer niet zijn ontstaan.



(Illustratie 36: Richard Dupont. *Lauren, Marylene 3*. 2015, Lindehout.)

(Illustratie 37: Tony Cragg. *Caught Dreaming*. 2006, Brons.)



(Illustratie 38: Keith Brown. *Journey Through The Centre*. 2017, 3D-print.)
(Illustratie 39: Tony Cragg. *Willow*. 2016, Hout.)



(Illustratie 40: Richard Dupont, *Lauren, Marylene 2*. 2014-2015, Beschilderd brons.)

(Illustratie 41: Jon Rafman. *Manifold B*. 2015, Print, 60 × 40 cm.)

(Illustratie 42: KAWS en Robert Lazzarini. *Companion (black)*. 2010, Vinyl, 19,7 × 12,1 × 5,1 cm. Reeks van 1000.)



(Illustratie 43: Richard Dupont. *Untitled: Double Helix*. 2007, Gegoten gepigmenteerde polyurethaanhars, 73,66 x 20,32 x 20,32 cm.)

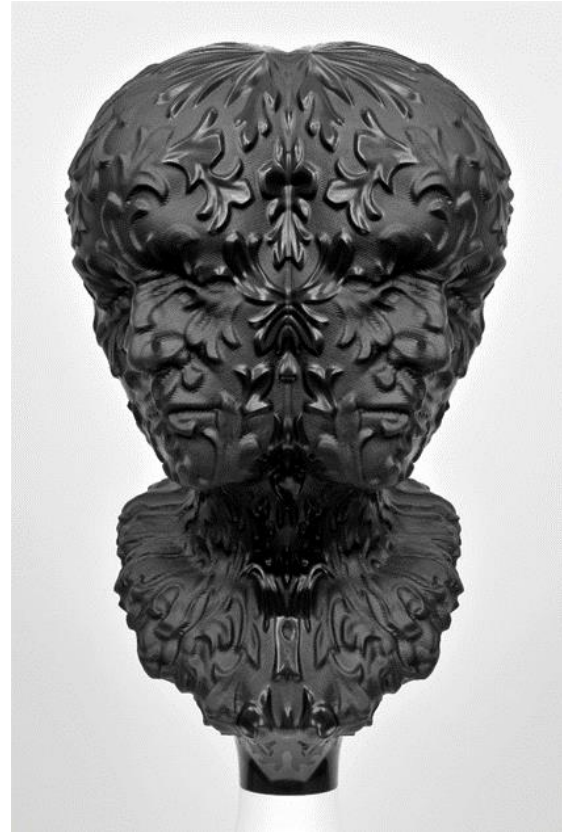
(Illustratie 44: Dan Collins. *Self-Portrait: Twister*. 2003, Urethaan, 213,36 cm hoog.)

(Illustratie 45: Wim Delvoye. *Putti Twisted (clockwise)*. 2013, Stereolithografie, 58 x 58 x 74 cm. Pushkin State Museum of Fine Arts, 2014, Moscow.)



(Illustratie 46: Robert Lazzarini. *Gun (V)*. 2008, Staal en notenhout, 26,7 x 16,5 x 7,62 cm.)

(Illustratie 47: Jaume Plensa. *In My Faith, In My Hope, In My Love*. 2018, Gietijzer, 3 elementen: 425 x 66 x 164 cm / 425 x 60 x 161 cm / 425 x 57 x 148 cm. Fredrikstad, Noorwegen.)



(Illustratie 48: Wim Delvoye. *Pegasus & Perseus Rorschach*. 2016, Brons, 61 x 61 x 78 cm.)

(Illustratie 49: Barry X Ball. *Jeanne (dual-portrait)*. 2007 – 2010, Belgisch zwarte marmer, 40 x 22,5 x 21,1 cm.)

(Illustratie 50: Paul McCarthy. *Detail of White Snow, Flower Girl*. 2012–2013, Amerikaanse zwarte walnoot, 91,4 x 61 x 45,7 cm.)



(Illustratie 51 (links): Do Ho Suh. *Karma*. 2010, Brons en verkoperd staal, 701 cm hoog. Reeks van 3 plus 1 exemplaar van de kunstenaar. Collectie Albright-Knox Art Gallery, Buffalo, New York.)

(Illustratie 52 (rechtsboven): Paul McCarthy. *White Snow, Erection*. 2012, Amerikaanse zwarte walnoot, 365,8 x 197,3 x 209,9 cm.)

(Illustratie 53 (rechtsonder): Oliver Laric. *François Willemè, Self Portrait*. 2016.)



(Illustratie 54: Tony Cragg. *Me and Me*. 2012, Brons, 119,9 × 103,9 × 93 cm.)

(Illustratie 55: Paul McCarthy. *White Snow Conglomerate*. 2014, Amerikaanse zwarte walnoot, 121,9 x 152 x 121 cm.)

3.1.3. Appropriatie en remakes, narratief en collaboratie

Appropriatie is een veelgebruikte manier van werken binnen de figuratieve CAD/CAM beeldhouwkunst. Immaterie als gevolg van appropriatie is een belangrijke strategie vandaag.²⁰⁴ Dit zowel van *game* personages, Disneyfiguren of antieke beelden. Opvallend veel werk rond personages in verschillende situaties.

In de reeks *White Snow* gebruikt McCarthy de Disneyfiguren van Sneeuwwitje en de zeven dwergen. De beelden zijn deel van een multidisciplinair narratief. De reeks omvat tekeningen, performance, video, virtuele realiteit, installatie en beeldhouwkunst. McCarthy gebruikt de computer voor “*abstracts through merging*” of ‘abstractie door samenvoegen’.²⁰⁵ Door de figuren samen te smelten worden vormen gecombineerd tot complexe ‘ruimtelijke collages’. Composities worden gemanipuleerd door te spelen met schaal en herhaling. Hoofden worden vergroot en personages worden gedupliceerd. De beelden zelf verschillen in formaat en materiaal. Een van de grootste beelden dat met een CNC-freesmachine werd gemaakt door de *Walla Walla Foundry* is het werk *White Snow, Bookends* (2013). Dat zijn twee enorme beelden waarin telkens twee keer Sneeuwwitje en de prins te paard te zien zijn. Die scene van Sneeuwwitje en de prins zijn in het grote beeld door elkaar (Illustraties 30, 31 en 57). De rug van het beeld wordt gevormd door het voetstuk van het tweede beeld. Alle beelden werden (handmatig) volledig glad geschuurd. Andere beelden in de reeks tonen Sneeuwwitje en Bambi, ook een Disneyfiguur en cultureel personage met narratief, dat door appropriatie werd gebruikt en vervormd. Ook deze is *ge-copy-and-paste* om tot zeer complexe composities te komen en uitgewerkt in rode brons (Illustratie 56). Interessant aan de reeks van Paul McCarthy is dat hij experimenteert met virtuele realiteit. Voor veel kunstenaars is CNC vaak een opstap naar het virtuele platform. Paul McCarthy over het gebruik van CAD:

*“In all of these pieces there’s an element I can’t predict. (...) “The thing that fascinates me about working with the computer to create these is that I’m looking at a screen, and on that screen, in a sense, I can only see one dimension. So I stick that object inside the other object. Then I have to turn it and rotate it to see how it has affected the other side, and I can only somewhat predict that. There’s a whole thing of turning it and then going, ‘Whoa. What the? The leg just went through the eye. Didn’t see that coming.’ That sense of the unpredictable – I’m interested in that.”*²⁰⁶

*“In a lot of ways these things create themselves. Like the big Singularity out there. I had made that as a form and had been working on it for a day and then all of a sudden I just thought, ‘Wow. What happens if I take that thing, double it and pull it up? What happens? Well, before we go, let’s do that.’ I was being careful, conservative, and then at one point, OK, let’s move, pull it up. Then it was like, ‘Oh my God, look what happened,”*²⁰⁷

²⁰⁴ Gronlund 2017, 19

²⁰⁵ <https://www.hauserwirth.com/hauser-wirth-exhibitions/5932-ws-spinoffs-wood-statues-brown-rothkos>

²⁰⁶ Rappolt 2015, s.p.

²⁰⁷ Idem



(Illustratie 56: Paul McCarthy. *Paul McCarthy: Spin Offs: White Snow WS, Caribbean Pirates CP*. Installatie zicht: Hauser & Wirth Zürich, 14 juni - 25 juli 2015. Brons.)

(Illustratie 57: Paul McCarthy. *White Snow, Wood Sculptures*, 2016. Installatie zicht: Henry Art Gallery, University of Washington, Seattle, 5 maart 2016 - 15 januari 2017. Hout.)

Oliver Laric (1981) scant antieke beelden in en maakt deze *scans* publiek (Illustraties 58 en 59). Dit is een interessant gevolg van digitaliseren. Via zijn website kan iedereen participeren door eigen variaties op de scans te maken. Laric stelt vragen rond kopieën en het origineel en hoe ze elkaar beïnvloeden. “Een werk is niet belangrijk omwille van zijn uniciteit, maar door de mate waarin het aanwezig is.”²⁰⁸ Dit is een voorbeeld van *copy-and-paste* in de beeldhouwkunst. Laric wordt geassocieerd met *Post internet* en zijn esthetiek. In een aantal van de variaties zien we de voorspelbare vervormingen door de CAD-programma’s; reeksen, herhalingen, vervorming, enzovoort.

In plaats van zich te concentreren op het origineel, onderzoekt Laric hoe *bootlegs*, kopieën, *remixes* en bewerkingen het origineel veranderen of bevragen.²⁰⁹ “Als het gaat over auteursrechten komt Laric in de grijze zone van het rechtssysteem terecht met downloadbare *scans*, gepresenteerd op *threedscans.com* - de *open-source* ethos van de internetcultuur.”²¹⁰ De *Versions* van Oliver Laric (Illustraties 60, 61 en 62) weerspiegelen onze digitale wereld: hoe origineel en kopiëren, ding en gedachte, gebeurtenis en document zijn samengevouwen in een afgeplatte informatieruimte waar alles één klik verwijderd is van al het andere. Het werk van Laric geeft aan hoe beelden en objecten voortdurend worden aangepast om iets nieuws te betekenen. De verschillende versies van *Versions* bevragen iconoclasme en copyright. Laric's verkenning van de aard van afbeeldingen en objecten in de digitale ruimte onthult het internet niet alleen als een ruimte van representatie, maar van directe ervaring, omdat de echte wereld steeds meer beïnvloedt wordt door schermen, en kennis wordt vervangen door zoeken.²¹¹

Laric is hierbij geïnteresseerd in de geschiedenis van de techniek en gebruikte het zelfportret van François Willème, uitvinder van een primitieve *3D-scan*, in zijn werk (Illustratie 53).

²⁰⁸ Gronlund 2017, 29

²⁰⁹ <https://www.lincoln3dscans.co.uk/the-artist>

²¹⁰ Henry 2016, s.p.

²¹¹ <https://listart.mit.edu/exhibitions/oliver-laric-versions>



(Illustratie 58: John Gibson R.A. *The Hunter and his Dog*. 1838, Marmer, 119,7 x 88,8 x 54,4 cm. Art Gallery of New South Wales /The Usher Gallery, Lincoln.)

(Illustratie 59: Oliver Laric. *The Hunter and his Dog*. 2013, 3D-scan. threedscans.com.)



(Illustraties 60 en 61: Oliver Laric. *Versions: The Hunter and his Dog*. 2013. Installatie zicht: ar/ge kunst, Bolzano, 2014.)



(Illustratie 62: Oliver Laric. *Suntzu*. 2013, 3D-rendering, mixed media.)

Het digitale pakket brengt de mogelijkheid tot *remakes* met zich mee zoals bijvoorbeeld in het werk van Barry X Ball (1955). Hij *scant* klassieke sculpturen in en gaat deze digitaal perfectioneren door op zoek te gaan naar kleine fouten en onnauwkeurigheden of imperfecties. Daarna worden deze klassieke beelden machinaal opnieuw gemaakt. Voor Barry X is de technologie een *means to an end*, een manier om tot een beeld te komen. Door zijn *3D-scans* ontdekte hij dat de originele kunstenaars geen absolute perfectie nastreefden, of niet de middelen (lees: tijd) hadden om dit te doen. Bijvoorbeeld de achterzijde van een sculptuur bleef vaak onafgewerkt. Barry X Ball gebruikt de technologie om beelden te maken die zo afgewerkt mogelijk zijn in alle details, en iedere millimeter. Absolute perfectie. Dit is anders dan de werken van Koons doordat in de werken van Ball het gebruik van de computer iets heeft toegevoegd aan de werken en het niet louter productie is: hier is iets aan de werken toegevoegd en het is het waard deze op te noemen.

Een kenmerk van CAD en CAM is het *uncanny* of beklemmende, onmenselijke en ongemakkelijke realisme.²¹² Dit is goed zichtbaar in illustratie 63, de mate van perfectie en de absoluut precieze evenwijdige freeslijnen maken het geheel zeer machinaal.

²¹² Gronlund 2014, 122-126



(Illustratie 63: Barry X Ball. *Sleeping Hermaphrodite*. 2015, Belgische zwarte marmer, 173 x 90,2 x 46,4 cm.)

3.1.4. De mogelijkheid tot sculptuur

“Hoewel sommige hedendaagse ‘digitale kunstenaars’ formalisten zijn met hun discussies gefocust op hun specifieke medium, zijn veel nieuwe-media kunstenaars vastberaden om grotere politieke, sociale en spirituele waarden te onderzoeken en becommentariëren.”

(Margot Lovejoy)²¹³

Kunstenaars die geen beeldhouwers zijn in de traditionele betekenis van het woord produceren steeds vaker beeldhouwwerken en hebben de mogelijkheid om een sculptuur te creëren. Een voorbeeld is het werk van Addie Wagenknecht (Illustraties 64 en 65). Zij werkt rond thema's als beveiliging, sociale stabilisatie, censuur en informatie. Haar reeks *Liminal Laws* is een serie van drie vazen die werden gemaakt door het samenvoegen van de *Liberator handgun*, een echt werkend pistool dat iedereen thuis kan maken met een 3D-printer. Door het 3D-printen van de 3D-modellen werkt Wagenknecht in hetzelfde materiaal als het originele object dat zo verbonden wordt met de nieuwe-media die het gebruikt, een bewuste keuze. Het printproces duurde 18 dagen waarbij de printer 24 uur per dag werkte.²¹⁴ Ze kon het printbestand gemakkelijk en gratis downloaden via *Torrent sites*.

*“The series is about ubiquitous objects in our environment and a shift in contemporary context, the playful and subversive quality of surveillance and data culture in our everyday environments. (...) The work plays with the underlying notion of how culture is produced and distributed—how they have been affected by our disenchantment and simultaneous obsession [with] digital culture.”*²¹⁵

De werken van Carola Bonfili begonnen als een virtuele wereld waaruit elementen werden gematerialiseerd. Voor haar reeks *3412 KAFKA* werd een omgeving gemaakt voor virtuele installaties en video's van die wereld. “Ik koos ervoor om deze software te gebruiken om de voor de hand liggende reden dat ze de mogelijkheid biedt om op grote schaal te werken met virtuele materialen en omgevingssituaties die anders moeilijk te reproduceren of toegankelijk zouden zijn geweest.”²¹⁶

Doordat de virtuele ruimte door CAD-programma's werd gemaakt konden delen hiervan geïsoleerd worden en buiten de virtuele omgeving gebruikt worden. Het maken van een virtuele omgeving heeft haar de mogelijkheid gegeven om sculpturen te maken (Illustraties 66, 67 en 68).

²¹³ Lovejoy 2011, 22

²¹⁴ Pangburn 2015, s.p.

²¹⁵ Krassenstein 2015, s.p.

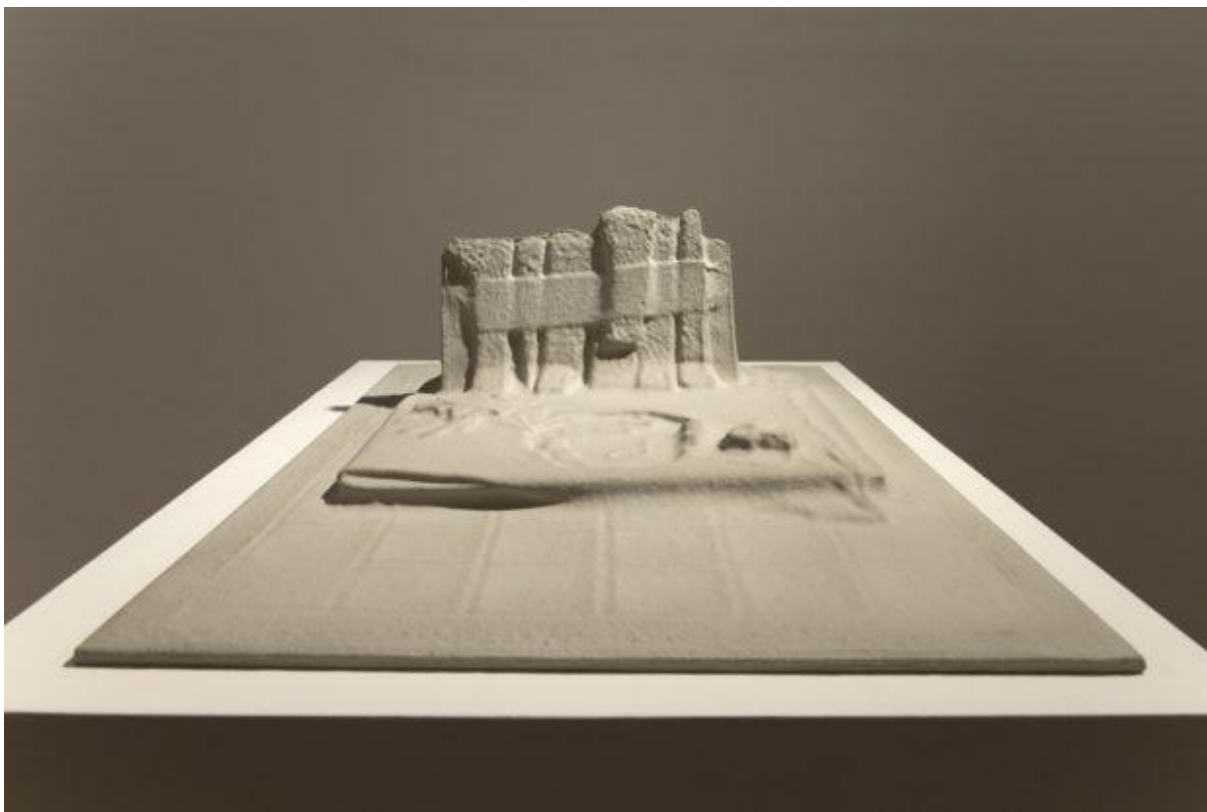
²¹⁶ Morucchio 2018, s.p.



(Illustraties 64 en 65: Addie Wagenknecht (met Martin Zangerl & Stefan Hechenberger). *Liminal Laws/ Liberator Gun Vases (Untitled (Vase No. 2))*. 2016, 3D-print (PA 2200), 49,3 x 27,4 x 29,5 cm.)



(Illustratie 66: Carola Bonfili. *3412 Kafka, The Infinite End of Franz Kafka's "Das Schloss"*. 2017, Video, beton en PVC. Tentoonstelling: MAXXI (2018), Rome.)



(Illustratie 67: Carola Bonfili. *3412 Kafka (The Infinite End of Franz Kafka's "Das Schloss")*. 2017, video still, 6'30", VR.)

(Illustratie 68: Carola Bonfili. *3412 Kafka*. 2017, Beton, PVC, 20 x 50 x 70 cm. smART polo per l'arte, foto Francesco Basileo.)

3.1.5. Augmented reality en virtuele beeldhouwkunst

Ken Kelleher kwam aan bod in hoofdstuk 2.2.1. Zijn werken blijven meestal virtueel en zijn enkel zichtbaar als afbeelding of door *augmented reality*. Toch zegt hij over zijn werken dat ze worden gemaakt met de bedoeling om ze fysiek uit te voeren, maar dat de meeste ontwerpen niet gekozen worden of omdat de uitvoering ervan niet mogelijk is. Doorheen de geschiedenis van de techniek was er vooral tijdens de jaren 1980 en vroege jaren 1990 een interesse in virtuele beeldhouwkunst met voorbeelden als Kawaguchi, Latham en Shaw.

Perfect geometrische vormen met complexe textuur, digitaal door elkaar geplaatst, geen zwaartekracht en formaat zijn kenmerkend voor de CAD-programma's waarin de beelden van Ken Kelleher zijn ontstaan. De *renderings* die hij van de werken maakt zijn zo realistisch dat ze materieel lijken (Illustraties 22, 23 en 69). Hij kan hierdoor experimenteren met kleur, omgeving, textuur en materiaal. Over de snelheid van werken binnen een CAD-omgeving zegt hij: *"Once I'm done with one piece I usually have ideas for several others. The amount of variety that can be produced by moving one or two shapes through space is amazing."*²¹⁷ Bovendien is verrassing een belangrijk element van digitaal werken, net zoals bij McCarthy: *"There's an element of surprise when you create something that has never before existed in the world"*.²¹⁸

*"In addition to using my models to make fabricated pieces, they can also be extended into new mediums and new venues. I can project them as holograms during an art event, they can be used in AR, they can be printed, cast in bronze, or printed on archival paper."*²¹⁹



(Illustratie 69: Ken Kelleher. *Infusion*. s.a.)

²¹⁷ Barandy 2018, s.p.

²¹⁸ Wade 2018, s.p.

²¹⁹ Stewart 2018, s.p.

3.1.6. Toeval, programma's en simulaties

Een voorbeeld van de programmerende kunstenaar is David Bowen. Hij maakt haast performatief gebruik van CNC-machines. Zijn *FLY CARVING DEVICE* (2017) is een werk waarin hij met een sensor de bewegingen van vliegen volgt en die bewegingen aan een CNC-machine koppelt (Illustratie 70). Als er een vlieg diagonaal voorbij de sensor vliegt, freest de CNC-machine een diagonale lijn. Voor Bowen is de onvoorspelbaarheid van een werk belangrijk, alsook de relatie tussen natuur of leven en het artificiële en mechanische.²²⁰

Een ander voorbeeld is de *Cement Room* (2012) van Anish Kapoor (Illustratie 71). In die reeks worden betonnen sculpturen geprint met een grote 3D-betonprinter. Hij maakt hierbij gebruik van verschillende diktes van printkop en verschillende printbewegingen van de 3D-printer. Dit zijn werken met een grote onvoorspelbaarheid waarbij het werk het programma is. Enkele jaren lang bouwde Factum Arte samen met Anish Kapoor aan een werkende 3D-betonprinter die rechtstreeks vanuit CAD-bestanden kan afdrukken²²¹ en probeert om een vorm via een CAD-bestand te printen met onverwachte resultaten dankzij de onvoorspelbaarheid en de onnauwkeurigheid van het lopende beton.

Kunstenaar Emilio Vavarella gebruikt in zijn reeks *The Other Shape of Things* (2017) fouten die ontstaan tijdens het maakproces (Illustraties 72 en 73). Bijvoorbeeld fouten in het computerprogramma of een materiaalfout bij het 3D-printen of CNC-frezen. De beelden mislukken om verschillende redenen zoals imperfecties en distorsie. Die objecten *scande* Vavarella opnieuw in om ze dan nogmaals te printen. Dit proces werd steeds herhaald om zo een opeenstapeling van toevalligheden en fouten te bekomen. Voor hem is de invloed en de overgang van digitaal naar fysiek een belangrijk deel van het proces.

Werken als deze doen denken aan de ideeën van de cybernetica uit de jaren 1970 en de experimenten van Michael Noll. Een samenwerking tussen mens en machine door het ingeven van parameters of programma's en gebruik maken van de toevalligheden die daardoor ontstaan.

Het tegenovergestelde vinden we in het werk van John Isherwood. Hij probeert het proces juist zoveel mogelijk te sturen om complexe texturen te frezen. Hij is op zoek naar "nieuwe oppervlakken en vormen die alleen verkregen worden door digitaal te werken."²²² Dit vraagt zeer veel programmeerwerk omdat niet het standaardalgoritme wordt gebruikt. Als niet het standaard evenwijdige of circulaire freespatroon wordt gebruikt, dan moet een ander freespatroon geprogrammeerd worden. Dit geeft de beeldhouwer complete creatieve controle over het freesproces. Deze beeldhouwers zoeken naar meer traditionele eigenschappen van sculptuur binnen het digitale productieproces (Illustratie 76).

Marc Quinn gebruikt wel de automatische *toolpaths*. Dit computer-gegenereerde freespatroon behoudt Quinn in het eindresultaat als esthetisch effect (Illustraties 74 en 75).

²²⁰ Bowen 2011, s.p.

²²¹ <http://www.factum-arte.com/pag/14/Cement-printing>

²²² Isherwood 2018, persoonlijke quote zie bijlagen

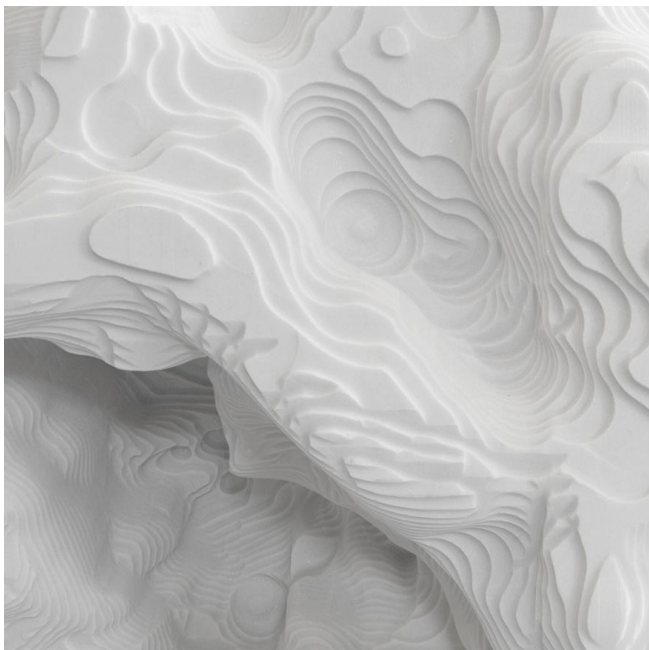


(Illustratie 70: David Bowen. *FLY CARVING DEVICE*. 2017.)

(Illustratie 71: Anish Kapoor. *Anish Kapoor, Solo Exhibition*. Installatie zicht: The Victor Pinchuk Foundation, 19 mei 2012 - 30 september 2012. Beton.)



(Illustraties 72 en 73: Emilio Vavarella. *The Other Shape of Things*. 2017, PLA (Gold) 3D-print. Objecten: s02-04 en s02-05)



(Illustraties 74 (linksboven) en 75 (linksonder): Marc Quinn. *Upshot-Knothole Grable*. 2012, Marmer (Bianco P), 180 x 150 x 150 cm.)

(Illustratie 76 (rechts): Jon Isherwood. *French Mist*. 2014, Novolato marmer, 130 x 57 x 43 cm.)

Eyal Gever is een kunstenaar met een technische en wetenschappelijke achtergrond en maakt beelden door *physical simulation software* waarin hij natuurlijke effecten kan simuleren om sculpturen te genereren. Daarvoor gebruikt hij zijn eigen software.²²³ Voor één van zijn werken maakte hij een simulatie van een holle bal die als een ballon ontploft. Hier wordt de simulatie stopgezet waardoor een zeer realistisch en complex beeld ontstaat. Dit werd door een 3D-printer gematerialiseerd (Illustraties 77 en 78). Het werk bestaat in drie vormen: 3D-simulaties (video), sculpturen en digitale prints.²²⁴ Hij geeft blijk van een interesse in natuur en natuurlijke extreme fenomenen.

*"I'm trying to do something new with my art. Historically, many artists have tried to capture storms or waterfalls. Turner, for example, painted a lot of storms. However, he did it mostly from his imagination. In my case, I'm using mathematics and physical data of the simulation, which I'm then passing to a 3D-printer, to capture that exact moment, so that when you stand in front of the sculpture, you feel that time is frozen."*²²⁵ *"I'm actually a little God who allows the creation to take place."*²²⁶

Wim Delvoye gebruikt programma's om gotische structuren mee te generen (Illustratie 80) en net als Barry X Ball wil hij dat elk detail perfect is. Hij geeft de voorkeur aan complexe vormen boven gestroomlijnde vormen. De ontwerpen zijn computer-gegenereerd samen met een team van architecten. "We hebben verschillende programma's en we spelen met hun beperkingen."²²⁷ Alles wordt volledig uitgevoerd in Cor-Ten-staal, dat met een CNC-laser wordt gesneden, en dan geplooid en gelast. Het duurt ongeveer een jaar voordat dergelijke sculpturen klaar zijn en met behulp van kunstenaars, wiskundigen, staalsnijders en lassers van over de hele wereld. "Het is zeer, zeer arbeidsintensief". Een team van computerexperts hielp hem de figuren op een computer te modelleren. "Er is geen werk meer uit de vrije hand", alles werd gemodelleerd in 3D-software. "Het zijn zeer algebraïsche berekeningen". De technologie van vandaag - zoals lasersnijmachines - maakt het werk eenvoudiger dan in het verleden. "Nu zijn we op een punt aangekomen waar we geen excuus meer hebben voor computers." Van zijn gotische werken bestaan ook complexe *twisted* versies.

Yoichiro Kawaguchi maakte in 2011 een plastic beeld (Illustratie 79) dat werd gegenereerd door zijn Growth programma uit de jaren 1980 (zie hoofdstuk 1.3.).

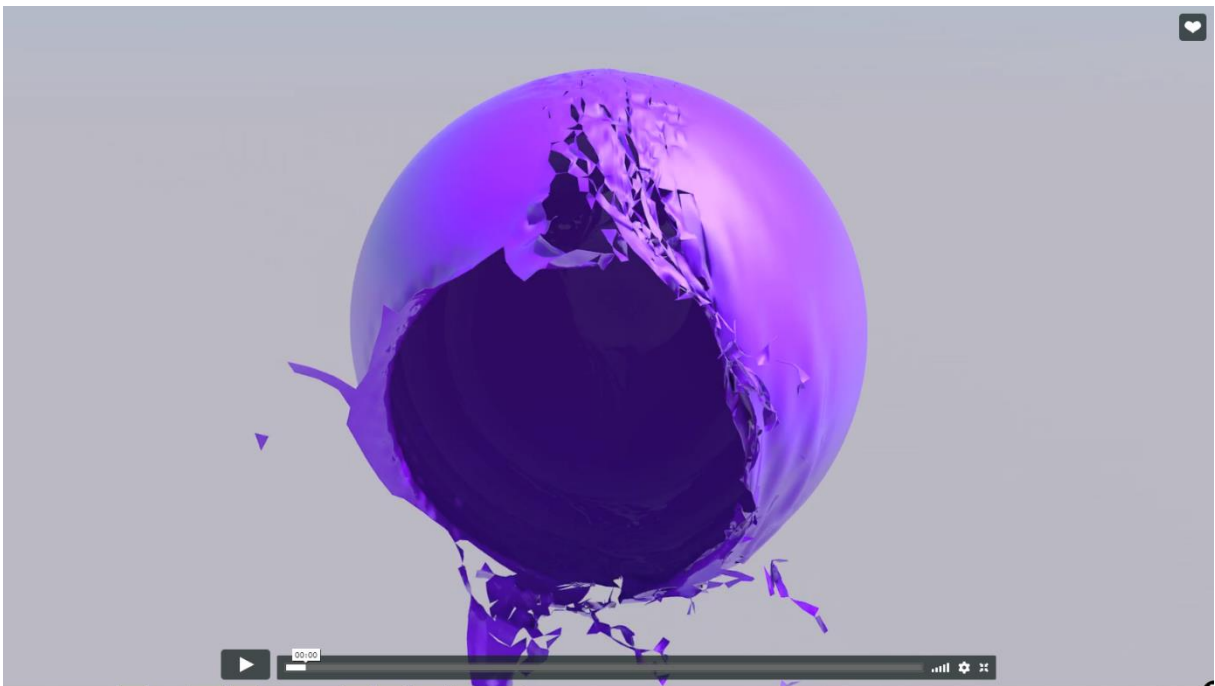
²²³ Gever 2012, s.p.

²²⁴ Gever 2012, s.p.

²²⁵ van Lieverloo 2015, 96

²²⁶ van Lieverloo 2015, 98

²²⁷ Van Hampton 2013, s.p.



(Illustratie 77: Eyal Gever. *Sphere Pop*. 2015, 3D-Print in VeroWhite, 94 x 84,1 x 70,7 cm.)

(Illustratie 78: Eyal Gever. *Sphere Pop*. 2015, video.)



(Illustratie 79: Yoichiro Kawaguchi. *Growth*. 2011, Plastic, 50 x 300 x 210 cm.)



(Illustratie 80: Wim Delvoye. *Dump Truck*. 2014, Laser-cut Cor-Ten staal, 590 x 170 x 380 cm. Installatie zicht: Gary Tatintsian Gallery, Moscow.)

3.2. Nieuwe invloeden van CAD en CAM op de beeldhouwkunst

“Stylistic novelty needs to be distinguished from true structural innovation.” “Things that are applauded might be so for the wrong reasons—not for their innovative kernel but for their conventional shell.”
(Jörg Heiser)²²⁸

In de digitale beeldhouwkunst kan een onderscheid gemaakt worden tussen nieuwe mogelijkheden inzake stijl en volledig nieuwe technische mogelijkheden. Sommige effecten zijn makkelijk, maar daarom niet uniek voor de computer, en andere werken worden geproduceerd door de nieuwste technologie enkel om de nieuwste technologie te demonstreren.²²⁹ Die werken worden *stylistic novelty* genoemd, beelden met een effect. Deze opmerking dient niet om kritiek te geven op de werken of hun creatieve waarde, maar om de innovatie van de computer te relativiseren. Veel van deze sculpturen zien er hetzelfde uit omdat deze manier van werken vaak vergelijkbare resultaten tot gevolg heeft. Verschillende kunstenaars komen tot dezelfde vormtaal. CAD en CAM kunnen los van de effecten gezien worden. De effecten zijn strikt genomen mogelijk zonder een computer. Zij behoren tot de mogelijkheden van CAD-programma's maar definiëren deze niet noodzakelijk.

CAD resulteert in sculpturen die zonder deze techniek nooit gemaakt zouden worden, en nooit eerder bestaan hebben. Composities en vormvariaties kunnen op een andere manier verkregen worden. Vormen die in een wereld zonder materiaaleigenschappen of limieten ontstaan zijn anders dan de beeldhouwwerken die daarbuiten ontstonden. De complexiteit in sommige digitale sculpturen is ongezien en ondoenbaar voor de uitvinding van CAD. Complexiteit is niet nieuw in de beeldhouwkunst, denk bijvoorbeeld aan een antieke dubbele herme of een tienarmige Shiva. Wel nieuw is de extreme mate van de complexiteit en de eenvoudigheid waarmee ze kan worden bereikt. De absolute nauwkeurigheid van het vormbehoud van de figuren die samengevoegd worden tot composities door Paul McCarthy is ongelooflijk. Cybernetica is geen uniek gevolg van CAD/CAM, eerder een manier om een samenwerking met een systeem te bereiken, één van de mogelijkheden. Belangrijk is dat de werken op een andere manier tot stand zijn gekomen. Voorbeelden zijn het groeien of genereren van beelden door Yoichiro Kawaguchi en William Latham, het toeval in de werken van David Bowen en Anish Kapoor, de gotische structuren die Wim Delvoye kon maken en de simulaties van Eyal Gever.

²²⁸ Heiser 2009, s.p.

²²⁹ Lovejoy 2011, 20

Ook de snelheid waarmee werken gemaakt kunnen worden is nieuw. Het wegvallen van het fysieke maakproces, zijn traditie, en technische kunnen, laat toe dat de kunstenaar letterlijk al zijn tijd in het creëren kan steken. Het arbeidsproces dat gepaard gaat met het maken van een sculptuur staat traditioneel bekend als zeer tijdrovend en intensief. Rinus Van de Velde is bijvoorbeeld tekenaar geworden omdat er teveel tijd in het maakproces van een sculptuur zat, en te weinig tijd in het creatief creëren. Door CAD en CAM worden reeksen vanzelfsprekend. Ook schaal valt weg. Wat blijft er over als die traditionele lasten wegvallen? Het enige dat er is: creativiteit! De kunstenaar doet wat hij of zij zonder computer ook zou doen, maar dan sneller en efficiënter. Het laat hem toe om de beeldhouwkunst veel meer verhalend te gebruiken: het creëren van beelden als het creëren van tekeningen.

Het verplaatsen naar het digitale is ook invloedrijk. Een multimedia-kunstenaar kan een beeldhouwwerk maken dat opgebouwd is uit downloadbare 3D-objecten, bijvoorbeeld Addie Wagenknecht die vazen creëerde uit 3D-objecten die ze op het internet vond (Illustraties 64 en 65). Websites als free3d.com, cadnav.com, archive3d.net en vele andere bieden *3D-scans* of 3D-objecten aan gemaakt door anderen. Dit illustreert hoe het medium zelf zijn belang verliest. De mogelijkheid tot positieverandering is zeer interessant en heeft het potentieel om beeldhouwwerken om te zetten naar verschillende vormen zoals afbeeldingen, video's en animaties of te gebruiken in virtuele realiteit of als internetkunst. Een deel van de kunstenaars die de CAD/CAM-wereld verkennen, blijven bij de computer als medium en komen terecht op platformen als virtuele realiteit of volledig digitale kunst. Ze evolueren weg van beeldhouwkunst. Ook dat is een gevolg van CAD: het reikt andere mogelijkheden dan louter sculptuur aan. Samenwerkingen, collectieven en interdisciplinaire kruisbestuiving in netwerken zijn makkelijker, en bovendien de mogelijkheid om digitalisatie van beeldhouwwerken te verspreiden en tentoon te stellen buiten een galerij op nieuwe digitale platformen.

Hoofdstuk 4 - Interviews

4.1. Vraagstelling en motivatie

In totaal werden zeven kunstenaars geïnterviewd over het gebruik van CAD en CAM in hun beeldhouwkunstpraktijk. Deze kunstenaars worden in hoofdstuk 4.2. kort geïntroduceerd. Zij zijn kunstenaars met verschillende soorten werk en verschillende achtergronden. Aan alle kunstenaars werden dezelfde zeven vragen gesteld om deze te kunnen vergelijken in hoofdstuk 4.3. Er werden brede vragen gesteld, niet gebaseerd op het specifieke oeuvre van de kunstenaar. De volledige interviews zijn te lezen in de bijlagen.

De **eerste** vraag is welke digitale of machinale technieken de kunstenaar gebruikt, sinds wanneer en hoe hij/zij hiertoe kwam, met als doel een beeld te geven van de periode waarin de kunstenaar begon: bijvoorbeeld ook de jaren 1970, 1980, 1990 of recentere jaren en vanuit waar de interesse kwam. De vraag was ook bedoeld om na te gaan of de interesse voor deze manier van werken met de tijd veranderde.

De **tweede** vraag betreft de invloed op zijn/haar werk en de evolutie daarvan. Ik vroeg me af of kunstenaars die digitale technieken verkennen, zich na verloop van tijd meer in de ruimere digitale cultuur verdiepen of hoe de manier van werken evolueerde.

De **derde** vraag is de vraagstelling van de scriptie: wat is de invloed van deze technologieën op de beeldhouwkunst. De motivatie hierachter spreekt voor zich.

Nummer **vier** vraagt naar de eigen ideeën of filosofieën over deze manier van werken en of deze er zijn. Hiermee werd gepeild naar interessante ideeën en of CAD en CAM al dan niet enkel als hulpmiddel worden gebruikt.

Vraag **vijf** gaat over het verschil tussen virtueel en reëel, en of de kunstenaars hiermee bezig zijn.

Vraag **zes** vraagt naar de inspiratiebronnen om te polsen of deze verbonden zijn met de geschiedenis van de technieken, cybernetische ideeën of digitale cultuur. (Is deze bijvoorbeeld gelinkt aan andere kunstenaars, hedendaagse (digitale) cultuur, ...) en of de kunstenaars gerelateerd zijn aan een groep van vergelijkbare kunstenaars of meer geïsoleerd.

In de **laatste** vraag werd gepeild naar kritiek op de werken. Mensen reageren vaak negatief op dingen die ze niet herkennen. Hiermee wou ik mij een beeld vormen van de receptie van de computersculptuur vandaag.

4.2. Bevraagde kunstenaars

1. Corinne Whitaker (1934)

Corinne Whitaker is een Amerikaanse kunstenaar die werkt met *digital imaging* en digitale beeldhouwkunst en al actief sinds de jaren 1980. Ze richtte in 1994 de *Digital Giraffe* op, een maandelijks online kunsttijdschrift. Ook in 1994 gaf Whitaker haar eerste lezing over digitale kunst, genaamd *Look Ma, No Paintbrush* in het Los Angeles County Museum of Art in Californië. In de jaren 1990 begon Whitaker bij te dragen aan de ontwikkeling van de digitale schilderkunst en de digitale beeldhouwkunst. Ze was bij de eersten om *rapid prototyping* technologie (3D-prints) te gebruiken.

2. Helena Lukášová (1970)

Helena Lukášová studeerde in 1996 af aan de Academie voor Schone Kunsten en Vormgeving in Bratislava, Slowakije, en deed van 2005 tot 2009 een doctoraatsonderzoek over digitale beeldhouwkunst. Ze studeerde en werkte ook aan het Johnson Atelier - Technical Institute of Sculpture, NJ, waar ze voor de eerste keer de kracht van digitale productietechnieken zag. Momenteel doceert ze aan de Faculteit Informatica van de Masaryk Universiteit Brno, Tsjechië, waar ze hoofd is van *The Studio of Graphic Design and Multimedia*. Haar werk *I am Venus* is permanent te zien in *Grounds for Sculpture*, Hamilton, NJ. Ook was Lukášová een micro-resident in het Center for New Art van William Paterson University, NJ, waar ze robotische sculpturen realiseerde die gegenereerd zijn uit haar eigen hersengolfpatronen.

3. Keith Brown (1947)

Keith Brown is *research professor*, directeur van Art & Digital Technologies en hoogleraar beeldhouwkunst en digitale technologieën aan de Manchester School of Art, Verenigd Koninkrijk. Als oprichter en voorzitter van *Fast-uk* en *Fine Art Sculpture & Technology* (1998) in het Verenigd Koninkrijk, heeft hij veel gedaan om digitale kunst op nationaal en internationaal niveau aan te moedigen en te ondersteunen. Als *postdoctoral researcher* aan het Royal College of Art sinds 1972 doet hij al ruim dertig jaar onderzoek naar digitale beeldhouwkunst. Zijn werk omvat een breed scala aan digitale media, waaronder 2D, 3D, 4D, *time-based* installatie en video-animatie. Hij wordt beschouwd als een van de vroegste adoptanten van 3D-printtechnologieën binnen de wereld van de beeldende kunst.

4. Richard Dupont (1968)

Richard Dupont is een Amerikaanse kunstenaar wiens installaties, sculpturen, en prints de sociale implicaties van de digitale technologie van de 21ste eeuw onderzoeken. In 1991 behaalde hij een *Bachelor of Arts* diploma in de Beeldende Kunst en Kunst en Archeologie aan de Princeton University. In 2002 begon Dupont te experimenteren met *3D-scanners* en 3D-printing. Dupont's werk onderzoekt de mate waarin het menselijke radicaal is veranderd door de digitale technologie. Hij gebruikt zijn kunst ook om uitingen van macht en controle te bevragen en te onderzoeken. Dupont's werken zijn opgenomen in de collecties van onder meer The Museum of Modern Art, New York, The Whitney Museum of American Art, New York, Museum of Fine Arts, Boston, The Cleveland Museum of Art, The Brooklyn Museum, The Hammer Museum, Los Angeles, The Museum of Contemporary Art, San Diego, en de prentencollectie van de New York Public Library.

5. Emilio Vavarella (1989)

Emilio Vavarella werd in 1989 geboren in Monfalcone, Italië. Zijn artistieke praktijk richt zich op kwesties van politieke filosofie en hedendaagse technologische macht. Door een interdisciplinair gebruik van nieuwe-media benadrukt hij de dubbelzinnige ruimtes en verborgen machtsstructuren in onze netwerkmaatschappij. Emilio studeerde *summa cum laude* af aan zowel de Universiteit van Bologna met een B.A. in Visuele, Culturele en Media Studies, aan de Luav University of Venice met een M.A. in Visuele Kunsten, aan de Bezalel Academy in Tel Aviv en aan de Bilgi University in Istanbul. Zijn werk is tentoongesteld op plaatsen als *Eyebeam*, *Siggraph Conference*, *European Media Art Festival*, en is gepubliceerd in ARTFORUM, Flash Art, Leonardo en WIRED. Hij woont en werkt momenteel in New York waar hij een derdejaars promovendus is aan Harvard.

6. Jon Isherwood (1960)

Jon Isherwood werd geboren in 1960 in Yorkshire. Hij studeerde aan het Leeds College of Art, Canterbury College of Art en aan de Syracuse University, New York State, waar hij in 1987 afstudeerde. Isherwood woont en werkt momenteel in de Verenigde Staten. Het werk van Isherwood werd getoond in *The New York Times*, *Art in America*, *ARTnews*, *The Washington Post*, *The New York Sun*, *Sculpture Magazine*, *The Guardian* en anderen. Hij doceerde aan tal van hogescholen en universiteiten in de Verenigde Staten en Europa. Isherwood is de oprichter van *The Digital Stone Project*, een jaarlijkse workshop waarbij beeldhouwers met CAD en CAM kunnen experimenteren. Hij geeft sinds 2000 les in Bennington.

7. Barry X Ball (1955)

Barry X Ball werd geboren in 1955 in Pasadena, Californië en is een Amerikaanse beeldhouwer gevestigd in New York City. Zijn werk is de afgelopen 30 jaar internationaal wijd en zijd tentoongesteld en vertegenwoordigd in vele openbare en particuliere collecties. Ball maakt gebruik van een uitgebreid scala aan apparatuur en procedures om zijn werk te realiseren, variërend van de meest geavanceerde tot traditionele, 3D digitaal *scannen*, virtueel modelleren, *rapid prototyping* en computergestuurd frezen, tot gedetailleerd handwerk en polijsten. De nieuwe Barry X Ball Studio in Brooklyn is 's werelds meest geavanceerde steensculptuur-faciliteit. Het 20.000 vierkante meter grote complex, omvat een galerij, een digitaal labo, een houtafdeling, een grote productiehal, een verscheidenheid aan speciale werkplekken, kantoren, een veelheid aan *high-tech* apparatuur en voorzieningen voor het team van ervaren assistenten van de kunstenaar.

4.3. Antwoorden

1. Welke digitale of machinale manieren van werken gebruikt u, sinds wanneer en hoe of waarom bent u hiermee begonnen?

- Corinne Whitaker schrijft dat ze gebruikt wat haar op de beste manier toelaat organische vormen te maken en begon al vroeg, toen nog met 2D-programma's die haar uitdaagden.
- Helena Lukášová antwoordde dat ze beeldhouwkunst studeerde in Tsjechië en in aanraking kwam met CNC in het Johnson Atelier in New Jersey waar ze toen werkte. Daar moest zij de machinale sporen "vernietigen en gladmaken" "net als handmatig". Na haar terugkeer naar Tsjechië begon ze met computers te experimenteren geïnspireerd door wat ze had gezien in het Johnson Atelier met een interesse voor digitale *renderings* in 2D en 3D.
- Keith Brown gebruikt CAD sinds 1982 en print in 3D met *Layer Manufacture* sinds 1996-1998.
- Richard Dupont gebruikt *laser-scanning*, fotogrammetrie, CNC en verschillende soorten 3D-print, maar is vooral geïnteresseerd in *subverting* om viscale en handmatige resultaten met fouten en toeval te krijgen. Hij begon in 2004 met deze technologie te experimenteren door een *3D-scan* van zijn lichaam te maken en deze te gaan vervormen. Dupont noemt zijn werk meer een conceptuele kritiek op deze technologie in de zin dat ze grotere systemen van *tracking*, *mapping*, *surveillance* en het snelle verdwijnen van de traditie van humanisme belichamen.
- Emilio Vavarella begon 3D-print recent te gebruiken in de reeks *The Other Shape Of Things*. Hij gebruikt de technologie omwille van de conceptuele ideeën erachter, heeft interesse in fouten binnen het proces en is multimedia kunstenaar met interesse in technologie zoals 3D-print.
- Jon Isherwood gebruikt verschillende CNC-machines om steen te frezen. Hij kwam in aanraking met de technologie door hedendaagse processen te onderzoeken. Het werd duidelijk dat de technologie was vooruitgegaan sinds de renaissance maar dat veel beeldhouwers vasthouden aan die oude technieken. Eerst werkte hij met klei die hij *3D-scande* en vergrootte om ze dan uit te frezen. De reden om dit proces te onderzoeken was omwille van de precisie en controle van het proces bij het dupliceren van een model, maar ook om nieuwe manieren van het verwijderen van steen te verkennen.
- Barry X Ball begon ruim 20 jaar geleden met deze manier van werken. Voor hem is de manier waarop hij tot een resultaat komt niet belangrijk en hij noemt CAD en CAM beter in alle opzichten dan handmatig werken. *A means to an end*. Puur gemotiveerd door het resultaat gebruikt hij die technieken voor nieuwe, superlatieve resultaten.

2. Wat is de invloed daarvan op uw werk en de evolutie ervan?

- Whitaker schrijft dat de programma's geëvolueerd zijn om aan haar eisen te voldoen.
- Lukášová bemerkte een fundamentele verandering in denken over beeldhouwkunst, vindt het nodig om de term te herdefiniëren en gebruikt liever de term 'object'. Zij ziet een probleem met het 'origineel'. Zij omschrijft een evolutie in haar werk dat conceptueler werd: het denken aan een plan en de uitkomst daarvan laten gebeuren (link cybernetica). Ze begon een doctoraatsonderzoek in Bratislava en ging experimenteren met VR en CNC.
- Brown antwoordde op deze vraag dat sinds de laatste 22 jaar al zijn onderzoek gericht is op '*cyber environment*'.
- Dupont zegt dat hij de technologie gebruikt voor toepassingen buiten het gebruikelijke vergroten van werken. De technische *tools* zelf zijn een fundamenteel conceptueel deel van zijn werk. De *3D-scan* van zijn lichaam uit 2004 werd een surrogaat, ruwe data, en de basis voor vele werken. In de reeks werden de laatste 15 jaar diverse media gebruikt.
- Vavarella schrijft dat technologie en cultuur zijn werk door en door beïnvloeden. Het werk heeft niet alleen te maken met de materiële mogelijkheden die het biedt, maar ook met de conceptuele ideeën die het kan voortbrengen. Het werk is geïnspireerd door ideeën van automatisering, maar uiteindelijk kon hij deze ideeën alleen overbrengen via dezelfde technische hulpmiddelen welke hem geïnspireerd hadden om erover na te denken.
- Voor Isherwood is het de ambitie om nieuwe oppervlakken te creëren door CNC. Deze processen hadden grote invloed op zijn werk door een nieuwe *track of expression* door *tooling*, nieuwe oppervlakken en vormen die alleen digitaal werken kunnen realiseren.
- Ball heeft de mogelijkheid om 3D-beelden te maken met alle details, zo uitgewerkt als mogelijk. Zijn intentie is sculpturen te maken die esthetisch en technologisch de meest geavanceerde van vandaag zijn. Door het gebruik van *3D-scans* is voor hem een nieuwe relatie met de Europese kunstgeschiedenis ontstaan.

3. Wat is volgens u de invloed van deze technologieën op de beeldhouwkunst? Wat of welke mogelijkheden zijn echt uniek en nieuw aan deze technologieën?

- Whitaker ziet CAD als een *tool*, een manier om tot een resultaat te komen, maar ziet 3D-print als de revolutionaire techniek met een uitzonderlijke veelbelovende toekomst.
- Ook Lukášová ziet het CAD en CAM als een *tool*, maar een *tool* met enorme *computational power*. Ze wijst op het verschil tussen kunstenaars die ze gebruiken als assistent en conceptueel. Voor haar laat de technologie toe alles om te zetten naar een 3D-object, en die objecten naar afbeeldingen, animaties, enzoverder. De grootste invloed van dit alles op de beeldhouwkunst voor haar, is dat kunstenaars conceptueel kunnen gaan denken. Fotografie, performance en elke andere kunstvorm kunnen een object worden. Ze ziet CAM als een manier om te produceren.
- Brown heeft deze vraag niet beantwoord. Uit het antwoord op de volgende vraag kan afgeleid worden dat hij grote creatieve mogelijkheden ziet in CAD-programma's met het wegvallen van materie en de wetten van de natuur.
- Dupont zegt dat de technologie meer geschikt is voor architectuur en design dan voor beeldhouwkunst. Het wordt gebruikt om te vergroten, niemand doet dit meer handmatig.
- Vavarella verzet zich tegen de woorden 'nieuw' en 'medium', en zegt dat het productiever is om te kijken naar het oude in het nieuwe en het nieuwe in het oude. Omdat het nieuwe nooit nieuw blijft, wordt de term '*in flux*' gehanteerd. Vavarella gebruikt liever de term 'revelatie': kijken naar een kunstproject binnen een bepaalde context, zien dat het iets onthult wat er misschien altijd al was, wat onzichtbaar of ondenkbaar (*unspeakable*) was tot voor dat punt. Maar bij navraag waarom hij het woord revelatie boven het woord nieuw verkiest, volgt er geen antwoord meer.
- Isherwood ziet verschillende invloeden. Ten eerste bij het maken, waarbij de robot gekozen wordt om de vorm te maken, en de hand en het analoge worden weggenomen. Ten tweede met CAD ontwerpen in plaats van met potlood of klei. Dit geeft een werkomgeving los van materiële beperkingen (*physical restraints*).
- Ball zegt dat hij geen conclusies kan trekken, maar dat hij alle traditionele manieren van werken heeft laten vallen. Toch is er in zijn antwoord een parallel met het antwoord van Lukášová omdat Ball een conceptueel kunstenaar is die sculpturen produceert. De technieken noemt hij flexibeler en door ze te gebruiken, zijn een ongelooflijke variëteit aan sculpturale variaties mogelijk.

4. Heeft u bedenkingen, ideeën of filosofieën over deze manier van werken?

- Whitaker noemt de kankerverwekkende risico's van 3D-prints als bedenking.
- Lukášová noemt representatie, de ervaring van een object en de relatie tussen taal en het visuele. Het object en zijn semiotiek zijn een statement.
- Browns beelden ontstaan door een directe manipulatie van geometrie in een omgeving waar materie niet bestaat. Hij schrijft zéér mooi over het werken met CAD-programma's: "Het is als het boetseren van licht, van pure vorm in een omgeving waar fysica, materie en energie, materialiteit en zwaartekracht geen rol spelen, en de vorm bevrijden van materiële beperkingen, en (het) overstijgt ons begripen van hoe materiële objecten zich gedragen in de wereld." Hij noemt het werk dat hieruit ontstaat (door CAM-technologie) een voertuig die ons naar die 'wonderlijke andere plaats' brengt, waar onvoorspelbare en verrassende gebeurtenissen voorvallen. Brown gebruikt de geschiktheid van een medium in relatie tot het proces. De computer is een essentieel deel van conceptie, inhoud en kwaliteit van het werk.
- Dupont heeft een aantal teksten en artikels doorgemailed over zijn werk. Voor mij sprong de volgende quote daaruit: "Technologie is een geweldige *tool*, zolang je ze maar niet respecteert (*as long as you disrespect it*). Ik denk vaak aan Chris Burden's opzettelijk misbruik van machines en technologie als ondermijnend op precies de juiste manier (*subversive in just the right way*)." De dialoog tussen het object en het transcendente ervaring van *cyberspace* zijn cruciaal voor Dupont.
- Vavarella schrijft dat het antwoord op deze vraag zichtbaar moet zijn in zijn werk. Hij ziet zijn werk als een constante samenkomst tussen theorie en praktijk die hij beide als zijn filosofie (*philosophical inquiry*) naar voor schuift.
- Isherwood zegt dat kunstenaars werken door de esthetische en materiële geschiedenis van hun praktijk. Sommigen zien een manier om te leren van het traditioneel proces, anderen vragen zich af hoe hedendaagse productiemechanismen de aspiraties van de kunstenaar beïnvloeden. Hoe dan ook moet de kunstenaar alert zijn voor het creatieve, gedachten en gevoelens. Technologie geeft nieuwe mogelijkheden van kijken (*optics*). Die niet te benutten, is als kiezen om niet in het heden te leven. We moeten ons een toekomst inbeelden die de technologie aanbiedt.
- Ball vindt dat hij door deze technologie exquisite sculpturen moet kunnen maken en dat hij een ongelooflijk voordeel heeft tegenover kunstenaars uit het verleden. Door zijn gebruik van *3D-scans* heeft hij als Amerikaan een unieke relatie met de Europese kunstgeschiedenis ontwikkeld en omschrijft zijn aanpak als conceptueel. Digitale *scans* geven objectief de feiten weer, los van smaak of sensibiteit in tegenstelling tot andere manieren van kopiëren waarbij de werken altijd geïnterpreteerd worden.

5. Hoe ziet u de relatie tussen virtueel en reëel?

- Whitaker beschuldigt mij van lineair in plaats van evolutionair denken omdat volgens haar het virtuele een realiteit is die niet minder echt is dan de werkelijkheid. Het is simpelweg een andere manier van ervaren.
- Lukášová beschrijft het virtuele als *'unsettled dust'*, als een wolk, maar toch toegankelijk door VR, animatie, AR, afbeeldingen, ... Bij de ene zijn wij die de digitale wereld bezoeken, bij de ander bezoekt de digitale de onze. Maar het is de impact van het werk, virtueel of reëel, die het belangrijkste is.
- Het is niet de intentie van Brown om de realiteit in een virtuele wereld na te bootsen, maar om zoveel mogelijk de mogelijkheden van computertechnologie te gebruiken en waar mogelijk deze te materialiseren (*"make manifest"*). Het resultaat is een nieuwe generatie van objecten met nieuwe vormen, realiteiten, ervaringen en betekenissen bij een *paradigm shift* in de discipline van *fine art sculpture*.
- Dupont beantwoorde deze vraag met de volgende twee woorden: *"increasingly blurred."*
- Vavarella heeft moeite met het woord virtueel. Overal om zich heen ziet hij voorbeelden van de realiteit.
- Isherwood meent dat de conditie van 'het in een lichaam zijn' de uitdaging van mijn vraag is. Hij zegt vervolgens dat hij zich aansluit bij realiteit omdat hij in een materiële wereld leeft, fysiek in gevoel, aanraking en emotie.
- Ball heeft deze vraag niet beantwoord.

6. Wie of wat inspireert u bij deze manier van werken?

- Whitaker houdt van experimenteren. Ze is geïnspireerd door mogelijkheden, toeval en het onverwachte.
- Lukášová noemt een aantal namen zoals Lee Bul, David Altmejd, Pierre Huyghe, Jerry Saltz, Robert Hughes, Neri Oxman en Adam Curtis.
- Brown noemt namen als Brancusi, *process art* en *post minimal* van de jaren 1970.
- Dupont is geïnspireerd door het lichaam, *process-art* en conceptuele kunst van de jaren 1960 en 1970. Het vinden van een vorm en kunst als reactie op de tijd waarin ze werd gemaakt. Ook *bodyart* en systeemkunst van de jaren 1960 en 1970.
- Vavarella noemt verschillende inspiratiebronnen als het Oude Egypte, de Grieken Ptolemaeus en Anaximander, media theorie, *computergraphics*, geografie, GPS technologie, satellieten, de geschiedenis van geometrie, gokken en meteorologie.
- Isherwood is geïnspireerd door het werk zelf; de uitdaging om expressies te maken die nooit hebben bestaan. Bernini, Monet en Pollock.
- Ball spendeert veel tijd in musea en galerijen, maar besteed evenveel tijd aan het bestuderen van wetenschap, technologie en productdesign. Objecten en producten die 'exquisite' zijn.

7. Krijgt u (negatieve) kritiek op uw werk? Indien ja, hoe verdedigt u zich hiertegen?

- Whitaker kreeg negatieve kritiek gedurende de 40 jaar dat ze met de technologie werkte, commentaren als “de machine maakt het werk” en “het is niet echt schilderen of beeldhouwen”. Ze beschrijft hoe er in de jaren 1980 inderdaad een grote angst voor de technologie was en de vrees dat traditionele werkmethoden werden vervangen. Galerijen weigerden toen het werk tentoon te stellen en zelfs vandaag nog. Ook benoemt ze de problemen van de communicatie tussen kunstenaars en ‘*fabricators*’ waarbij een gemeenschappelijke taal nodig is en de moeilijkheid om de programma’s onder de knie te krijgen.
- Ook voor Lukášová is de meest voorkomende kritiek dat haar werk geen beeld is omdat het niet handmatig werd gemaakt. Ze zegt dat mensen het machinale als goedkoop zien, als niet origineel omdat de perceptie van een sculptuur nog steeds erg traditioneel is. Alsof het publiek daarin zijn laatste ‘*faith in reality*’ heeft gestoken.
- Brown kreeg weinig kritiek op tentoonstellingen tussen 2002 en 2005.
- Dupont zegt dat hij vaak negatieve kritiek krijgt, maar niet de nood voelt zich te verdedigen en dat kunst subjectief is. Dit lijkt erop te wijzen dat de kritiek niet specifiek over het gebruik van CAD en CAM gaat of de effecten die ze voortbrengen.
- Vavarella beschrijft kritiek die hij kreeg zonder relevantie voor het onderwerp, namelijk dat zijn werk te didactisch is.
- Isherwood kreeg commentaar van een andere kunstenaar die beweerde dat de computer het werk maakt en niet hijzelf. Hij reageerde hierop door te zeggen dat die kunstenaar zijn werk ook niet zelf maakt maar dat zijn assistenten dit doen. De kunsthandelaar André Emmerich vertelde hem eens dat je nooit iemand moet uitnodigen om te komen eten en daarna de keuken laten zien.
- Ball zegt dat alle kunstenaars bekritiseerd worden, maar dat hij sinds de aanvang van zijn gebruik van moderne technieken weinig kritiek heeft gekregen. Hij zegt hierover dat hij zijn werk tentoonstelt in een milieu waar progressief denken wordt geprezen.

4.4. Analyse en conclusies

Uit de antwoorden op de eerste vraag kan afgeleid worden dat er drie generaties van respondenten zijn. De twee oudste kunstenaars, Brown en Whitaker gebruiken CAD sinds de jaren 1980, vóór de uitvinding van de 3D-print. Zij komen uit de generatie die begon uit interesse naar nieuwe mogelijkheden. Beiden waren bij de eerste gebruikers van 3D-printtechnologie. Isherwood en Ball kwamen bij de technologie uit praktische overwegingen rond het jaar 2000, toen zowel CAD en CAM ontwikkeld en beschikbaar waren. Isherwood en Ball zijn beiden rond 1960 geboren. Dupont kwam bij de computer technieken vanuit zijn interesse in computervervorming van het lichaam en conceptuele kritiek op deze technologie. Lukášová is door het zien van CNC bij de wereld van CAD en CAM gekomen en Vavarella zeer recent door interesse in technologie op zich. Zij zijn allemaal gefascineerd door digitale technologie, haar mogelijkheden en conceptuele waarde. De laatste groep vertegenwoordigt de gebruikers van vandaag. Opvallend aan deze laatste groep is dat ze allen al kunstenaar waren en pas daarna de computer op hun pad is gekomen, op relatief gezien latere leeftijd. Lukášová kocht haar eerste computer toen ze 28 was, ook Vavarella was bij aanvang 28 en in 2004 was Dupont 36. Lukášová en Dupont zijn geboren rond 1970. Er is vandaag een vierde generatie die opgegroeid is met de technologie en deze vanaf het begin gebruikt. De grote trekpleisters voor CAD en CAM zijn interesse in het proces en de technische mogelijkheden daarvan.

Brown en Whitaker wijzen bij vraag twee op het onderzoek en de evolutie van de programma's die hun werk hebben beïnvloed. Isherwood en Ball beschrijven manieren om tot een werk te komen. Voor Isherwood gaat het om experimenteren en werken te maken die alleen digitaal gemaakt kunnen worden. Ball zegt iets vergelijkbaars door beelden zo gedetailleerd mogelijk te maken wat alleen met een computer en een CAM-machine kan. Zij groeien verder in dit streven. Dupont en Lukášová stellen een conceptuele verschuiving in het denken over de beeldhouwkunst vast. Er wordt met vele vormen van media geëxperimenteerd. Vooral het conceptueel denken is kenmerkend en meer interesse in de ruimere digitale cultuur. Het bevestigt dat beeldhouwers door het gebruik van computers kunnen evolueren naar multimedia-kunstenaars die de mogelijkheden buiten sculptuur en interesse in grotere systemen rond en binnen het digitale van *tracking*, *mapping* en *surveillance* verkennen. Vavarella gaf een mooi antwoord dat hij zijn ideeën alleen kon overbrengen via dezelfde technologische hulpmiddelen die hem geïnspireerd hadden om erover na te denken.

Naar aanleiding van vraag drie naar de invloed van de technologie op de beeldhouwkunst wordt die het vaakst als *tool* omschreven, een werkproces om tot een resultaat te komen. Het wegvallen van materiaal wordt opgenoemd met gevolgen als vergroten en verkleinen, en een variëteit aan sculpturale variaties. Lukášová en Dupont wijzen op het conceptuele potentieel. Ball stelt dat hij als conceptueel kunstenaar door deze technieken beelden kan produceren. Vooral Lukášová maakt de interessante opmerking dat voor haar de grootste invloed op de beeldhouwkunst is dat kunstenaars conceptueel gaan denken. Elke andere kunstvorm kan een object worden met CAM als een manier om deze te produceren.

Inzake eigen ideeën en bedenkingen lopen de antwoorden op vraag vier uiteen en zijn nauw verbonden met de werkwijze van de kunstenaars. Whitaker wijst op de kankerverwekkende risico's van 3D-prints en Brown schrijft zeer mooi over de 'wonderlijke andere plaats' binnen het CAD-programma. Dupont ziet technologie als iets om tegenin te gaan. Voor Isherwood moet er steeds rekening gehouden worden met het creatieve, gedachten en gevoelens. Voor Ball zijn *3D-scans* een objectieve manier van kopiëren.

De relatie tussen reëel en virtueel wordt in antwoord op vraag vijf vooral als twee aparte werelden gezien en een andere manier van ervaren. Niemand zei iets over het digitale in het materiële of wat er gebeurt wanneer het één overgaat in het ander. Whitaker ziet het virtuele en het reële als twee verschillende realiteiten. Ook Isherwood ziet het zo maar heeft een voorkeur voor het reële, het tastbare. Brown gebruikt de virtuele wereld omwille van zijn mogelijkheden om die 'nieuwe orde' van objecten te brengen naar het materiële door CAM. Lukášová gaf het interessantste antwoord door het virtuele te vergelijken met *unsettled dust* waarbij het alles kan worden van VR, animatie, AR, afbeeldingen enzovoort. Dit komt overeen met de stellingen in hoofdstuk 2. Bij de ene zijn wij het die de digitale wereld bezoeken, bij de andere bezoekt de digitale de onze. Maar het is de impact van het werk, virtueel of reëel, die het belangrijkste is, aldus Lukášová.

Ook op vlak van inspiratiebronnen lopen de antwoorden op vraag zes sterk uiteen en zijn te nauw verbonden met de werkwijze van de kunstenaars om conclusies te trekken. Toch is het interessant dat er naar de systeemkunst van de jaren 1960 en 1970 wordt verwezen door Dupont en Brown. "Het vinden van een vorm en kunst als reactie op de tijd waarin ze werd gemaakt."²³⁰ Een boeiende conclusie is dat er zowel naar wetenschap als elementen van digitale cultuur verwezen wordt.

De verandering in kritische receptie rond 2000 wordt bevestigd in de antwoorden op vraag zeven door de kunstenaars. Whitaker bevestigt de moeilijke jaren 1980 en de tentoonstellingen van Brown van 3D-prints na 2000 wijzen op de verandering in onthaal vanaf dan. Ball beweert dat hij, sinds hij begonnen is met het gebruik van moderne technieken weinig kritiek heeft gekregen. Toch opvallend dat Whitaker nog steeds moeilijkheden ondervindt met galerijen. Lukášová en Isherwood kregen te maken met de opmerking dat een sculptuur dat niet handmatig maar door de computer werd gemaakt geen sculptuur is. Het hardnekkige misverstand leeft vandaag nog voort en wordt bevestigd door Lukášová en Isherwood. Geen van de zeven bevraagde kunstenaars lijkt zich hieraan te storen en hun gebruik van CAD en CAM heeft geen negatieve invloed (meer) op hun plaats binnen de kunstwereld en de markt.

²³⁰ Dupont 2018, persoonlijke quote zie bijlagen

Algemeen Besluit

CAD en CAM hebben de beeldhouwkunst op verschillende manieren beïnvloed. Het gebruik van CAD en CAM is vandaag geaccepteerd en komt veel voor in de kunstwereld, al had het een moeilijke ontvangst in hun beginjaren. Geleidelijk werden de programma's toegankelijker en kwamen er gesofisticeerde en betaalbare pakketten vanaf de jaren 2000. Die programma's zijn niet meer verbonden aan wetenschap of een niche computergemeenschap zoals vroeger. Vandaag is de houding tegenover het gebruik van CAD en CAM er een van onverschilligheid, met alleen kritische reacties wanneer de computer expliciet wordt vermeld. Het gebruik van computertechnieken is nu niet meer nieuw. Toch leeft nog steeds het misverstand dat werken met behulp van computertechnologie simpelweg 'op een knop drukken' is. Het benutten van deze technieken heeft geen negatieve invloed op de positie van de kunstenaar in de kunstwereld of op de kunstmarkt. De prijs van kunstwerken die met deze technologie worden gemaakt blijft nagenoeg onveranderd.

Additieve CAM zoals 3D-print kan vormen printen die men onmogelijk op andere manieren kan maken, door laagjes vloeibaar materiaal op elkaar te plaatsen. Subtractieve CAM zoals CNC-frezen kan sculpturen op grote schaal in traditionele materialen zoals hout en steen realiseren, waardoor technische vaardigheden niet meer essentieel zijn om een beeldhouwwerk in die materialen te produceren. Nadelen van 3D-printen zijn schadelijke dampen, verontreinigende materialen en een beperkt formaat. Nadelen van CNC-frezen zijn dat het sporen in het oppervlak nalaat en detailafwerking beperkt is. Los van esthetische vragen over het resultaat en het feit dat beelden sneller dan ooit tot stand komen, zijn ze sterker, preciezer en gemaakt met minder materiaal, specifiek in het geval van 3D-print. Digitale simulaties kunnen aantonen of een groot werk stevig genoeg is om te blijven staan, of waar er voor de stevigheid meer materiaal of steunen moeten worden toegevoegd. Hyperrealistische simulaties van een werk in-situ zijn mogelijk, om te testen hoe het werk in de omgeving zou staan, met simulaties van materiaal. En misschien de grootste nieuwigheid; het materialiseren van het ontastbare.

Op de computer is een werk virtueel en immaterieel. Tastbaarheid is geen definiërende eigenschap van de beeldhouwkunst meer. In plaats daarvan is het rond het werk kunnen navigeren door de toeschouwer, en het werk in zijn drie dimensies kunnen zien, bepalend voor een sculptuur. Een kenmerk van een digitaal beeld is de *interface* waarmee er rond het werk genavigeerd wordt. Dit kan bijvoorbeeld via een computermuis, *touchscreen*, *augmented reality* of het kan deel worden van een virtuele-realiteitsinstallatie. Een beeld draagt het vermogen in zich om binnen verschillende platformen en media gebruikt te worden.

Door het gebruik van zowel CAD als CAM kan het beeldhouwwerk een machinaal of 'computerachtig' uiterlijk krijgen of behouden. De meest voorkomende applicatie van CAD/CAM is het vergroten en verkleinen, of het puur functioneel produceren van een sculptuur. Een kenmerk hiervan is vaak het gladde oppervlak door het wegschuren van de productiesporen. Voor de meeste beeldhouwers is de belangrijkste impact van CAD en CAM het winnen van snelheid en efficiëntie. Beeldhouwwerken hoeven niet meer handmatig uitgevoerd te worden.

CAD-programma's zijn zo uiteenlopend en gesofisticeerd dat vormelijk eigenlijk alles mogelijk is geworden. Deze programma's variëren van boetseerprogramma's met traditionele elementen tot simulatieprogramma's, industrieel of generatief design. Belangrijk is dat het ontwerpproces niet wegvalt maar vervat zit in het CAD-programma. Dankzij CAD zijn verschillende bewerkingen mogelijk waardoor beelden gevormd en vervormd kunnen worden. Hierbij is letterlijk alles realiseerbaar, zonder barrières als zwaartekracht of materiaaleigenschappen.

CAD-programma's bieden diverse effecten aan zoals het 'uit-elkaar-getrokken' effect, maar het nieuwe bestaat niet meer als louter stilistische innovatie. Noch de esthetische effecten binnen de programma's, noch de uiterlijke kenmerken van machines of het digitale uiterlijk dat erdoor werd verkregen, zijn wat de technologie interessant maken. Zij veranderen de beeldhouwkunst niet fundamenteel.

De invloeden op de beeldhouwkunst kunnen in drie punten worden samengevat:

1. De eerste cruciale invloed van CAD is dat het resulteert in sculpturen die zonder deze techniek nooit gemaakt zouden worden, en nooit eerder konden bestaan. Vormen die in een wereld zonder materiaaleigenschappen of limieten ontstaan, zijn anders dan werken die in het atelier worden gebeeldhouwd. Sculpturen, composities en vormvariaties kunnen op een nieuwe manier verkregen worden, zoals via simulatieprogramma's en generatieve programma's.
2. De tweede belangrijke winst voor de sculptuur bestaat in de snelheid waarmee werken gemaakt kunnen worden in een CAD-programma. Het productieproces valt weg want het werk wordt door een CAM-machine gematerialiseerd. Het wegvallen van het fysieke maakproces, zijn traditie, en technische kunnen, laat toe dat de kunstenaar letterlijk al zijn tijd in het creëren kan steken, in plaats van in het uitvoeren daarvan. Materiaal is niet meer verbonden aan techniek.

3. De derde belangrijke innovatie is het verplaatsen naar het virtuele. Digitaal bevindt het 3D-object zich in een superpositie met de mogelijkheid tot positieverandering naar verschillende vormen zoals afbeeldingen, video's en animaties of gebruik in virtuele realiteit. De beeldhouwkunst is voor een groter aantal kunstenaars toegankelijk geworden dankzij CAD en downloadbare 3D-objecten of scans. Multimedia-kunstenaars kunnen sculpturen maken, net zoals beeldhouwers hun werk kunnen omzetten en zo zelf multimedia-kunstenaars worden. CAD reikt immers meer mogelijkheden aan dan alleen sculptuur. Samenwerkingen, collectieven en interdisciplinaire kruisbestuiving in netwerken en het werk verspreiden buiten het galerij-circuit worden makkelijker.

Op de 'effecten' na zijn digitaal gecreëerde kunstwerken onderling zeer verschillend, met diverse achtergronden, ideeën en redenen voor het gebruik van computers. Dit bleek eveneens uit de antwoorden van de geïnterviewde kunstenaars in het kader van deze scriptie. Kunstenaars die deze technieken gebruiken doen dit vooral uit nieuwsgierigheid of zijn gemotiveerd door de technologie zelf, haar conceptuele waarde of technische mogelijkheden, ook de mogelijkheden buiten sculptuur. Er kunnen interessante parallellen naar digitale cultuurelementen gemaakt worden zoals de *copy-and-paste* cultuur, appropriatie en vervorming van een origineel. Thema's die terugkomen zijn het narratieve, de visualisatie van het eigen bestaan of eigen lichaam binnen een artificiële wereld en artificiële levensvormen, computers of het falen daarvan, en grotere systemen rond en binnen het digitale zoals *tracking*, *mapping* en *surveillance*.

Voor de eerste keer in een lange tijd krijgt de beeldhouwkunst een wezenlijke *update* om mee te spelen: iets om voor of tegen te zijn, te gebruiken of af te wijzen. Technologie die decennia buiten bereik lag is gratis en voor iedereen beschikbaar, met mogelijkheden die nog nooit eerder bestonden.

Bronnen²³¹

Aparicio, Carmen Fernández. “Escultura MOVUNT (MOVUNT Sculpture)” *Museo Reina Sofía*. 2009. Web. Beschikbaar: <https://www.museoreinasofia.es/en/collection/artwork/escultura-mouvnt-mouvnt-sculpture-1>

Apter, Michael J. “Cybernetics and Art”. *Leonardo*. The MIT Press, Volume 2, Nummer 3, 1969: P 257 – 265. Web. Beschikbaar: <https://pixlpa.com/pile/sfai/cyberneticsandart.pdf>

Arabe, Katarina C. “CAD/CAM: Past, Present and Future”. *Thomas For Industry*. Top Industrial, 23 februari 2001. Web. Beschikbaar: https://news.thomasnet.com/imt/2001/02/23/cadcam_past_pre

Autodesk. Web. Beschikbaar: <https://knowledge.autodesk.com/>

Barandy, Kat. “Ken Kelleher occupies digital world public spaces with colossal sculptural objects” *Designboom*. 30 augustus 2018. Web. Beschikbaar: <https://www.designboom.com/art/ken-kelleher-digital-sculpture-08-30-18/>

Baudrillard, Jean. *Simulacra and Simulation, The Body, in Theory: Histories of Cultural Materialism*. Michigan: University of Michigan Press, 1994 (1981). Print.

Berk, Anne. “Shape Shifter, the computer in the oeuvre of Tony Cragg”. 2012. Web. Beschikbaar: <https://anneberk.nl/articles-english/tony-cragg/>

Berkeley, Edmund C. “Computer Art Contest” *Computers and Automation*. Berkeley: januari 1963. Web. Beschikbaar: https://archive.org/stream/bitsavers_computersA_6480024/196308#page/n1/mode/2up

Bézier, Pierre. “A View of the CAD/CAM Development Period” *IEEE Annals of the History of Computing*. Institute of Electrical and Electronics Engineers, Number 2, 1998. Web. Beschikbaar: <https://www.scribd.com/document/454076/A-View-of-the-CADCAM-Development-Period>

Bishop, Claire. “Digital Divide: Contemporary Art And New Media” *Artforum International Magazine*. September 2012. Web. Beschikbaar: <https://www.artforum.com/print/201207/digital-divide-contemporary-art-and-new-media-31944>

Bodow, Steve. “The Whitney's Digital Sampler”. *New York Magazine*. New York Media, 2001. Web. Beschikbaar: <http://nymag.com/nymetro/arts/features/4507/>

Bolter, Jay en Grusin, Richard. *Remediation, Understanding New Media*. Massachusetts: MIT press, 2000. Print.

²³¹ Alle websites werden geraadpleegd tussen 1/10/2018 en 28/05/2019.

- Bowen, David. "David Bowen: Tele-Present Water at WRO Biennale 2011 2011". *VernissageTV*. Youtube: 24 mei 2011. Web. Beschikbaar: <https://www.youtube.com/watch?v=FDbMTBlDIY>
- Bozdoc, Marian. "History of CAD" *MBDesign*. Auckland, Nieuw-Zeeland, 1999-2003. Web. Beschikbaar: <http://www.mbdesign.net/mbinfo/CAD1990-92.htm>
- Bukatman, Scott. *Terminal Identity the Virtual Subject in Postmodern Science Fiction*. Durham: Duke University Press, 1993. Print.
- Burnham, Jack: A. "Systems Aesthetic". *Artforum International Magazine*. 1968. Web. Beschikbaar: https://monoskop.org/File:Burnham_Jack_1968_Systems_Esthetics_Artforum.pdf
- Burnham, Jack: B. *Beyond Modern Sculpture: The Effects of Science and Technology on the Sculpture of This Century*. New York: George Braziller, 1968. Print.
- Cadazz. 2004. Web. Beschikbaar: <http://cadazz.com/index.htm>
- Cascone, Kim. "The aesthetics of failure: "Post-digital" tendencies in contemporary computer music". *Computer Music Journal*. MIT Press Journals, 2000. Web. Beschikbaar: https://www.academia.edu/1764776/The_aesthetics_of_failure_Post-digital_tendencies_in_contemporary_computer_music
- Connor, Michael. "What's Postinternet Got to do with Net Art?" *Rhizome*. New Museum, New York City, 1 november 2013. Web. Beschikbaar: <http://rhizome.org/editorial/2013/nov/01/postinternet/>
- Corbett, Rachel. "Koons at cutting edge with giant stone mills". *The Art Newspaper*. Umberto Allemandi & Co, 3 maart 2015. Web. Beschikbaar: <https://www.alminerech.com/file/1244/download>
- Coupland, Douglas. "What if There's No Next Big Thing?" *e-flux Journal*. Sternberg Press, #74, juni 2016. Web. Beschikbaar: <https://www.e-flux.com/journal/74/59778/what-if-there-s-no-next-big-thing/>
- Csuri, Charles. "Early Sculpture". *Csurivision*. 18 september 2008. Web. Beschikbaar: <http://www.csurivision.com/index.php/2008/09/early-sculpture/>
- Cubitt, Sean. "Environmental costs of going digital". *Artlink*. Australia, 2009. Web. Beschikbaar: <https://www.artlink.com.au/articles/3312/environmental-costs-of-going-digital/>
- Cubitt, Sean. *Digital Aesthetics*. Nottingham: Sage Publications, 1998. Print.
- De Visser, Ad. *De Tweede Helft, Beeldende Kunst na 1945*. Nijmegen: Sun, 1998. Print.
- Debatty, Régine. "Interview with Marisa Olson". *We Make Money Not Art*. 28 maart 2008. Web. Beschikbaar: http://we-make-money-not-art.com/how_does_one_become_marisa/

Dorfman, Peter. "How Would Michelangelo's Sculpture Look if He'd Had Robot Apprentices?" *Redshift*. Autodesk, 5 december 2018. Web. Beschikbaar: <https://www.autodesk.com/redshift/robot-sculpture/>

Draper, James David. *The passion of Jean-Baptiste Carpeaux*. New York: Metropolitan Museum of Art, 2014. Print.

Gardiner, Jeremy. "The Digital Atelier: How Subtractive Technologies Create New Forms" *CAT 2010 London Conference*. BCS, The Chartered Institute for IT, 3 februari 2010. Web. Beschikbaar: https://www.bcs.org/upload/pdf/ewic_ca10_s4paper2.pdf

Garkavenko, Alex. "Let's Be Honest: Technology Is Just Another Form Of Craft" *Architizer*. 2014. Web. Beschikbaar: <https://architizer.com/blog/practice/details/mad-out-of-hand/>

Gever, Eyal. "Artist Statement". Web. Beschikbaar: <http://www.eyalgever.com/artiststatement>

Goodman, Cynthia. *Digital Visions, Computers And Art*. New York: Harry N. Abrams Publishers, 1987. Print.

Gottschalk, Molly. "Virtual Reality Is the Most Powerful Medium of Our Time". *Artsy*. 15 maart 2016. Web. Beschikbaar: <https://www.artsy.net/article/artsy-editorial-virtual-reality-is-the-most-powerful-artistic-medium-of-our-time>

Gronlund, Melissa. *Contemporary Art and Digital Culture*. New York: Routledge, 2017. Print.

Hansen, Mark B.N. "The Affective Topology Of New Media Art". *Spectator*. Publishing Company, 2002: P. 40-70. Web. Beschikbaar: <http://www.robertlazzarini.com/new-page-3>

Hansen, Mark B.N. *New Philosophy For New Media*. Massachusetts: MIT Press, 2006. Print.

Harman, Graham. *Immaterialism*. Cambridge: Polity, 2016. Print.

Hauser & Wirth. "Paul McCarthy WS Spinoffs Wood Statues Brown Rothkos". 2017. Web. Beschikbaar: <https://www.hauserwirth.com/hauser-wirth-exhibitions/5932-ws-spinoffs-wood-statues-brown-rothkos>

Hayward, Philip. *Culture, Technology & Creativity In The Late Twentieth Century*. London: John Libbey & Company Ltd, 1990. Print.

Heiser, Jörg. "Torture and Remedy: The End of -isms and the Beginning Hegemony of the Impure". *e-flux Journal*. Sternberg Press, #11, december 2009. Web. Beschikbaar: <https://www.e-flux.com/journal/11/61346/torture-and-remedy-the-end-of-isms-and-the-beginning-hegemony-of-the-impure/>

Henry, Max. "Secession, Vienna, Austria". *Frieze*. 12 mei 2016. Web. Beschikbaar: <https://frieze.com/article/oliver-laric>

Hope, Cat en John, Ryan. *Digital Arts, An Introduction To New Media*. New York: Bloomsbury, 2014. Print.

Hopkins, David. *After Modern Art 1945 – 2000*. Oxford: Oxford University Press, 2000. Print.

Kholeif, Omar. *You Are Here – Art After the Internet*. Manchester/London: HOME and SPACE, 2017. Print.

Kimmelman, Michael. "Art Review; Creativity, Digitally Remastered". *New York Times*. NYT Company, 23 maart 2001. Web. Beschikbaar: <https://www.nytimes.com/2001/03/23/arts/art-review-creativity-digitally-remastered.html>

Krassenstein, Eddie. "Thirteen 3D Printed Liberator Guns Make Up This Unique Chandelier". *3Dprint.com*. 3DR Holdings, 14 augustus 2015. Web. Beschikbaar: <https://3dprint.com/89195/liberator-rounds-chandelier/>

LaBelle, Charles. "Karin Sander". *Frieze*. Issue 51, maart/ april 2000. Web. Beschikbaar: <https://frieze.com/article/karin-sander>

Laposky, Ben F. "Electronic Abstracts - Art for the Space Age". *Proceedings of the Iowa Academy of Science*. Iowa Academy of Science, Vol. 65, 1958. Web. Beschikbaar: <https://scholarworks.uni.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2738&context=pias>

Latour, Bruno en Lowe, Adam. *The Migration of the Aura – or How to Explore the Original Through Its Facsimiles Switching Codes. Thinking Through Digital Technology in the Humanities and the Arts*. Chicago: University of Chicago Press, 2011. Print.

Leavitt, Ruth. "Robert Mallary". *Artist And Computer (1976)*. Atariarchives. Web. Beschikbaar: <https://www.atariarchives.org/artist/sec2.php>

Lee, J.A.N. *International Biographical Dictionary of Computer Pioneers*. London: Fitzroy Dearborn Publishers, 1995. Print.

Leonardi, Paul M, et al. *Materiality and Organizing: Social Interaction in a Technological World*. Oxford: Oxford University Press, 15 augustus 2012. Print.

Lippard, Lucy R. *Six Years: The dematerialization of the art object from 1966 to 1972*. California: University Of California, 1997. Print.

Lovejoy, Margot en Paul, Vesna. *Context Providers: Conditions of Meaning in Media Arts*. Chicago: Intellect, The University of Chicago Press, 2011. Print.

Lovejoy, Margot. *Digital Currents: Art in the Electronic Age*. Abingdon: Routledge, 2004. Print.

Mallary, Robert. "Computer Sculpture". *Artforum International Magazine*. Mei 1969. Web. Beschikbaar: <https://archive.org/details/ComputerSculptureArticleByRobertMallaryInArtforumMay1969-Pulsa/page/n1>

McHugh, Gene. *Post Internet*. Lulu.com, 2011. Print.

McLuhan, Marshall. *The Global Village, Transformations in World Life and Media in the 21st Century*. Oxford: Oxford University Press, 1992. Print.

Mohr, Manfred en Leavitt, Ruth, *et al.* *Artist and Computer*. New York: Harmony Books – a division of Crown Publishers, 1976. Print.

Morucchio, Giulia. “Intervista con Carola Bonfili | 3412 KAFKA”. *ATP Diary*. 24 januari 2018. Web. Beschikbaar: <http://atpdiary.com/carola-bonfili-3412-kafka-ro/>

Naves, Mario. “The Whitney’s Virtual Art: It’s Not the Real Thing”. *Observer*. 28 mei 2001. Web. Beschikbaar: <https://observer.com/2001/05/the-whitneys-virtual-art-its-not-the-real-thing/>

Noll, Michael A. “Choreography and Computers”. *Dance Magazine*. Macfadden Communications Group, Volume XXXI, Nummer 1, januari 1967. Web. Beschikbaar: <http://noll.uscannenber.org/Art%20Papers/Choreography.pdf>

Noll, Michael A. “The Beginnings of computer Art in the United States: A Memoir”. *Computers & Graphics*. Elsevier publishing, 1994. Web. Beschikbaar: https://monoskop.org/images/5/58/Noll_A_Michael_1994_The_Beginnings_of_Computer_Art_in_the_United_States_A_Memoir.pdf

Palagia, Olga. “Did the Greeks use a pointing machine?”. *Bulletin Archeologique* 30. l'Institut Archéologique du Luxembourg, 2003. Web. Beschikbaar: https://www.academia.edu/3725376/Did_the_Greeks_use_a_pointing_machine

Pangburn, DJ. “3D-Printed 'Liberator' Guns Become a Chandelier Sculpture, Addie Wagenknecht turns the impossible-to-regulate weapon into art”. *Vice.com*. Vice Media, 6 augustus 2015. Web. Beschikbaar: https://www.vice.com/en_us/article/aenez/3d-printed-liberator-guns-become-a-chandelier-sculpture

Paul, Christiane. *A Companion to Digital Art*. West Sussex: John Wiley & Sons, 2016. Print.

Paul, Christiane. *Digital Art*. London: Thames & Hudson, 2015. Print.

Pold, Søren. “Interface Realisms, The interface as aesthetic form”. *Postmodern Culture*. JHU Press, 2005. Web. Beschikbaar: https://pure.au.dk/ws/files/41906888/The_Aesthetics_of_InterfacePMCv4.pdf

Quaranta, Domenico. “NET.ART: The First Life of Net Art: UBERMORGEN, JODI, Vuk Cosic, Olia Lialina”. *Spikeartmagazine.com*. Art Club, #49, 2016. Web. Beschikbaar: <https://www.spikeartmagazine.com/en/articles/netart>

Quaranta, Domenico. *Beyond New Media Art*. Brescia: LINK Editions, 2013. Print.

Rampley, Matthew. “Systems Aesthetics: Burnham and Others”. *Virose.pt*. Virose ACR, januari 2005. Web. Beschikbaar: http://www.virose.pt/vector/b_12/rampley.html

Rappolt, Mark. “Paul McCarthy”. *Artreview*. September 2015. Web. Beschikbaar: https://artreview.com/features/september_2015_feature_paul_mccarthy/

Reichardt, Jasia. “Computer art”. *Studio International*. The Studio International Foundation, Volume 173, Nummer 889, mei 1967: P. 222-223. Web. Beschikbaar: <https://www.studiointernational.com/index.php/computer-art-jasia-reichardt>

Reichardt, Jasia. *Cybernetics, Art And Ideas*. New York: New York Graphic Society, 1971. Print.

Rheingold, Howard. *Virtual Reality*. London: Secker & Warburg, 1991. Print.

Rush, Michael. *New Media in Late 20th- Century Art*. London: Thames & Hudson, 2001. Print.

Sanchez, Michael. "Michael Sanchez on Art and Transmission". *Artforum*. 2013. Web. Beschikbaar: http://advancedindividualprojects2013.blogspot.com/2013/09/blog-post_15.html

Schneider, Tim. "Who Needs Assistants When You Have Robots? Jeff Koons Lays Off Dozens in a Move Toward a Decentralized, Automated Studio Practice". *Artnet*. Worldwide Corporation: 17 januari 2019. Web. Beschikbaar: <https://news.artnet.com/art-world/jeff-koons-downsizing-1442788>

Schrödinger, Erwin. "Die gegenwärtige Situation in der Quantenmechanik (The present situation in quantum mechanics)". *Die Naturwissenschaften*. Springer Science+Business Media, Volume 23, Issue 48, 1935: P. 807-812. Web. Beschikbaar: <https://homepages.dias.ie/dorlas/Papers/QMSTATUS.pdf>

Scratchapixel.com. 2009-2016. Web. Beschikbaar: <https://www.scratchapixel.com/>

Seed, John. "The Possibilities and Problems of Fabricated Sculpture". *Huffington Post*. HP Media Group, 6 december 2017. Web. Beschikbaar: https://www.huffingtonpost.com/john-seed/the-possibilities-and-pro_b_9121884.html?guccounter=1&guce_referrer_us=aHR0cHM6Ly93d3cuZ29vZ2xlMmJlLw&guce_referrer_cs=RUCpliZOT0SLY1uwjStMQ

Sennett, Richard. *The Craftsman*. London: Penguin, 2008. Print.

Short, D. B, et al. "Environmental, health, and safety issues in rapid prototyping". *Rapid Prototyping Journal*. Emerald Group Publishing, 21.1, 2015: P. 105-110. Web. Beschikbaar: https://www.researchgate.net/publication/236587479_Environmental_Health_and_Safety_Issues_in_Rapid_Prototyping

Siggraph. Web. Beschikbaar: <https://www.siggraph.org/artdesign/profile/csuri/artworks/plot/plot16.html>

Souter, Anna. "Post-Internet Art: The Search For A Definition". *Roman Road Journal*. 22 augustus 2017. Web. Beschikbaar: <https://romanroadjournal.com/post-internet-art-the-search-for-a-definition/>

Stewart, Jessica. "Incredible Virtual Sculptures Show the Power of Public Art". *My Modern Met*. 21 december 2018. Web. Beschikbaar: <https://mymodernmet.com/ken-kelleher-public-sculpture-renderings/>

Stokoe, Claire. "The Rise Of The Virtual Sculptor". *Noupe.com*. JotForm: 5 juli 2011. Web. Beschikbaar: <https://www.noupe.com/inspiration/showcases/the-rise-of-the-virtual-sculptor.html>

Taylor, Grant D. *When the Machine Made Art, The Troubled History of Computer Art*. New York: Bloomsbury Publishing, 2014. Print.

Teasdale, Paul. "Reviews/ Currents: 3D Printing". *Frieze*. 31 mei 2013. Web. Beschikbaar: <https://frieze.com/article/currents-3d-printing>

Terranova, Charissa. "Interview: Tony Cragg" ...*Might Be Good*. Fluent-Collaborative, Issue #177, 28 oktober 2011. Web: Beschikbaar: <http://www.fluentcollab.org/mbg/index.php/interview/index/177/110>

Theys, Hans. "Eindeloze beweging, Over het werk van Nick Ervinck". 22 februari 2016. Web. Beschikbaar: <http://nickervinck.com/src/Frontend/Files/Texts/files/1457339763.pdf>

Van Hampton, Tudor. "Machines for Building That Serve a Higher Purpose". *The New York Times*. NYT Company, 1 november 2013. Web. Beschikbaar: <https://www.nytimes.com/2013/11/03/automobiles/machines-for-building-that-serve-a-higher-purpose.html>

van Lieverloo, Karin. *Gevaar & Schoonheid, Turner en de traditie van het sublieme*. Twente: Waanders en de Kunst, 2015. Web. Beschikbaar: https://static1.squarespace.com/static/5626b23fe4b0869ef505637a/t/56a6b8b9a2bab826bed1b87/1453766864070/Binnenwerk_Turner+20-8-2015+DEFINITIEF.pdf

Volk, Gregory. "Karin Sander: Hybrid Encounters". *Sculpture Magazine*. International Sculpture Center, Volume 18, Nummer 10, december 1999. Web. Beschikbaar: <https://www.sculpture.org/documents/scmag99/dec99/sander/sander.shtml>

Wade, Stephanie. "Contorting Sculptures In Public Spaces By Ken Kelleher". *iGNANT*. 24 september 2018. Web. Beschikbaar: <https://www.ignant.com/2018/09/24/contorting-sculptures-in-public-spaces-by-ken-kelleher/>

Wallace, Ian. "What Is Post-Internet Art? Understanding the Revolutionary New Art Movement". *Artspace*. Phaidon: 18 maart 2014. Web. Beschikbaar: https://www.artspace.com/magazine/interviews_features/trend_report/post_internet_art-52138

Wands, Bruce. *Art Of The Digital Age*. London: Thames & Hudson, 2006. Print.

Weisberg, David E. "A Brief Overview of the History of CAD" *CADHistory*. 2008. Web. Beschikbaar: <http://www.cadhistory.net/02%20Brief%20Overview.pdf>

Wells, Rachel. *Scale in Contemporary Sculpture: Enlargement, Miniaturisation and the Life-size*. Farnham: Ashgate Publishing, 1 januari 2013. Print.

Willats, Stephen. *Art And Social Function*. Londen: Ellipsis, 2000. Print.

Wisnioski, Matthew. *Engineers for Change: Competing Visions of Technology in 1960s America*. Massachusetts: The MIT Press, 2012. Print.

Yi, Jinghai, *et al.* "Emission of particulate matter from a desktop three-dimensional (3D) printer" *Journal of Toxicology and Environmental Health*. Taylor & Francis, Volume 79, Part A, Issue 11, 2016. Web. Beschikbaar:

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15287394.2016.1166467?scroll=top&needAccess=true>

Glossarium

2.5D: Ook pseudo-3D genoemd is een mix van twee- en driedimensionaal. Een soort ondiep reliëf met 3D-effect.

3D-bestand: Het bestandstype of formaat waarin een 3D-object wordt opgeslagen. De meest voorkomende bestanden zijn OBJ en STL bestanden.

3D-boetseerprogramma: Een computerprogramma waarmee digitaal geboetseerd kan worden.

3D-boetseren: Het in 3D werken op een computer.

3D-imaging: Ook wel stereoscopie of 3D-beeldvorming genoemd is een techniek die wordt gebruikt om driedimensionale beelden weer te geven met de illusie van diepte.

3D-printer: Een printer die driedimensionale objecten afdrukt. In detail uitgelegd in hoofdstuk 2.3.1.

3D-scan: Het proces van het verzamelen van driedimensionale gegevens over een fysiek object om deze te digitaliseren.

ABB: Een producent van zes-assige robotarmen. ABB (ASEA Brown Boveri) is een Duits merk.

ABS: Acrylonitril-butadiëen-styreen is een thermoplast, een kunststof dat bij verhitting zacht wordt.

Additive manufacturing: Een maakproces dat werkt volgens het principe van toevoeging.

Algoristen: De benaming van kunstenaars die algoritmes maken en gebruiken. De letterlijke betekenis van het woord algorist is rekenwonder.

Algoritmen: Reeksen van logische procedures om problemen op te lossen in een aantal stappen.

Algoritmische kunst: Een algoritme of programma dat werd geschreven met de intentie om kunst te maken

Animatie: Techniek waarbij beweging gesuggereerd wordt door het na elkaar afspelen van verschillende stilstaande beelden.

Applicatie: Computerprogramma of computertoepassing die direct kan worden gebruikt, meer bekend onder de afkorting app.

Ars Electronica: Een Oostenrijks cultureel, educatief en wetenschappelijk instituut dat zich bezighoudt met mediakunst, opgericht in 1979.

Artificiële realiteit: Een benaming die wordt gebruikt voor virtuele realiteit en gesimuleerde omgevingen in het algemeen.

Augmented Reality/ AR: Met *augmented reality* wordt digitale informatie toegevoegd aan het werkelijke zicht. Het werk van Jeffrey Shaw is een voorbeeld van AR (Illustraties 14, 15 en 16). Deze methode wordt veel op mobiele telefoons toegepast. In het Nederlands is dit toegevoegde realiteit of TR.

Axis: De assen van machines. *3-axis*, *5-axis* en *6-* of *7-axis* zijn gebruikelijk.

Bolkoprees: Een frees met een bol uiteinde.

Bug: Een fout in een computerprogramma of een website, waardoor dit zijn functie niet (geheel) volgens de specificaties vervult. Praktisch alle programma's van enige omvang bevatten *bugs*, maar de meeste worden niet als storend ervaren of treden alleen onder zeldzame omstandigheden op.

CAD: Staat voor *Computer-Aided Design* en wordt in detail uitgelegd in hoofdstuk 2.1.

CAD-bestand: Het formaat waarin een CAD-programma wordt opgeslagen.

CAM: Staat voor *Computer-Aided Manufacturing* en wordt in detail uitgelegd in hoofdstuk 2.3.

Cartesisch coördinatenstelsel: Een coördinatenstelsel in twee dimensies met twee assen, vaak x-as en y-as genoemd, die loodrecht op elkaar staan. De punten in een dergelijk assenstelsel vormen een vlak: het xy-vlak. Een punt in een driedimensionale ruimte wordt aangegeven met x, y en z.

Celluloid film: Kunststof gemaakt uit cellulose. *Celluloid* werd jarenlang gebruikt als dragermateriaal voor filmrolletjes.

Clipping: In de context van *computergraphics* is dit het selectief weergeven van grafische data. Voorbeelden zijn het weglaten van pixels buiten het zichtbare venster bij 2D, of het weglaten van pixels die zich achter een ander object bevinden bij *3D-computergraphics*.

CNC: Staat voor *Computer Numerical Control* en wordt in detail uitgelegd in hoofdstuk 2.3.2.

Code: Dit wijst op een of meerdere van de talen die gelezen kunnen worden door een computer.

Computational: De rekenkracht van een computer.

Computer graphics: Het weergeven van beelden met behulp van computers, waarbij een onderscheid tussen 2D en 3D gemaakt wordt.

Computerkunst: Deze term wordt gebruikt voor het maken van kunst waarbij computers ergens in het proces worden toegepast.

Copy-paste: Het vermenigvuldigen van digitale bestanden door deze te kopiëren en te plakken/ elders plaatsen.

Copyright: Het exclusieve en overdraagbare wettelijke recht, dat aan de uitgever voor een bepaald aantal jaren wordt verleend, om literair, artistiek of muzikaal materiaal te drukken, uit te geven, op te voeren, te filmen of op te nemen.

Curves: Met kromme of curve, een begrip uit de wiskunde, wordt een in het algemeen niet-rechte 'lijn' aangeduid. Tussen twee of meer krommen kan een gebogen oppervlak getrokken worden.

Cyber environment: De computer-omgeving.

Cybernetic art: Kunst dat cybernetische systemen gebruikt om het werk te maken.

Cybernetisch/ cybernetica: De wetenschap die zich bezighoudt met de besturings- en communicatiemechanismen van organismen en machines.

Cyberspace: Een term om virtuele ruimten te omschrijven.

Dataïsten: Een benaming voor kunstenaars die werken met of rond data.

Digitaal Salon: Het New York Digital Salon, opgericht in 1993, is een platform voor digitale kunst dat tentoonstellingen, openbare lezingen, educatieve en openbare programma's organiseert. (www.nydigitalsalon.org)

Digital art/ digitale kunst: Een algemene term voor een reeks van artistieke werken en praktijken die gebruik maken van digitale technologie als essentieel onderdeel van het creatieve en/of presentatieproces van een kunstwerk.

Digitale cultuur: De hedendaagse fase van de communicatietechnologie, die volgt op de 19^{de}-eeuwse printcultuur en de 20^{ste}-eeuwse elektronische omroepcultuur, en die diep wordt versterkt en versneld door de populariteit van genetwerkte computers, gepersonaliseerde technologieën en digitale beelden. De opkomst van de digitale cultuur wordt meestal geassocieerd met een reeks praktijken die gebaseerd zijn op het steeds intensiever gebruik van communicatietechnologieën.

Digitality/ digitaliteit: De toestand van het leven in een digitale cultuur.

Disembodiment: Het Engelse woord voor ontlichaming.

DOCAM: Documentation and Conservation of the Media Arts Heritage is een organisatie voor het conserveren van mediakunst.

E.A.T.: Experiments in Art and Technology is een artistieke beweging uit de jaren 1970.

Elektronische kunst: Een kunstvorm die gebruik maakt van elektronische media of verwijst naar technologie en-of elektronische media. Hij is gelinkt aan informatiekunst, mediakunst, videokunst, digitale kunst, interactieve kunst en internetkunst.

Emulatie: Nabootsing van een computerfunctie door een systeem dat oorspronkelijk daarvoor niet ontworpen is. Een proces waarbij een apparaat of software functioneert alsof het een ander apparaat of programma was.

Evolutionisme: William Latham en Stephen Todd noemden hun 'nieuwe artistieke stijl' het evolutionisme.

Fractals/ Fractal geometry: Een complexe meetkundige figuur of vorm, waarin eenzelfde motief zich op steeds kleinere schaal herhaalt.

Genereren: Het voortbrengen van iets. Het genereren van een vorm is het doen ontstaan van een vorm.

Glitch(es): De onverwachte output die het gevolg is van een kortdurende elektronische of softwarematige storing. Een fout in een programma waardoor er een foute weergave op het scherm plaatsvindt.

GPS: *Global Positioning System* is een systeem bestaande uit een aantal satellieten en een apparaat dat de signalen van de satellieten ontvangt en daardoor nauwkeurig de positie van die ontvanger bepalen.

Graphic modes: Grafische modus is een computerweergavemodus die beelden genereert met behulp van pixels zoals omtreklijnen, *wireframes* en licht-en-schaduw simulaties.

Hardware: Met hardware of apparatuur worden alle fysieke componenten aangeduid die in een computer een rol spelen. De term wordt gebruikt als tegenhanger van software.

Human-Machine interface: Gebruikersomgeving of interactie tussen mens en computer.

Hyperrealiteit: Een term van Baudrillard voor de door de beeldcultuur gecreëerde illusie van de werkelijkheid.

IBM: International Business Machines Corporation, een bedrijf dat computers maakt.

Image digitalizing: Het digitaliseren van een afbeelding door deze bijvoorbeeld te *scannen* of te fotograferen met een digitale camera.

Image processing: Digitale beeldbewerking is het met software bewerken van afbeeldingen. De bewerking dient om het beeld te verbeteren, om een artistieke bewerking toe te passen of om de aandacht meer op een bepaald onderdeel te richten.

Immateriality/ immaterialiteit: Het niet stoffelijke, wat geen materiaal heeft.

Interface(s): Een apparaat of programma waarmee een gebruiker met een computer kan communiceren.

Kwantum: In de fysica is een kwantum de wetenschap van de kleinste deeltjes, de kleinste natuurlijke eenheid die in onze kosmos voorkomt.

Layer Manufacture: Een benaming voor 3D-prints. Het produceren door additief in lagen op te bouwen.

Mainstream: De heersende stroming, de grootste massa mensen geeft hier de voorkeur aan.

Merging: samenvoegen of samensmelten tot één geheel.

Mesh: Een *3D-mesh* is de structurele opbouw van een 3D-model bestaande uit polygonen. *3D-meshes* gebruiken referentiepunten in x-, y- en z-assen om vormen met hoogte, breedte en diepte te definiëren.

Midrange systems: Computers met een kracht en capaciteit tussen zware centrale computers en personal computers .

Milling: Het Engelse woord voor frezen.

MIT: Massachusetts Institute of Technology, een Amerikaanse universiteit.

NASA: National Aeronautics and Space Administration, een Amerikaanse ruimtevaartorganisatie.

Navier–Stokes equation: De wiskundige beschrijvingen van vloeistoffen door Claude-Louis Navier en George Stokes.

NC: *Numeric Control* is de computergestuurde regeling van machines.

Net art (Net.art): Dit is internetkunst en wordt vooral gebruikt om de eerste kunstwerken van de jaren 1990 op het internet te omschrijven.

Network/ netwerk: Een netwerk is een verzameling van onderling doorverbonden zaken.

New Aesthetic: Een term bedacht door James Bridle, die verwijst naar de toenemende verschijning van de digitale technologie en het internet in de fysieke wereld, en de vermenging van het virtuele en het fysieke.

Nieuwe media: Een algemeen begrip waarmee meestal de elektronische ‘interactieve’ media bedoeld worden. Nieuwe media staan tegenover oude media.

Noise: Ruis of sneeuwbeeld op een televisie wordt waargenomen als een wisselend, willekeurig patroon van stippen. Deze ruis vult het hele beeld bij geen of slechte ontvangst.

NURBS: Non-Uniform Rational B-Spline is een wiskundig model dat vaak gebruikt wordt in computergrafieken voor het genereren en weergeven van krommen en oppervlakken. Het biedt een grote flexibiliteit en precisie.

Open source: Universele online toegang via een vrije licentie; de originele broncode is vrijelijk beschikbaar gesteld en de originele broncode kan worden herverdeeld en gewijzigd.

Perspective projection: Perspectiefprojectie geeft op een tweedimensionaal oppervlak de illusie van driedimensionale objecten om zo de werkelijke visuele waarneming te benaderen.

Pixelatie/ pixel: Een gekleurd puntje op een beeldscherm. pixelatie (of pixelvorming) wordt veroorzaakt door het weergeven op zo'n groot formaat dat individuele pixels zichtbaar zijn.

Plotter: Printer die in lijnen op papier tekent.

Polygonen: Veelhoeken die samen digitale vormen driedimensionaal weergeven.

Post digital: Dit is een houding die meer gericht is op het mens-zijn dan op het digitale-zijn. *Postdigital* houdt zich bezig met onze snel veranderende en veranderende relaties met digitale technologieën en kunstvormen.

Post Internet: Een idee dat verwijst naar de samenleving (en de wijze van interactie) na of vanaf het internet. De term kwam naar voren uit discussies over internetkunst door Marisa Olson.

Primitive: Een basisvorm zoals een kegel, bol of rechthoek.

Proceduralisten: Benaming voor de groep kunstenaars die gebruikmaken van overeengekomen procedures.

Programmakunst: Kunst gemaakt door een daarvoor geschreven programma.

Punched tape: Een ponsband is een methode om informatie op te slaan. Hij bestaat uit een papieren band waarin de informatie gecodeerd in ronde gaten is geponst, geordend in vijf tot acht rijen.

Rapid prototyping: Een verzamelnaam voor verschillende technieken die het mogelijk maken om snel (Engels: rapid) fysieke prototypen te vervaardigen. Vaak een andere benaming voor 3D-printen.

Remediation: Remediatie is het opnemen van eigenschappen van een oud medium in een nieuw medium. Het Nederlandse woord is sanering en betekent letterlijk 'gezondmaking'.

Renderen: Omzetten van driedimensionale tekeningen in (fotorealistische) afbeeldingen. Het genereren van een digitale afbeelding uit een driedimensionaal model met behulp van de computer. Het model is een beschrijving van objecten en de eigenschappen daarvan in een strikt gedefinieerde taal of datastructuur. Het bevat informatie over de geometrie, de belichting, de schaduw en de eigenschappen van de objecten.

Rig: Een beweegbaar *frame* die wordt gebruikt voor animaties.

Robotica: De studie en toepassing van robots om processen te versnellen en te optimaliseren.

Second life: Een online virtuele wereld gelanceerd in 2003.

Semiotic(s)/ semiotiek: De filosofische theorie van tekens en symbolen.

SIGGRAPH: (Association for Computing Machinery's) Special Interest Group on Computer Graphics and Interactive Techniques, een jaarlijkse conferentie over *computer graphics*.

Simulatie: De imitatie van een situatie of proces.

Smooth: Het hebben van een ononderbroken, gelijkmatig en glad oppervlak.

Software: Programmatuur voor een computer. Een geheel van computerprogramma's, vooral besturingsprogramma's en toepassingsprogramma's, waarmee computerbewerkingen en taken uitgevoerd worden.

Softwarekunst: Kunst die wordt gemaakt door het gebruik van software. Deze kan zelf ontwikkeld zijn.

Solid: Een gesloten 3D-object met een volume en een gesloten oppervlak. Een *solid* kan worden gedefinieerd door het aantal en de combinatie van bepaalde onderdelen. Deze onderdelen zijn: vlakken, randen en hoekpunten.

Space Race: De ruimtewedloop tussen de Verenigde Staten en de Sovjet-Unie, gevoerd tussen 1957 en 1975. Ze omvat de inspanningen van beide naties om de ruimte te verkennen met satellieten en om uiteindelijk met een bemande vlucht op de maan te landen. In het algemeen kan een ruimtewedloop verwijzen naar eender welke competitie tussen twee of meerdere landen, internationale organisaties of NGO's om vooruit te gaan in het verkennen van de ruimte en ruimtetechnologie.

Stereolithografie: Een andere benaming voor 3D-print.

Streaming: Distributiemethode van film en muziek op het internet, waarbij geleidelijk steeds een gedeelte wordt doorgegeven dat de ontvanger kan beluisteren of bekijken als in een doorgaande stroom, zonder dat de volledige uitzending eerst moet worden gedownload. Voorbeelden van streamingdiensten zijn Netflix en Spotify.

Superpositie: Een term uit de kwantumfysica. Binnen de kwantumfysica kunnen deeltjes op subatomaire schaal meerdere posities tegelijkertijd innemen en krijgen pas een vaste positie bij het waarnemen van die deeltjes.

Surface models: Oppervlakte-modellering is een complexere methode om objecten weer te geven dan *wireframe-modellering*, maar niet zo geavanceerd als *solid-modellering*. *Oppervlakte-modellering* wordt veel gebruikt in CAD voor illustraties en architecturale weergaven. Het wordt ook gebruikt in 3D-animatie voor games.

Telematic: Telematica is een term die de woorden telecommunicatie en informatica combineert om het geïntegreerde gebruik van communicatie- en informatietechnologie voor het verzenden, opslaan en ontvangen van informatie van telecommunicatieapparatuur naar externe objecten via een netwerk in grote lijnen te beschrijven.

Toolpath: De weg door de ruimte die de frees volgt op weg naar de gewenste resultaat.

Torrent: Een bestand dat voortdurend over een groot netwerk beweegt. Om het bestand te downloaden, moeten de downloadsegmenten tegelijkertijd worden geüpload naar andere gebruikers die om het bestand vragen. *Torrents* worden voorzien van een unieke ID, zodat een bepaalde *torrent* overal in het netwerk met de juiste software kan worden gevonden.

Translatie: Het verplaatsen van een object binnen de 3D-ruimte.

Uncanny: Vreemd of mysterieus; moeilijk of onmogelijk uit te leggen. Angstwekkend en ongemakkelijk.

Virtual reality/ Virtueel realisme: Een virtuele werkelijkheid is een digitaal gesimuleerde en geanimeerde wereld. De letterlijke betekenis is 'schijnbare werkelijkheid' of computergegenereerde simulatie van een driedimensionaal beeld of een omgeving. Deze kan op een schijnbaar reële of fysieke manier beïnvloed worden door een persoon die speciale elektronische apparatuur gebruikt, zoals een helm met een scherm binnenin of handschoenen met sensoren.

Virtueel: Virtueel is niet tastbaar, iets wat niet echt is.

Web 2.0: De tweede fase in de ontwikkeling van het internet. Web 2.0 betekende een verandering waarbij het wereldwijde web een interactieve ervaring werd tussen gebruikers en webuitgevers, in plaats van het eenrichtingsgesprek dat voorheen bestond. Het vertegenwoordigt ook een meer populistische versie van het web, waar nieuwe tools het voor bijna iedereen mogelijk maakten om een bijdrage te leveren, ongeacht hun technische kennis.

Wireframes: punten in de ruimte verbonden door lijnen. Een driedimensionaal skeletmodel waarin alleen lijnen en hoekpunten zijn weergegeven.

World origin: Het punt 0,0,0 of het centrum van een 3D-coördinatenstelsel..

World Wide Web: Een informatiesysteem op het internet waarmee documenten via *hyperlinks* met andere documenten kunnen worden verbonden, zodat de gebruiker informatie kan opzoeken door van het ene document naar het andere te gaan.

Illustratielijst²³²

- Illustratie 1:** Ben F. Laposky. *Oscillions No. 4 (Electronic Abstraction Number 4)*. 1950. Web. Beschikbaar: <https://bitforms.art/archives/scratch-code/laposky-electronic-abstraction>
- Illustratie 2:** Robert Mallary. *Quad IV*. 1968, Gelamineerd marmer, 28 cm hoog. Web. Beschikbaar: <https://www.atariarchives.org/artist/sec2.php>
- Illustratie 3:** José Luis Alexanco. *Mouvnt*. 1972, Hars, 15 x 14,8 x 15 cm. Web. Beschikbaar: <https://www.museoreinasofia.es/en/collection/artwork/escultura-mouvnt-mouvnt-sculpture-1>
- Illustratie 4:** Charles Csuri. *Ridges Over Time*. 1968. Web. Beschikbaar: <https://www.siggraph.org/artdesign/profile/csuri/artworks/plot/plot15.html>
- Illustratie 5:** Charles Csuri. *Ridges Over Time*. 1968, Hout. Web. Beschikbaar: <https://www.siggraph.org/artdesign/profile/csuri/artworks/plot/plot16.html>
- Illustratie 6:** Joan Miró, Chicago. *The Sun, the Moon and One Star*. 1981, Staal, gaas, beton, brons en keramiektegel, 12 meter hoog. Web. Beschikbaar: <https://www.flickr.com/photos/clairity/15186190001>
- Illustratie 7:** Skidmore, Owings & Merrill. *Model voor Miro's Chicago*. 1981. Goodman, Cynthia. *Digital Visions, Computers And Art*. New York: Harry N. Abrams Publishers, 1987: P. 126. Print.
- Illustratie 8:** Skidmore, Owings & Merrill. *Plotter tekeningen van Miro's Chicago*. 1981. Goodman, Cynthia. *Digital Visions, Computers And Art*. New York: Harry N. Abrams Publishers, 1987: P. 126. Print.
- Illustratie 9:** David Em. *Transjovian Pipeline*. 1979. Web. Beschikbaar: <https://www.davidem.com/portfolio-item/1970s-80s-page-06/>
- Illustratie 10:** Yoichiro Kawaguchi. *Tendril*. 1981. Web. Beschikbaar: <https://catalogimages.wiley.com/images/db/pdf/9780470084908.excerpt.pdf>
- Illustratie 11:** William Latham. *The Evolution of Forms*. 1990. Web. Beschikbaar: <http://www.medienkunstnetz.de/works/evolution-of-forms/>
- Illustratie 12:** William Latham. *Mutation X (Mutation Raytraced on the Plane of Infinity)*. 1989 (-1992). Web. Beschikbaar: https://www.reddit.com/r/vintagecgi/comments/a78zvo/william_latham_mutation_raytraced_on_the_plane_of/

²³² Alle illustraties werden verzameld tussen 1/10/2018 en 28/05/2019.

- Illustratie 13: Pixar. *Toy Story*. 1995. Web. Beschikbaar:
http://tvmag.lefigaro.fr/programme-tv/le-film-a-voir-ce-soir-toy-story_e09d94e2-d39c-11e8-91d7-98046dc514ec/
- Illustratie 14: Jeffrey Shaw. *Golden Calf*. 1994, LCD monitor op een witte sokkel. Web.
Beschikbaar: <https://www.jeffreyshawcompendium.com/portfolio/golden-calf/>
- Illustratie 15: Jeffrey Shaw. *Golden Calf*. 1994, LCD monitor op een witte sokkel. Web.
Beschikbaar: <https://www.jeffreyshawcompendium.com/portfolio/golden-calf/>
- Illustratie 16: Jeffrey Shaw. *Golden Calf*. 1994, LCD monitor. Web. Beschikbaar:
<https://www.jeffreyshawcompendium.com/portfolio/golden-calf/>
- Illustratie 17: Karin Sander. *Persons 1:10*. 1998-2001, 3D-print in ABS, Airbrush. Installatie
zicht: Gallery Helga de Alvear, Madrid, Spanje, 1999. Web. Beschikbaar:
<http://www.artnet.com/artists/karin-sander/figures-110-a-K7p1V7l0YCodS0XNXZyVkJQ2>
- Illustratie 18: Karin Sander. *Persons 1:10*. 1998-2001, 3D-print in ABS, Airbrush. Installatie
zicht: Gallery Helga de Alvear, Madrid, Spanje, 1999. Web. Beschikbaar:
<http://www.karinsander.de/en/work/persons-1-10>
- Illustratie 19: Robert Lazzarini. *Skull (II)*. 2000, hars, bot en pigment, 48,26 x 7,6 x 10 cm.
Installatie zicht: Bitstreams tentoonstelling. Web. Beschikbaar:
<http://www.robertlazzarini.com/skulls>
- Illustratie 20: Robert Lazzarini. *Skulls I, II, III en IV*. 2000, hars, bot en pigment. Web.
Beschikbaar: <http://www.robertlazzarini.com/skulls>
- Illustratie 21: Mark Leckey. *Made in 'Eaven*. 2004, Video. Web. Beschikbaar:
<https://www.moma.org/collection/works/111013>
- Illustratie 22: Ken Kelleher. *Tropic of Capricorn*. s.a. Web. Beschikbaar:
<http://www.kenkelleher.com/>
- Illustratie 23: Ken Kelleher. *Bigfoot*. s.a. Web. Beschikbaar: <http://www.kenkelleher.com/>
- Illustratie 24: Een schematische voorstelling het (FDM) 3D-printen. Web. Beschikbaar:
<https://www.3dhubs.com/knowledge-base/introduction-fdm-3d-printing>
- Illustratie 25: Thehardwareguy. *3D PRINT TIMELAPSE- Julia Vase*. 2019. Video. Web.
Beschikbaar: https://www.youtube.com/watch?v=Vb2M5Ot_Y-o
- Illustratie 26: Thehardwareguy. *3D PRINT TIMELAPSE- Julia Vase*. 2019. Video. Web.
Beschikbaar: https://www.youtube.com/watch?v=Vb2M5Ot_Y-o
- Illustratie 27: Thehardwareguy. *3D PRINT TIMELAPSE- Julia Vase (Stijn van der Linden
(Virtox)*. 2019. Video. Web. Beschikbaar:
https://www.youtube.com/watch?v=Vb2M5Ot_Y-o
- Illustratie 28: Web. Beschikbaar: <http://www.sculturepolistirolo.it/>

- Illustratie 29:** Selwy. *Bust of Dr. Luis Durnwalder*. 2012. Web. Beschikbaar:
<http://www.selwy.com/2012/cnc-milling-the-human-head/>
- Illustratie 30:** Paul McCarthy. *White Snow*, *Bookends*. 2013, Rendering. Web. Beschikbaar:
<http://atelierlog.blogspot.com/2015/04/walla-walla-foundry-paul-mccarthy.html>
- Illustratie 31:** Paul McCarthy. *White Snow*, *Bookends*. 2013, Amerikaanse zwarte walnoot, Horizontaal: 365,8 x 304 x 444 cm, verticaal: 444 x 303,7 x 365,8 cm. Installatie: Hauser and Wirth. Web. Beschikbaar: <https://magazine.art21.org/2013/06/05/size-matters/#.XNsg9Y4zaM8>
- Illustratie 32:** Paul McCarthy. *White Snow*, *Cindy*. 2012, Amerikaanse zwarte walnoot, 114,3 x 129,5 x 129,5 cm. Web. Beschikbaar:
<https://artmap.com/hauserwirthny/exhibition/paul-mccarthy-sculptures-2013>
- Illustratie 33:** Frank Benson. *Juliana (detail)*. 2014-2015, Rendering. Web. Beschikbaar:
<http://www.artnews.com/2015/02/04/new-museum-triennial-2015-preview/>
- Illustratie 34:** Frank Benson. *Juliana (detail)*. 2014-2015, 3D-print. Web. Beschikbaar:
<https://frieze.com/article/translating-self>
- Illustratie 35:** Jeff Koons. *Popeye*. 2009-2012, Graniet en planten, 198,1 x 133 x 72,1 cm. Reeks van 3. Web. Beschikbaar: <http://theconversation.com/jeff-koons-a-spectacle-on-the-way-to-respectable-29638>
- Illustratie 36:** Richard Dupont. *Lauren, Marylene 3*. 2015, Lindehout. Web. Beschikbaar:
<http://www.richarddupont.com/sculptures/sobriquets/featured-works?view=slider>
- Illustratie 37:** Tony Cragg. *Caught Dreaming*. 2006, Brons. Web. Beschikbaar:
<https://www.kulturpartner.net/?q=content/tony-cragg-%E2%80%93-retrospektive-im-von-der-heydt-museum-wuppertal>
- Illustratie 38:** Keith Brown. *Journey Through The Centre*. 2017, 3D-print. Web. Beschikbaar:
<https://www.art.mmu.ac.uk/profile/kbrown/image/16128>
- Illustratie 39:** Tony Cragg. *Willow*. 2016, Hout. Web. Beschikbaar:
<https://www.tumblr.com/search/artsy.net%3F>
- Illustratie 40:** Richard Dupont, *Lauren, Marylene 2*. 2014-2015, Beschilderd brons. Web. Beschikbaar: <http://www.richarddupont.com/sculptures/sobriquets/featured-works?view=slider>
- Illustratie 41:** Jon Rafman. *Manifold B*. 2015, Print, 60 x 40 cm. Web. Beschikbaar:
<https://www.artsy.net/artwork/jon-rafman-manifold-b>
- Illustratie 42:** KAWS en Robert Lazzarini. *Companion (black)*. 2010, Vinyl, 19,7 x 12,1 x 5,1 cm. Reeks van 1000. Web. Beschikbaar: <https://www.artsy.net/collection/kaws-companions>

- Illustratie 43: Richard Dupont. *Untitled: Double Helix*. 2007, Gegoten gepigmenteerde polyurethaanhars, 73,66 x 20,32 x 20,32 cm. Web. Beschikbaar: <https://ca.blouinartinfo.com/galleryguide/1182534/1182532/artist/227665/artwork/1184371>
- Illustratie 44: Dan Collins. *Self-Portrait: Twister*. 2003, Urethaan, 213,36 cm hoog. Web. Beschikbaar: <https://issues.org/archives-30-4/>
- Illustratie 45: Wim Delvoye. *Putti Twisted (clockwise)*. 2013, Stereolithografie, 58 x 58 x 74 cm. Pushkin State Museum of Fine Arts, 2014, Moscow. Web. Beschikbaar: <https://wimdelvoye.be/work/twisted-works/putti-twisted/>
<https://www.studiointernational.com/index.php/wim-delvoye-in-moscow>
- Illustratie 46: Robert Lazzarini. *Gun(V)*. 2008, Staal en notenhout, 26,7 x 16,5 x 7,62 cm. Web. Beschikbaar: <http://www.robertlazzarini.com/sculpture>
- Illustratie 47: Jaume Plensa. *In My Faith, In My Hope, In My Love*. 2018, Gietijzer, 3 elementen: 425 x 66 x 164 cm / 425 x 60 x 161 cm / 425 x 57 x 148 cm. Fredrikstad, Noorwegen. Web. Beschikbaar: <https://jaumeplensa.com/works-and-projects/public-space/in-my-faith-in-my-hope-in-my-love-2018>
- Illustratie 48: Wim Delvoye. *Pegasus & Perseus Rorschach*. 2016, Brons, 61 x 61 x 78 cm. Web. Beschikbaar: <https://ocula.com/art-galleries/perrotin/artworks/wim-delvoye/pegasus--perseus-rorschach/>
- Illustratie 49: Barry X Ball. *Jeanne (dual-portrait)*. 2007- 2010, Belgisch zwarte marmer, 40 x 22,5 x 21,1 cm. Web. Beschikbaar: http://www.barryxball.com/works_cat.php?cat=14&work=45
- Illustratie 50: Paul McCarthy. *Detail of White Snow, Flower Girl*. 2012–2013, Amerikaanse zwarte walnoot, 91,4 x 61,0 x 45,7 cm. Web. Beschikbaar: <http://thesejournal.org/art-seen-international/georg-baselitz-paul-mccarthy-george-economou-collection/>
- Illustratie 51: Do Ho Suh. *Karma*. 2010, Brons en verkoperd staal, 701 cm hoog. Reeks van 3 plus 1 exemplaar van de kunstenaar. Collection Albright-Knox Art Gallery, Buffalo, New York. Web. Beschikbaar: <https://www.albrightknox.org/artworks/201015-karma>
- Illustratie 52: Paul McCarthy. *White Snow, Erection*. 2012, Amerikaanse zwarte walnoot, 365,8 x 197,3 x 209,9 cm. Web. Beschikbaar: <https://www.hauserwirth.com/artists/2796-paul-mccarthy?modal=media-player&mediaType=artwork&mediaId=16270>
- Illustratie 53: Oliver Laric. *François Willemè, Self Portrait*. 2016. Installatie zicht. Web. Beschikbaar: <https://frieze.com/article/oliver-laric>
- Illustratie 54: Tony Cragg. *Me and Me*. 2012, Brons, 119,9 x 103,9 x 93 cm. Web. Beschikbaar: <https://www.artsy.net/artwork/tony-cragg-me-and-me>

- Illustratie 55: Paul McCarthy. *White Snow Conglomerate*. 2014, Amerikaanse zwarte walnoot, 121,9 x 152 x 121 cm. Web. Beschikbaar: <https://www.hauserwirth.com/artists/2796-paul-mccarthy?modal=media-player&mediaType=artwork&mediaId=16274>
- Illustratie 56: Paul McCarthy. *Paul McCarthy: Spin Offs: White Snow WS, Caribbean Pirates CP*. Installatie zicht: Hauser & Wirth Zürich, 14 juni - 25 juli 2015. Brons. Web. Beschikbaar: <https://www.hauserwirth.com/hauser-wirth-exhibitions/5337-spin-offs-white-snow-ws-caribbean-pirates-cp>
- Illustratie 57: Paul McCarthy. *White Snow, Wood Sculptures*, 2016. Installatie zicht: Henry Art Gallery, University of Washington, Seattle, 5 maart 2016 - 15 januari 2017. Hout. Web. Beschikbaar: <https://henryart.org/exhibitions/paul-mccarthy>
- Illustratie 58: John Gibson R.A. *The Hunter and his Dog*. 1838, Marmer, 119,7 x 88,8 x 54,4 cm. Art Gallery of New South Wales /The Usher Gallery, Lincoln. Web. Beschikbaar: <https://www.artgallery.nsw.gov.au/collection/works/1324/>
- Illustratie 59: Oliver Laric. *The Hunter and his Dog*. 2013, 3D-scan. threedscans.com. Web. Beschikbaar: <https://www.lincoln3dscans.co.uk/lincoln-3d-scans/2018/7/3/the-hunter-and-his-dog>
- Illustratie 60: Oliver Laric. *Versions: The Hunter and his Dog*. 2013. Installatie zicht: ar/ge kunst, Bolzano, 2014. Web. Beschikbaar: <http://ilikethisart.net/?p=19406>
- Illustratie 61: Oliver Laric. *Versions: The Hunter and his Dog*. 2013. Installatie zicht: ar/ge kunst, Bolzano, 2014. Web. Beschikbaar: <http://ilikethisart.net/?p=19406>
- Illustratie 62: Oliver Laric. *Suntzu*. 2013, 3D-rendering, mixed media. Web. Beschikbaar: <https://www.artsy.net/artwork/oliver-laric-suntzu>
- Illustratie 63: Barry X Ball. *Sleeping Hermaphrodite*. 2015, Belgische zwarte marmer, 173 x 90,2 x 46,4 cm. Web. Beschikbaar: <https://www.louise-alexander.com/exhibition/barry-x-ball-at-mad-museum-new-york/>
- Illustratie 64: Addie Wagenknecht (met Martin Zangerl & Stefan Hechenberger). *Liminal Laws/ Liberator Gun Vases (Untitled (Vase No. 2))*. 2016, 3D-print (PA 2200), 49,3 x 27,4 x 29,5 cm. Web. Beschikbaar: <https://bitforms.art/archives/wagenknecht/untitled-vase-no-2>

Illustratie 65: Addie Wagenknecht (met Martin Zangerl & Stefan Hechenberger). *Detail: Liminal Laws/ Liberator Gun Vases (Untitled (Vase No. 2))*. 2016, 3D-print (PA 2200), 49,3 x 27,4 x 29,5 cm. Web. Beschikbaar:

<http://www.placesiveneverbeen.com/details/liberator-vases>

Illustratie 66: Carola Bonfili. *3412 Kafka, The Infinite End of Franz Kafka's "Das Schloss"*. 2017, Video, beton en PVC. Tentoonstelling: MAXXI (2018), Rome. Eigen foto.

Illustratie 67: Carola Bonfili. *3412 Kafka (The Infinite End of Franz Kafka's "Das Schloss")*. 2017, video still, 6'30", VR. Web. Beschikbaar: <http://www.neromagazine.it/n/?p=33621>

Illustratie 68: Carola Bonfili. *3412 Kafka*. 2017, beton, PVC, 20 x 50 x 70 cm. smART polo per l'arte, foto Francesco Basileo. Web. Beschikbaar: <http://atpdiary.com/carola-bonfili-3412-kafka-ro/>

Illustratie 69: Ken Kelleher. *Infusion*. s.a. Web. Beschikbaar:

<http://www.kenkelleher.com/blog/2018/8/6/infusion>

Illustratie 70: David Bowen. *FLY CARVING DEVICE*. 2017. Web. Beschikbaar:

<http://www.dwbowen.com/fly-carving-device>

Illustratie 71: Anish Kapoor. *Anish Kapoor, Solo Exhibition*. Installatie zicht: The Victor Pinchuk Foundation, 19 mei 2012 - 30 september 2012. Beton. Web. Beschikbaar:

<http://pinchukartcentre.org/en/exhibitions/17157>

Illustratie 72: Emilio Vavarella. *The Other Shape of Things: s02-04*. 2017, PLA (Gold) 3D-print. Web. Beschikbaar: <http://emiliovavarella.com/things/>

Illustratie 73: Emilio Vavarella. *The Other Shape of Things: s02-05*. 2017, PLA (Gold) 3D-print. Web. Beschikbaar: <http://emiliovavarella.com/things/>

Illustratie 74: Marc Quinn. *Upshot-Knothole Grable*. 2012, Marmer (Bianco P), 180 x 150 x 150 cm. Web. Beschikbaar: <http://marcquinn.com/artworks/single/upshot-knothole-grable1>

Illustratie 75: Marc Quinn. *Upshot-Knothole Grable (detail)*. 2012, Marmer (Bianco P), 180 x 150 x 150 cm. Web. Beschikbaar: <http://marcquinn.com/artworks/single/upshot-knothole-grable1>

Illustratie 76: Jon Isherwood. *Siren*. 2010 tot 2013, Witte marmer, 200,66 x 73,66 x 61 cm. Web. Beschikbaar: <https://jonisherwood.com/forms-5/>

Illustratie 77: Eyal Gever. *Sphere Pop*. 2015, 3D-Print in VeroWhite, 94 x 84,1 x 70,7 cm. Web. Beschikbaar: <https://3dprint.com/27130/sublime-moments-3d-sculpted/>

Illustratie 78: Eyal Gever. *Sphere Pop*. 2015, Video. Web. Beschikbaar: <http://www.eyalgever.com/spherepop>

Illustratie 79: Yoichiro Kawaguchi. *Growth*. 2011, Plastic, 50 x 300 x 210 cm. Web.

Beschikbaar: <https://tokyobling.wordpress.com/2013/05/03/yoichiro-kawaguchi-gross-tendril/>

Illustratie 80: Wim Delvoye. *Dump Truck*. 2014, Laser-cut Cor-Ten staal, 590 x 170 x 380 cm.

Installatie zicht: Gary Tatintsian Gallery, Moscow. Web. Beschikbaar:

<https://wimdelvoye.be/work/exhibition-images/gary-tatintsian-gallery-moscow-2014/>

Bijlagen²³³

1. Corinne Whitaker

1. Which digital or robotic way(s) of sculpting do you use? When, how and why did you start using them?

I use those that give me the greatest opportunity to create organic shapes. I started using them when the early 2D programs, and the early computers, could not handle parallel processing and multi-tasking. Computers themselves, and the early 3D programs, were based on geometric forms, corners and edges. Using them to avoid the geometry and produce the organic shapes was challenging.

I now use 3D modeling as the basis for all of my work. I call them blobs. Some of them go into sculpture, some become the basis for digital paintings, and some stand on their own as forms in space.

2. How has it impacted your work and its evolution?

The programs have evolved to meet my requirements.

3. How do these technologies influence the medium sculpture in general? What do you think is truly new and unique about these technologies and their possibilities?

It is important to realize that 3D imaging in general and 3D sculpture in particular offer one more tool to the artist. Traditional methods of creating sculpture will continue, and continue to be valid. What is revolutionary in sculpture is additive manufacturing, or 3D printing. It is revolutionary not only in sculpture but in critical fields like biomedicine and manufacturing. Indeed 3D printing is akin to the introduction of the Gutenberg Press, the invention of the light bulb, and other leaps forward in mankind's evolution. In terms of fields other than sculpture, savings of cost and time are remarkable. In medicine we are only beginning to understand what we can do with this new technology. There are huge changes underway, and it will take flexibility to accept and adopt the new processes. It will also take multi-disciplinary thinking to cross traditional boundaries and include many ways of approaching problems that arise. We are barely at the beginning of working with 3D printing. The future for it is exceptionally bright.

²³³ Alle interviews werden afgenomen via e-mail. Deze antwoorden zijn onaangepast en in de originele taal, geschreven door de kunstenaars zelf.

4. Do you have some remarks on, or ideas/ philosophies about this topic?

Like many other leaps forward, the initial enthusiasm must be met with some constraints. 3D printers emit toxic particles and fumes; many of the materials being used are toxic as well. We need to better educate the public and the schools as to the dangers inherent in this technology. We are talking carcinogenic materials here.

5. How would you describe the relation between the virtual and the real?

The question suggests linear rather than evolutionary thinking. The virtual is one reality. The so-called "real" is no more or less real - it is simply another way of experiencing life. On the same thinking, there is not just one universe. There are multiverses, many yet to be discovered. Our species tends to be hubristic in isolating one form of experience and calling it superior to others, if indeed it gives credence to others at all.

6. Who or what inspires you when it comes to this way of working?

I am by nature curious. I love experimentation. I love wondering what's around the corner and going where others have never gone. It is what drew me to computer imaging in the first place, as well as to 3D printing. I am inspired by possibilities, by change, by the unexpected. People always ask me when I will stop using the computer to create art. My answer is always when the magic stops, and the magic never ever stops. I love accidents: they are frequently a source of amazement and a road into unexpected adventures.

A bit of history is helpful here: for centuries Renaissance perspective dominated visualization. That was radically altered when NASA brought back pictures from the moon. NASA engineers built a sphere, covered the inside of it with pasted black and white photos sent back from space, and then walked into the sphere. It was shocking to realize that we on earth were not the center, the be-all, of the universe. In fact earth was just one very tiny speck out there. Ideas like upstairs and downstairs suddenly became more like in stairs and out stairs, if the metaphor makes sense to you.

That radical change in perspective demanded a new iconography, a new visual language, to describe what we were learning, and that language became the digital imaging that we are exploring today.

Another historic fact to consider: those NASA images were black and white. Scientists at the Jet Propulsion Laboratory in Pasadena, California, applied color to them, which I saw at an exhibition at the California Institute of Technology. It gave rise to many questions: what is color? where does it come from? Do scientists experience color differently than artists do?

Those questions are less intense now that equipment has improved and humans have traveled to space, but they are valid in understanding how we got where we are now.

7. Did you get (negative) criticism on the use of technology in your work? If so, how did you defend yourself?

I have had negative reactions for the 40 years that I have been in this field. Initially that this was machine work and not "real" painting, sculpture, etc. There was great fear that traditional ways of working were being displaced and that technology was hostile to more sentient ways of being-in-the-world. Galleries refused to show the work (many still do, like the area where I live now). In terms of 3D printing, one of the initial problems was learning to communicate with the fabricators. These were essentially mechanical engineers, male of course, and they spoke a different language from that of an artist. We had to find a common language so that they could understand what I wanted and would output my vision, not their own. (Additionally, it is simply easier to produce geometric shapes than organic ones. That is changing as the software evolves, although is still a factor. The software itself is a rather tough uphill battle, complicated by the fact that in a competitive environment each company wants their own software to dominate, so shared conventions are rare. Eventually I think that we will do away with software altogether, but that's still ahead of us.

2. Helena Lukášová

1. Which digital or robotic way(s) of sculpting do you use? When, how and why did you start using them?

I studied sculpture. Luckily after the Velvet Revolution all the teachers were replaced by new recruits from the underground - artists who were not compromised by the communist system. Their understanding of art was very refreshing very conceptual. Since this experience I hold the opinion about art - art is whatever I choose to be - regarding the opinion of the audience...and the understanding of art is very influenced by the given situation of society (there are many factors but it is another topic).

My first computer (second-hand iMac) I bought when I was twenty eight. At that time I worked in the Johnson Atelier, Technical Institute of Sculpture, the place where I saw CNC milling machine for the first time. This institution used them for speeding up the technical process - mainly for scaling up the maquettes. This way some of the sculpture by Kiki Smith (with whom I worked with very close), after I left the place they made there the piece Karma by Do Ho Suh. And many others. In the Stone Department there were CNC machines carving stone. I really like the digital aesthetics of the pieces which just came off the machines. "I was there to destroy it and make it smooth," just like made by hand"...There were artist who worked intentionally with this aesthetics - Jon Isherwood, Barry X. Ball. This operation is now owned by Jeff Koons who made there his Popeye and Gorillas - they took insane amount of time to polish the surface of the granite by hand.

After I returned to the Czech Republic I was stuck. I had no studio, no connections. I started to work on computer keeping myself occupied at least to think about sculpture in this way. The computer became my studio. Since then I am very split between digital rendering - 2d representation and physical 3d representation. I am very interested in their relationship. I had to think about the virtual sculpture little bit further. At that time to make myself involved with this topic I started PhD studies at the Academy of Fine Arts and Design in Bratislava.

Also big change was I started to teach at the Faculty of Informatics, Masaryk University. First it was difficult for me to feel comfortable in that environment. There are no art studios, there are motion capture lab, lots of VR glasses and other toys. I realized I can use them. As an artist I thought a lot about my position there. I think it is ok for me I am exposed to very different topics I can work with.

As a sculptor I prefer larger scale for which is more suitable CNC and robotic milling, but I am very restricted since it is still quite expensive. For me any of the means of digital fabrication is interesting.

2. How has it impacted your work and its evolution?

Very much. It is not only having the piece milled or 3d printed. It means fundamental change of thinking about sculpture. The term sculpture has to be redefined. I rather use the term object to avoid any misunderstanding. Simply put - I realized there is a problem with the "original". The digital file is the "original" but it is computer's translation of what I am doing. What Am I doing? Making virtual spatial object displayed in the illusive renaissance perspective. The outcomes are just different representations of this effort. I started to think about my work much more conceptually. It was also much more entertaining. Now I like to think about a plan what I am going to do and let the outcome to happen.

3. How do these technologies influence the medium sculpture in general? What do you think is truly new and unique about these technologies and their possibilities?

It is another tool. But this tool has an incredible computational power. There are artist who are using them, but not really talk much about it (Tony Cragg, Jaume Plensa, Anthony Gormley etc.). In their work the digital aesthetics is detectable. And there are others who love to research the process itself (Roxy Paine, Anish Kapoor, etc).

For me this technologies allows to convert any data or images into 3d object, or 3d objects into images and animation, it can be interactive, virtual, it can be programmed to make each 3d object unique...

It let sculptors to think conceptually. This is the major change in the medium of sculpture. Photography, performance, or any other discipline of art can become to be an object.

4. Do you have some remarks on, or ideas/ philosophies about this topic?

Representation - I think it is a form of an object we can perceive. If there is no possibility to experience an object, we have no idea it exists. The universe is much larger than we are, we see only fragment of all of it. It gets tricky because we have the ability to imagine stuff. Here I am very interested in the relation between the language and visual. I think the art is positioned somewhere here. It is the object and its semiotics which is the statement. Artists work with meanings they do not own them, they create new relations.

In my diploma scriptie I looked at the different motivation of making art in various cultures. It was very eye opening reading for me. My favorite was the philosophy of Inuit people. They believe everything is there, people just find it. Let's say some Inuit makes the carving out of bone, he doesn't say -"look, what I had created", he says "look what I found hidden in the bone". I love this. This makes more connection to the universe, so much more sense than the idea of a genius individual. Especially with the incorporation of machines and computers, processing data, working with meanings I think artists should be called "mediators".

My favorite is Bruce Sterling. He is very sharp, looking into the future of digitalized society. Big impression on me left Joe Davis, seeing him in person at the panel discussion at Arts Electronica. He is more of a scientist, but his idea - "research has to be done for the sake of a discovery, not to fulfil the desires of corporations to improve their products." He does pretty crazy stuff in scientific field, very creative.

About the digital aesthetics I looked at James Bridle and his idea about the New Aesthetics.

About the problem of Benjamin Franklin's "aura" I like the idea of "migrating aura" by Bruno Latour.

First curator taking the digital sculpture seriously was Christiane Paul, curator from Whitney. She was big source of information and directing me to further resource for my dissertation thesis.

And I follow Neri Oxman and her Media Lab at MIT, they make incredible stuff, very forward thinking.

There is a lot of buzz about the speculative realism and its object oriented ontology, which sounds fantastic, but looking closer there is not much work done on aesthetics. Graham Harman is bringing back Alan Greenberg into the picture, that is not very convincing for me.. But still I need to do more research on this topic.

Mel Alexenberg is a Jewish thinker, I went across his idea about the Hellenistic and Hebrew tradition in Western art and how the position of these influence shifts with the digital age (from mimetic representation to language).

5. How would you describe the relation between the virtual and the real?

That is very interesting. I think I wrote about it already little bit. Virtual for me is like unsettled dust, like a cloud. Yet it is accessible - as image, animation, VR, AR. "Real" in other hand is something present, existing, we can touch. It is like two different environments. In one, it is us who are visiting the virtual world, an object in the physical presence is visiting our world, being exposed to the light and temperature, to our proportions...But it is the impact on us which is the most important wherever it is.

6. Who or what inspires you when it comes to this way of working?

I am interested in many things. Many of them are not related to fine art directly. My favorite sculptors are Lee Bul, David Altmejd, Pierre Huyghe for example. Jerry Saltz and Robert Hughes as art critics. Adam Curtis as documentary maker.

7. Did you get (negative) criticism on your work? If so, how did you defend yourself?

Well, there is no way to make everybody happy. And artist should not make art to satisfy somebody's ambitions. Mostly the critique on my work was like this: "it is not a sculpture, it is not done by hand".

I made a lot of sculptures by hand I am very familiar with the traditional techniques of sculpture. This argument obviously from the previous is not relevant to me at all. There is a lot of suspicion towards the machine involvement, which I understand. Whatever is done by machine is understood as cheap, not original. The notion of a sculpture is still very traditional. Feels like general public tries to put into the object making/ sculpture their last faith in reality. Sculpture is like a prove of a direct link between us and physical reality which is not distorted for them. Well I understand living in the era of no hope for future, fear of the AI, developing means of surveillance and control. But there is so much more we can do and express using digital technologies. And creative way of using them can uncover the beauty.

3. Keith Brown

1. Which digital or robotic way(s) of sculpting do you use? When, how and why did you start using them?

CAD and 3D Printing. My first introduction to CAD was on a Quantel Magic Paint box workstation early 1982. I started using CAD in the mid-1980s on an Apple Mac plus as a design tool for analogue sculpture and moved to the PC in 1992. I was a member of the UK's Higher Education Funding Councils, Joint Information Systems Committee's, Joint Information Technologies Project, Creating Art with Layer Manufacture (CALM) Project 1996-1998

2. How has it impacted your work and its evolution?

For the past 22 years my entire research and practice has been based in the cyber environment.

3. How do these technologies influence the medium sculpture in general? What do you think is truly new and unique about these technologies and their possibilities?

/

4. Do you have some remarks on, or ideas/ philosophies about this topic?

My digital sculptures are born out of the direct manipulation of geometry in a multi-dimensional cyber space where material, as we understand it, does not exist. In the cyber environment 3D entities may be encouraged to behave in ways not achievable through physical means, being located in an area that exists beyond the imagination and everyday experience. These virtual sculptures, made manifest through 3D printing technology, are grounded in a material form and act as a vehicle which transports us to this strange and wonderful "other place" where unpredictable and surprising events occur. It is as if modelling with light, with pure form, in an environment where physics, matter and energy, materiality and gravity, play no part, freeing form from material constraints, and transcending our given understanding of how material objects behave in the world.

5. How would you describe the relation between the virtual and the real?

The focus of my digital sculpture lies mainly with the discovery and realization of new three-dimensional entities, and deals largely with the appropriateness of medium in relation to process. The use of computing technologies is an essential aspect of my creative practice and is indispensable to the conception, content, and quality of the artwork. My main concern is with Real Virtuality or Cyberealism rather than Virtual Reality, thus reversing the usual order between the cyber and the real. It is not my intention to emulate reality in a virtual world but instead to explore the many possibilities made available through computing technologies and where possible bring these to a form of manifest actuality, resulting in the production of a new order of object, presenting us with new forms, realities, experiences, and meanings in what must be considered a paradigm shift within the discipline of fine art sculpture.

6. Who or what inspires you when it comes to this way of working?

Constantin Brancusi's direct way of working; process art; post minimal art of the 1970s.

7. Did you get (negative) criticism on your work? If so, how did you defend yourself?

No negative criticism as such. I showed digital 3D printed sculpture in several Royal Academy Summer Exhibitions in London around the turn of the millennium 2002, 2003, 2005. Of course, like any area of art practice, there's the good, the bad and the mediocre, and digital art is no exception.

4. Richard Dupont

1. Which digital or robotic way(s) of sculpting do you use? When, how and why did you start using them?

I use laser scanning, photogrammetry, CNC milling and various types of 3D printing- (SLA and SLS mainly), but I am mainly interested in subverting these processes in order to allow for more visceral and handmade results, mistakes, chance operations, etc.

2. How has it impacted your work and its evolution?

My use of these digital fabrication tools is not just for enlargement. The tools themselves are fundamental conceptually to my work. It all began with a 3D scan of my entire body in 2004. With the data from that scan I was able to construct a complete digital model of my body. That model became a surrogate for me and the raw material for a wide variety of work in many media over the past 15 years. I have always been interested in the Body Art and Systems Art movements of the 1960s and 1970s. In my work, the body is treated as information (data) and the mode of production is digital fabrication.

3. How do these technologies influence the medium sculpture in general? What do you think is truly new and unique about these technologies and their possibilities?

Most sculptors use these technologies for enlargement. Few sculptors "Point up" any more. My feeling is that these technologies are more suited for architecture and design than art. I'm thinking of Frank Gehry and all that has come after. My work is more of a conceptual critique of these technologies in so much as they mirror larger systems of tracking, mapping, surveillance, and the rapid erasure of the tradition of humanism.

4. Do you have some remarks on, or ideas/ philosophies about this topic?

I have attached some texts.

5. How would you describe the relation between the virtual and the real?

Increasingly blurred.

6. Who or what inspires you when it comes to this way of working?

I am inspired by the body, process and conceptual artists of the 60s and 70's. I am interested in ideas finding form and also in art as responding to the time and sociopolitical culture of the time in which it is made.

7. Did you get (negative) criticism on your work? If so, how did you defend yourself?

All the time. I don't feel the need to defend myself. All art is wholly subjective, and most criticism is misunderstanding. that being said, I have a deep appreciation for great art criticism - Roberta Smith, Christopher Knight, Peter Schjeldahl. I like short form criticism the most. I have recently begun to write for write for sculpture magazine.

5. Emilio Vavarella

1. Which digital or robotic way(s) of sculpting do you use? When, how and why did you start using them?

Last year I used a 3D printers for the first time to produce a work entitled *The Other Shape of Things*. It consists of a process-based and ongoing series of sculptures. The starting point of this work is a collection of hundreds of ‘failed objects’: 3D prints that I collected before they were destroyed by 3D printing labs all over the world. These objects were considered ‘failed’ for different reasons: some had not been properly printed and most had distortions, imperfections, and glitches of various kinds. Each found object I collected was first digitalized using a 3D scanner, then reprinted using a 3D printer in order to create a second object. This second object was then scanned, and reprinted, creating a third object. After each step, the mediation and translation from digital to physical and from 3D scanner to 3D printer produced further unpredictable glitches and distortions – which in turn constituted new physical artifacts. I’ve reproduced each found object until satisfied with the series of objects derived from it. The result of each process of mediations, translations and reproductions constitutes one series of sculptures.

Right now, instead, I am working on a new series of 3D prints inspired by Ovid's *Metamorphoses*. It will consist in over 250 sculptures, and the first ones will be presented in February in Bologna for Arte Fiera, as part of a solo show with GALLERIAPIÙ. For this series, I am using a slightly larger machine, the Anycubic i3 Mega. In the meantime, I have also modified my older Monoprice printer in order to test some unusual materials and explore more technical possibilities.

2. How has it impacted your work and its evolution?

Cultural and technological techniques define works through and through. They affect what is possible to do and what is possible to think at any given time. My interest in 3D printing (and in any other technique) is not only connected to the material possibilities that it opens up but also to the conceptual ideas that it can engender.

For example, in my sound installation *Do You Like Cyber?* I have used robotics component as a way to fully convey the range of considerations that compelled me to start this project. The work is composed of three parametric speakers attached to swiveling robotic arms. Parametric speakers, in case you don't know, are similar to lasers in that they radiate sound in a single focused direction – as opposed to conventional speakers, which spread the sound in all directions. Additionally, the sound bounces off hard surfaces such as walls, creating virtual sound sources and making it difficult to detect its origin. Playing with the idea of deceitful messages, the speakers in *Do You Like Cyber?* broadcast a series of short audio messages that were used by bots on the dating website Ashley Madison, which I retrieved after the site was hacked. These bots were programmed to engage the website’s users in online chats, getting them to subscribe to the website’s services. Despite the fact that the bots

were designed to only contact males, they didn't always function as they should have. This work focuses on a series of insubordinate bots that, in a post-anthropocentric fashion, displayed anarchic and unpredictable behaviors, such as chatting with each other for no apparent reason or contacting female users even if they weren't programmed to do so. *Do you like Cyber?* puts the autonomy and interaction between artificial entities at its center, while leaving humans only partially aware of their presence.

Thus, not only the work was inspired by ideas of automation and machinic agency, but in the end I could only convey these ideas through the same set of technological tools that had inspired me to think about it, which resulted in a sculptural work in which robotic components are an integral part of the finished work.

3. How do these technologies influence the medium sculpture in general? What do you think is truly new and unique about these technologies and their possibilities?

I tend to resist the idea of the 'new' as much as that of 'medium.' I think that it is more productive to look simultaneously for the old in the new and the new in the old: a constant exercise in thinking things differently. What is 'new' at any given time is only the specificity of a certain apparatus within a larger historical context and since that is always in flux, the 'new' is never a particularly revealing concept. I prefer instead the idea of 'revelation', for example by looking at an art project within a specific context we can see if it reveals something that maybe was there all along, but that was somehow invisible or unspeakable right up to that point. Similarly, I find that the idea of 'medium' can be extremely restrictive and prescriptive. I believe that ideas, when closely attended, have a way of suggesting their ideal formalization, and this, in turn, can rarely be described as a 'medium'.

4. Do you have some remarks on, or ideas/ philosophies about this topic?

My work is the result of a constant intertwining of theory and practice, and I understand both theory and practice as forms of philosophical inquiry that proceed by different means. Thus, (assuming that I knew what I was doing), this answer should already be provided by my work. Or, flipping the question back to you: what ideas and philosophies about this topic can be evinced from my work?

5. How would you describe the relation between the virtual and the real?

Everywhere I turn I can only see different instances of the real. I think it's time to rethink the idea of the virtual to make it a little more useful.

6. Who or what inspires you when it comes to this way of working?

I get this question quite often and I still don't know how to best answer it. In general, I find a lot of inspiration in combining what I read with what I see. Right now, I am reading about ancient Egypt and the Greeks, Ptolemy and Anaximander, media theory and computer graphics, geography and GPS technology, satellite views and the history of geometry, gambling and meteorology. And as for what I see (and assuming that seeing and reading aren't more closer than we think) I'm not sure on how to keep track of the amount of visual material that constantly moves in front of my eyes...

7. Did you get (negative) criticism on your work? If so, how did you defend yourself?

I remember the first negative criticism I ever got as an aspiring artist. I was an undergraduate student and I spent all of my time experimenting with materials and techniques. One day I sent a (non-requested) email with a ton of links and attachments to an art critic I liked. It was the first time I showed what I called 'art' to someone in the 'art world.' He actually took the time to look at it and sent me a single-line reply: 'too didactic.' I eventually understood what he meant (or at least I understood how to use that): I needed to find a balance between what the work revealed, what the work said, and what the work evoked. I think that, since then, I've gotten better at it. In general, however, I believe that artists don't receive enough (negative) feedback on their work, neither as students nor as professionals. I often encounter bad reviews of movies, but it is a lot more difficult to find bad reviews of artworks, as if it were easier to ignore bad art than bad cinema. ...

6. Jon Isherwood

1. Which digital or robotic way(s) of sculpting do you use? When, how and why did you start using them?

I use the following CNC machinery to produce my sculpture:

7x robots ABB . <https://new.abb.com/products/robotics>

5 x gantry mill Brambarner T rex machines

5 x North wood machines . <https://northwoodmachine.com/>

CNC wire saw http://www.pellegrini.net/INGLESE/generale_ING.html

I had moved to stone carving and explored hand and analog processes. This was a development from working in concrete casting and modeling, thru researching contemporary processes it was clear that technologies had advanced since the Renaissance yet many sculptors were holding on to age old traditions and methodologies. I became aware of CNC technologies and the developments that the stone industry was undertaking. I worked first in clay, then 3D scanned models were scaled, exported into cam software to write tool paths for milling. The reason to explore these new digital methodologies was simply to explore the precision and control that was possible in the duplication of a model, but also to explore new methodologies of removing material that wasn't with a chisel, with an ambition to secure new surface markings from the CNC tooling.

2. How has it impacted your work and its evolution?

These new processes have greatly impacted my work. they have provide a new track of expression thru the tooling , new surfaces and forms that working digitally could only provide.

3. How do these technologies influence the medium sculpture in general? What do you think is truly new and unique about these technologies and their possibilities?

The influence is in several ways.. one is in the physical making.. choosing the robot to carve and mill out the form removes the hand and analog out of that process. Secondly its removes the design process up from a pencil or raw material like clay to a computer aided world of modeling 3D in software. This creates an new working space for the artists that is free from conventional restraints..

4. Do you have some remarks on, or ideas/ philosophies about this topic?

Artists consistently work thru the aesthetic and material histories of their practice.. some see a way to create by learning traditional process and methodologies, Some ask how contemporary mechanisms of production can influence the individual aspirations of the artist. The artist still has to be perceptive to the creative and expressions of thought and feeling. Technologies offer new optics, for me not to embrace those opportunities is choosing not to live in the present and aspire to an imagined future that technology offers.

5. How would you describe the relation between the virtual and the real?

the human condition of being in one's body is the challenge that you question poses.

I side with reality as I live for a material word that is physical in its touch feel and emotion,

6. Who or what inspires you when it comes to this way of working?

The challenge to make expressions that has never existed before. Bernini, Monet, Jackson pollock.

7. Did you get (negative) criticism on the use of technology in your work? If so, how did you defend yourself?

It was suggested to me once by a very well known artist who i respected that, I didn't make the sculpture the computer did.. I responded by saying "you don't either your assistants do!"

The renowned art dealer Andre Emmerich told me once that you should never invite a guest to dinner and then show them your kitchen.

7. Barry X Ball

Throughout history, new developments in art have often moved in concert with technological and scientific invention. Canova invented the elaborate system of manually “pointing up” to create his marble sculptures from his plaster models. Michelangelo used an innovative water-immersion apparatus to enable him to fit the David into an existing misshapen block. Greek metallurgical mastery enabled the production of stunning bronze works like the famous *Boxer at Rest* at Palazzo Massimo alle Terme in Roma. Brunelleschi’s brilliant engineering breakthrough enabled the completion of the Duomo in Firenze without wooden centering. The great Gothic cathedrals of Europe were all-encompassing tours de force of engineering and craftsmanship – the “moon shots” of their time.

I have an incredible technological advantage over artists of the past. Given all the tools in my armamentarium, I *should* be able to create exquisite sculptures. I employ technology to achieve new, superlative results. The means by which I achieve those results are of secondary importance. Although I realize that my use of robots and other advanced machines is of interest to those curious about my art, technology in itself is, to me, only a means to an end. If he were working today, I am certain that Michelangelo would employ the same tools I use. I was one of the first contemporary artists to use 3D scanning and CNC milling. I began working with these processes over 20 years ago.

I have benefitted from magnificent patronage that has enabled me to “go all out” in the realization of my sculptures. I have had direct experience, through my intimate 3D scanning of historical sculptures, that artists of the past did not always aim for or achieve absolute perfection. Or they may not have had the economic means to spend the time to attain perfection. Often the backs and other details of ancient sculptures were not finished, or were quickly roughed out. My aim is to make true 3D sculptures in the round, with all details executed as fully as possible. I am fortunate that I have had the support to luxuriously realize my works.

Given that I am an American artist raised in California as a Fundamentalist Christian, I believe the way I experience European historical art is unique. I have approached art of the past in an analytical manner influenced by contemporary art developments such as Minimalism and Conceptualism. Although I am intensely concerned with the creation of physical objects, I am a conceptual artist. Stefano Rabolli Pansera of Hauser & Wirth gallery has described my approach as the “Reverse Engineering of Art History”. I am in agreement with his assessment. Now, with my state-of-the-art new studio in place, and with the collaborative expertise of my fabrication partners, I intend to create sculptures that are the most technically and aesthetically advanced being made today – exquisite, complex works of art.

Copying or working from / after historical masterpieces has long been done. One can still today see art students working at their easels in front of great paintings in museums. From the first brush or pencil stroke, those artists are interpreting. The difference between this traditional approach and the digital scanning I employ is that the data I glean is “just the facts”

clean – devoid of taste or sensibility. From my objective starting point (the original unaltered digital scan), I introduce the alterations that make the sculptures I eventually produce “mine”.

I can't really draw any conclusions as to how the technologies available to artists have generally impacted sculptural practice. I only know that I have abandoned traditional clay and plaster modeling completely. I and my several members of my studio team are highly skilled in traditional techniques and approaches. We used those ancient methods for years. The reason for us eschewing them is simple – digital technologies are simply superior in all ways. Digital workflows are far more flexible, and through them, an amazing variety of sculptural variations can be realized.

I spend a lot of time in museums and galleries looking intently. But I spend an equal amount of time studying science, technology, product design, etc. I take my inspiration where I can get it. I find that often non-art items are more exquisitely produced than sculptures. The glass on the face of an iPhone is more amazing, more perfect in execution and function, than any glass work ever produced in Murano.

All artists are criticized. If you take a strong stand, you can be certain that not everyone will agree with you. I would have to say, however, that in the world of advanced contemporary art, I have experienced little criticism for my utilization of cutting-edge technology. This kind of retrograde critical response generally comes only from neo-traditionalists. My work is exhibited in a milieu where advanced thinking is praised. Thank God!