

File-to-Factory

maakbaarheid

versus

virtualiteit





provinciale hogeschool limburg
departement architectuur en beeldende kunst
universitaire campus gebouw E
3590 diepenbeek
academiejaar 2007-2008
seminarie bouwtechnische concepten

File-to-factory: maakbaarheid vs. virtualiteit

thesis davy franssens
promotor marc knapen

File -to-factory: maakbaarheid vs. virtualiteit

Inleiding	9
Dankwoord	17
Deel 1: File: CAD: Computer Aided Design	23
01. Software	
01.1. Basis CAD-software	26
01.2. 3D-Modelleer software voor Mechanisch ontwerpen	31
01.3. Animatiesoftware	34
01.4 Creatie van een nieuw type van architecturale software	37
02. Digitaal Ontwerpen	38
02.1 Analoog ontwerpen	40
02.2 Digitaal ontwerpen	47
02.3 Parametrisch ontwerpen	64
Deel 2: To factory: CAM: Computer Aided Manufacturing	81
01. Fase voorontwerp Rapid Prototyping Rapid Manufacturing	81
01.1 Additieve processen	83
01.2 Subtractive processen	86
02. Optimalisatie ontwerp	107
03. Fase uitvoering emanufacturing	112
03.1 Glas	116
03.1.1 Glasblazen met de hand	116
03.1.2 Glasblazen en malblazen	118
03.1.3 Pers en malblaasmethode	121
03.2 Plastic	125
03.2.1 Plastic blow moulding	125
03.2.2 Injection blow moulding	127
03.2.3 Extrusion blow moulding	129
04. Rapid Building: Toekomstmuziek of realiteit?	132
04.1 Parametrische wand	132
04.2 Contour crafting	136
Deel 3: Case: Een proces van maakbaarheid vs. Virtualiteit	139
01. Jeneverglas: proces van maakbaarheid vs. Virtualiteit	141
01.1 Voorontwerp	141

01.2 Prototype	143
01.3 Contacten voor de fabricatie	151
01.4 Model optimaliseren voor productie	152
01.5 Keuze materiaal van de mal	155
01.6 Uitvoering mal - computermodel	156
01.7 Productie in glas	161
02. Parametrisch jeneverglas	163
02.1 Scripting van het jeneverglasje	163
02.2 Parametrisatie	163
Besluit	175
Bibliografie	179

Inleiding



Wij zijn allemaal adepten van de digitale revolutie. De computer is niet meer uit ons leven weg te denken en de computer blijft terrein winnen. Zo vormt deze computer met al zijn mogelijkheden sinds enige tijd een bron van inspiratie voor tal van experimentele architecten. De ideeën over een organische architectuur bestaan al sinds de jaren '20, de dromen over een digitale architectuur sinds de jaren '50 -'60. Het uitwerken van deze ideeën bestaat echter nog maar sinds 10 jaar voor de millenniumwissel.

Het experimentele is nu wat voorbij. Er is een bewustzijn gegroeid onder de avant-garde architecten. Zij hebben ondertussen hun eigen ontwerpstrategieën bedacht en uitgezuiverd.

De eerste te bouwen experimentele ontwerpen eindigden meestal in de vuilnisemmer.

De kennis en de technologie stonden nog niet op punt. De architectuur en de bouwwereld waren er nog niet klaar voor.

Deze organische, complexe architectuur realiseren, vraagt om een onderliggende duidelijke geometrie. De chaos moet geordend worden. Voor het ordenen van hun ontwerp, tracht men nu van in het begin de onderliggende structuur in te bedden in zijn vorm. Dit vaak door middel van scripten.

Daardoor wordt het model een bundel van parameters en door zijn voorgedefinieerde parameters ook aanpasbaar.

Architectuur is niet louter een verhaal van experimenteren in animatiesoftware. Na hard met het hoofd tegen de muur te gestoten te zijn, werken architecten nu nauw samen met informatici, wiskundigen, ondersteunende ingenieursbureaus. Wat de uitvoering betreft, werken ze van in het ontwerpstadium samen met de betreffende constructeurs.

Al van in het tweede jaar werd ik door uitdagende architectuur aangesproken. Ik begon met vormstudies en atelierontwerpen in de taal van een Zaha Hadid. Dit evolueerde naar organische vormen in het vierde jaar, eerst tijdens de workshop in Mechelen en uiteindelijk als laatste opdracht van datzelfde jaar, namelijk het ontwerp van een paviljoen op de site van de stoomstroopfabriek te Borgloon.

De vraag, die ik me gedurende dit traject stelde, was, hoe maak je nu zoiets?

Hoe worden de complexe, organische vormen maakbaar? Dit werd dan ook de grote onderzoeksvraag van mijn thesis.

En snel bleek dat op deze vraag geen eensluitend antwoord paste. Het thema op zich is nog zo nieuw dat er in België amper architecten zijn die met deze vormgeving vertrouwd zijn, laat staan dat zij in staat zijn die te construeren.

De thesis moet in dit opzicht dan ook opgevat worden als een zoektocht. Een verhaal met een duidelijk vertrekpunt, maar zonder eindpunt. De beschrijving van dit onderzoek wordt ingezet met het hoofdstuk File, waar ik de complexe, organische ontwerpen kader binnen het

gebruik van de benodigde software. Welke types zijn er en waarvoor wordt elk type gebruikt?

Hierna bekijken we onmiddellijk enkele korte cases van organische, digitale ontwerpers. Elk heeft ondertussen zijn eigen ontwerpstrategie ontwikkeld. Daarna volgt het hoofdstuk parametrisch ontwerpen, het item waar binnen de internationale architectuurwereld veel over gesproken wordt, maar dat door velen verkeerd wordt begrepen of geïnterpreteerd. Ik tracht deze term dus ook ruimer te kaderen. Hierna gaan we over naar het deel over de maakbaarheid, factory genaamd.

In dit deel wordt de indeling gemaakt tussen voorontwerp, optimaliseren van het ontwerp en fabricatie. In het voorontwerp worden processen beschreven om dummy of prototypes te fabriceren, van rapid prototyping tot rapid manufacturing.

Na deze eerste confrontatie met het prototype, moet het ontwerp geoptimaliseerd worden met het oog op de latere constructiefase. Het is in deze fase dat veel architecten en ontwerpen stranden. Dit leidt tot de oprichting van bureaus die zich enkel toespitsen op het adviseren en begeleiden van architecten naar de constructiefase. In de constructiefase wordt er enkel van computergestuurde fabricatiemethoden gebruik gemaakt.

Dit was ook een belangrijk punt in deze thesis: hoe worden virtuele digitale ontwerpen digitaal maakbaar?

Als toemaatje beschrijf ik nog twee processen die volledige gebouwen kunnen printen en construeren.

Het vorige deel beschreef het theoretische luik van mijn thesis. Daarnaast was er ook nog een onderzoek waarin ik zelf dit pad van virtualiteit naar maakbaarheid trachtte te bewandelen.

Het onderzoek spitste zich toe op de schaal van product-design, een klein organisch vormpje, met name een jeneverglasje, een idee dat groeide uit de wedstrijd voor een nieuw jeneverglas, uitgeschreven door de stad Hasselt.

Na gesprekken met Andre Houdart, Kristiaan Van Weert en Walter Fransen, wou ik dit computermodel parametriseren.

Zo liep er gelijktijdig een dubbelonderzoek over dit glaasje. Het eerste onderzoek naar het ontwerpen en produceren van dit borrelglas, en het tweede hoe we dit alles zouden doen door middel van parametrisch ontwerpen. Vooral dit laatste was een zware opgave, doordat ik geen programmeur ben. Op enkele maanden tijd moest de scripttaal van 3ds Max mij eigen worden. Men kan zich ondertussen afvragen waarom ik keer op keer opteer voor 3ds Max. Ik was al enkele jaren vertrouwd met het modelleren en renderen in dit pakket en een mens is tenslotte een gewoontedier. Daarnaast bleek in het onderzoek dat verschillende architectenbureaus ook gebruikmaken van animatiesoftware. Aldus startte ik in 3ds Max. Tijdens mijn zoektocht ontdekte ik een nieuw softwarepakket, die er specifiek op gericht was parametrisch te ontwerpen, toegepast op architectuur. Mocht ik dit onderzoek kunnen verlengen, dan zou ik dit softwarepakket geïntegreerd hebben.

Alvast een mooie wandeling gewenst doorheen mijn onderzoekstraject.

Omwille van de zware technische aard van de thesis, zal het voor u als lezer soms misschien wel lopen worden. Maar niemand heeft ooit beweerd dat het leven van een architect makkelijk zou zijn.

"VELLE NON DISCITUR"¹

¹ velle non discitur: willen kan je niet leren [citaat Danny Eerlingen, zomer 2007]

Dankwoord



Deze thesis kon enkel tot stand komen dankzij de steun, hulp en kennis van vele mensen.

Ik ben dus een woordje van oprechte dank verschuldigd aan:

Allereerst, zij die mij na aan het hart liggen, mijn familie.

Dank je mama, papa, Stephanie, Lisa en Ilona. Bedankt voor alle gekregen kansen, om te mogen studeren!

De mensen die me in de weinige vrije tijd kennen als muzikant of wielrenner. Dank aan Fanfare Kermt, Brass Band Haspengouw en Marathonfietsers Donk. Een speciaal woordje van dank richt ik tot de dirigent van de Brass Band Haspengouw, Léon Petré, voor de vele filosofische gesprekken.

De volgende regels van dank gaan uit naar de mensen die rechtstreeks betrokken waren bij de grote zoektocht.

De grootste dank gaat naar mijn promotor Marc Knapen, voor het begeleiden en het uitwisselen van ideeën, kortom voor de continue ondersteuning gedurende dit moeilijke en vaak stroeflopende traject.

Dank aan de personen die bijgedragen hebben aan de realisatie van de case, het jeneverglasje. Bedankt

aan Pierre Lefebvre voor de technische ondersteuning en de raad. Krist Mielnik en het hele team van Sirris in Diepenbeek, bedankt, zonder jullie was er nu geen glaasje. Bedankt Andy Camps en Xios Hogeschool, voor de begeleiding en productie van het prototype en voor de interessante lessen. Bedankt aan Jeroen Maes, coördinator van het Glazen Huis, voor het laten blazen van het glaasje.

Dan ook nog dank aan de mensen die niet rechtstreeks in dit verhaal voorkomen, maar waar ik wel verschillende gesprekken mee heb gevoerd, met name Wout Sorgeloos, André Houdart en Kristiaan Van Weert.

En dan als laatste, bedankt Luuk Gruwez om deze zware technische lectuur op taalgebruik en schrijffouten te scannen en verbeteren. Zonder u zou het niet leesbaar geweest zijn.

Bedankt aan het hele team in en rond atrium.architecten voor de gekregen kansen en het toffe werk.

En in mijn laatste zin zou ik alle medestudenten van 5AR en van het seminarie bouwtechnische concepten, die me op de achtergrond gesteund hebben, willen bedanken voor het vele zwoegen en de ellenlange discussies.

En tenslotte dank aan alle mensen die me keer op keer vroegen: "En hoe gaat het met je thesis?".

**1. File:
CAD: Computer Aided Design**



01. Software

We ontwerpen nu in een digitale wereld. De computer is nietmeer weg te denken uit onze dagelijkse ontwerpwereld. Wat we echter niet beseffen is dat dit zeer recente geschiedenis is. CAD¹ als zijnde een grafisch systeem werd midden jaren '50 ontwikkeld voor US Air Force's SAGE², een luchtdefensie systeem³. De CAD die we in architectuur gebruiken, is ontstaan tussen eindjaren '70 en beginjaren '80. Zo is het CAD-pakket Autocad van Autodesk ontstaan in 1982 en Microstation van Bentley Systems in 1981. Na het vrijgeven van de kennis, is de industrie erop gesprongen, met het oog op de automatisatie van hun systemen. Boeing heeft met haar software en geautomatiseerde processen de trend gezet. In de architectuur duurde het net iets langer, daar de aankoop van computers niet direct een rendementsverhoging van het bureau veroorzaakte.

De eerste architectenbureaus die CAD-software aankochten, gebruikten het op een gelijkaardige manier als hun tekentafel met inktpennen. Ze tekenenden digitaal, CAD in de betekenis van Computer-Aided-Drafting.

Pas bij de opkomst van de complexe architectuur onder impuls van Frank O'Gehry, Peter Eisenmann, Daniel Libeskind, Zaha Hadid... zal er een digitaal bewustzijn groeien. Gehry zal van 1989 het softwarepakket van Boeing, namelijk CATIA⁴ [Dassault Systems], gebruiken om zijn architectuur te kunnen vertalen naar de constructiefase.

Zo heeft elke discipline haar specifieke software ontwikkeld. De informatieboost die het internet met zich meebracht, was ongezien. Vanaf dat moment deelden we als het ware alle informatie, cross-media. Via fora, newsletters, websites... komen we met andere disciplines in contact, met hun visies, ontwerpen, kennis maar ook

1 CAD: Computer Aided Design.

2 SAGE: Semi Automatic Ground Environment

3 De geschiedenis van CAD, <http://mbinfo.mbdesign.net/CAD-History.htm>, laatst geraadpleegd op 15 februari 2008

4 CATIA: Computer-Aided Three-Dimensional Interactive Application

met hun software. De experimenteel ingestelde ontwerper zal dus ook gebruik maken van software van andere disciplines, de aanzet tot multi-disciplinaire ontwerpen. In het beginstadium is dit nog een intuïtieve vorm van ontwerpen, onder de vorm van het aftasten van de grenzen van deze 'nieuwe' software. Zo wordt er vooral gebruik gemaakt van animatiesoftware in de ontwerpfase. Om deze complexere ontwerpen trachten te verwezenlijken hebben we dan weer software nodig de productiemachines kan aansturen.

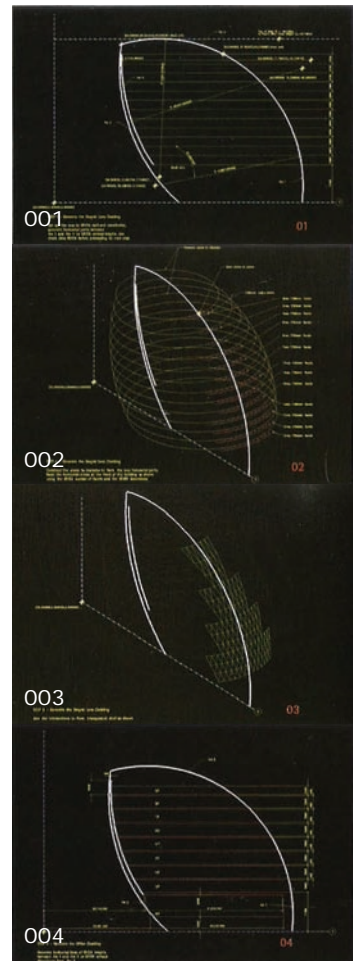
We kunnen dus stellen dat in de snelle evoluerende hedendaagse architectuurpraktijk, gebruik wordt gemaakt van drie types van software, met name:

In de snel evoluerende hedendaagse architectuurpraktijken worden drie types van software gebruikt mn.

1. General Geometric Foundation Software
2. Solid Modeling Software for Mechanical Design
3. Animation Software

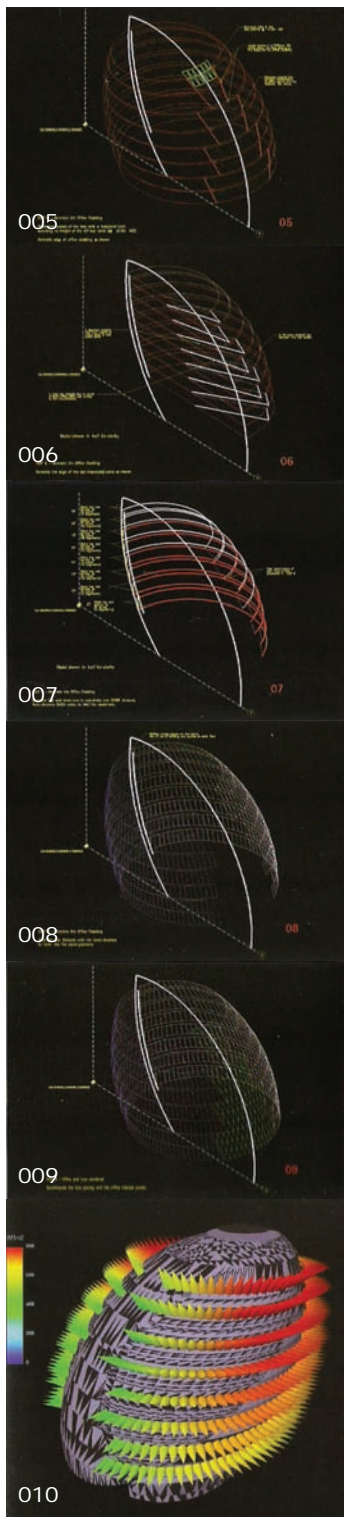
1. Basis CAD-software

Voorbeelden: Autodesk Autocad, Bentley Microstation... De meeste CAD-systemen bevatten modellercommando's (curves, surfaces, solids), die vaak veel algemener zijn dan deze die gecombineerd zijn in specifieke architectuurentiteiten en operaties. Voor de ontwerper met een conceptuele notie van geometrie geven de algemene modellercommando's een graad van expressie en vrijheid. Deze expressie en vrijheid is echter verloren gegaan in de specifiekere applicaties voor architectuur [ADT⁵, Revit⁶]. Het grote verschil tussen beide vormen van CAD is dat de basis, originele CAD-pakketten het toelaten eender wat te tekenen. Je ontwerpt, tekent met



5 ADT: Autodesk Architectural Desktop.

6 Revit: Autodesk Revit Building.



behulp van lijnen, bogen, cirkels, soms vlakken zoals bij VectorWorks, dit laat je een hoge graad van expressie en vrijheid toe. De specifieke applicaties, vaak toepassingen van BIM software, streven echter naar een doorgedreven automatisering. In deze CAAD⁷-pakketten ontwerp en teken je door middel van voorgedefinieerde componenten, zoals muren, ramen, deuren. De graad van expressie ligt veel lager, en is een heikelpunt voor de vrijere ontwerper. Deze lagere graad van expressie betekent een beperking op zijn expressieve mogelijkheden. Desondanks streven ontwerpers steeds naar alsmaar snellere teken- en ontwerptools. De contradictio in terminis is echter dat diezelfde versnelling de ontwerper doet verstarren. De avant-garde ontwerper zal zich dan ook langer “behelpen” met deze basis CAD-software. Hierin kan hij zich vrij uiten en voelt hij zich niet gevangen door de sterk doorgedreven bepaling van tekenelementen. Deze basissoftware is echter een extreem krachtige bron voor de ontwerper met programmeervaardigheden. Het werk bij Foster+Partner en SOM is hier een voorbeeld van. De ontwerper moet echter aanvaardbare programmeervaardigheden hebben om dit potentieel hard te maken [dit zal in de toekomst veranderen]. Sommigen zullen echter de sterke eis naar programmeervaardigheden als ontmoedigend ervaren. Maar de opkomende discipline “programmatic design”⁸ heeft dit potentieel en de gevolgen uit deze vaardigheden reeds gedemonstreerd.

De les die we hieruit mogen trekken is dat geometrische algemeenheid en de programmeermogelijkheid de sleutelbestanddelen zijn in een reeks van computerontwerpmiddelen voor complexe, hedendaagse architectuur. Een bezwaar is dat hedendaagse ontwerpers geschikte vaardigheden moeten ontwikkelen om het volledige potentieel van deze middelen te benutten.

7 CAAD: Computer Aided Architectural Design. CAD die specifiek bedoeld is voor architecturale ontwerpdoeleinden. Deze software maakt gebruik van voorgedefinieerde elementen, zoals muren, ramen...

8 programmatic design: De op programmeerwerk gebaseerde ontwerpen. De voortzetter van het parametrisch ontwerpen, waar de code de vormgever wordt van het gebouw.





012-City Hall Londen | Foster+ Partner.



013-City Hall Londen: detail glasgevel.

Andere architecten zoeken vaak hun toevlucht in specifiekere CAD-software voor architectuur, nl. CAAD. Binnen de CAAD-software heeft BIM zijn intrede gemaakt. Enkele voorbeelden zijn Autodesk Revit, Autodesk ADT, Graphisoft Archicad. Zij die echter van de veronderstelling uitgaan dat complexe vormen hierin ook 'eenvoudig' kunnen worden gemaakt, hebben het uiteraard verkeerd.

Waar ligt nu net die grens tussen de software die nodig is voor de complexe, organische architectuur en de 'klassieke' orthogonale architectuur?

Het verschil in werking is groot, maar in de idee klein. De benodigde software voor de organische architectuur is gebaseerd op de basis CAD-software, waarnaast ze nog gebruik maken van software pakketten uit andere ontwerpwerelden, nl. de mechanische industriële wereld en de film- en animatiewereld. Hierin worden de programmeervaardigheden en het multi-tasking sterk uitgespeeld. Bij BIM-modelling echter is het de doorgedreven automatisering in tekenwerk die de rode draad is in het gebruik van deze vorm van CAD. BIM bevindt zich nog binnen deze categorie van basis CAD-software, maar is al dermate "aangetast" of gespecificeerd voor architecturale doeleinden dat het anderzijds niet meer als basis CAD-software mag worden beschouwd.

2. 3D-Modelleer software voor Mechanisch Ontwerpen

Voorbeelden : Autodesk Inventor, Dassault Systems Solidworks en Catia voor meer geavanceerde toepassingen zoals de vliegtuig- en auto-industrie.

Mechanische CAD-systemen breiden de algemene geometrische functionaliteit van basis CAD-software uit met volledige 3D-modellering, inclusief de Booleaanse operaties. Deze software kan tot op zekere hoogte gebruikt worden voor architecturale ontwerpen: allereerst, om de globale vorm van het gebouw en de omringende volumes te modelleren, ten tweede om de individuele componenten te modelleren.

Mechanische CAD-systemen zijn voorzien van zeer krachtige geometrische tools. Het probleem is echter dat deze tools geënt zijn op een applicatie die oorspronkelijk bedoeld was voor het ondersteunen van de manier van werken van mechanische ontwerpen.

De werkwijze in Solidworks kan je vereenvoudigd vergelijken met de manier waarop je in Sketchup werkt. Je start namelijk ook hier met een 3D-vorm, waarop je allerlei bewerkingen uitvoert. Je maakt gaten, doet de randen afronden, maakt de binnenkant hol en maakt de schil dikker of dunner.

Zo gebeurt het ook in Solidworks. Het enige verschil is dat al deze bewerkingen worden opgeslagen in een geschiedenis in de vorm van een boomstructuur, waarbij de verschillende bewerkingen vertakkingen zijn aan deze boom. In de termen van de mechanische ontwerpsoftware worden deze boomstructuren, feature-trees genoemd. Dit maakt het mogelijk dat je op eender welk tijdstip in het ontwerp kunt ingrijpen en een tak kunt selecteren, waarop het 3D-model terugkeert naar zijn aanvankelijke vorm. Je kan het 3D-model en al zijn geschiedenisstukken haast eindeloos aanpassen.

Zowel de theoretici [=softwareontwikkelaars] als de practici [=de ontwerpers] zijn tot de conclusie gekomen dat de relatie tussen de globale vorm van het gebouw en het systeem met al zijn componenten, die gebruikelijk

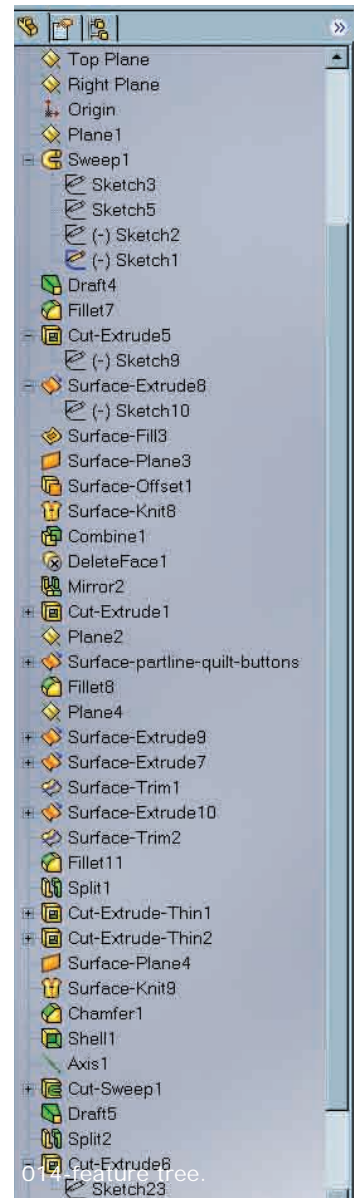
zijn voor het creëren van die vorm, duidelijk complexer zijn dan wat ondersteund kan worden door de beperkte “tree-like” relaties of eenvoudige geometrische transformaties. Vanuit het standpunt van de architect lijken deze interessante en krachtige tools vaak vast te zitten in een applicatie met een voorgedefinieerde en ongeschikte werkwijze. Een architectontwerper denkt en ontwerpt altijd tussen 2D en 3D, van model naar grond- en verdieplingsplannen over gevels, terug naar het model. Mechanische software werkt stap voor stap, je hebt een blok en je begint te snijden, te trekken en duwen, waarbij elke stap wordt opgeslagen in de “feature-tree”.

Hier kan je niet constant de link maken tussen 3D en 2D zonder sneden van het model te maken of koppelingen naar je 2D-tekenbladen te maken.

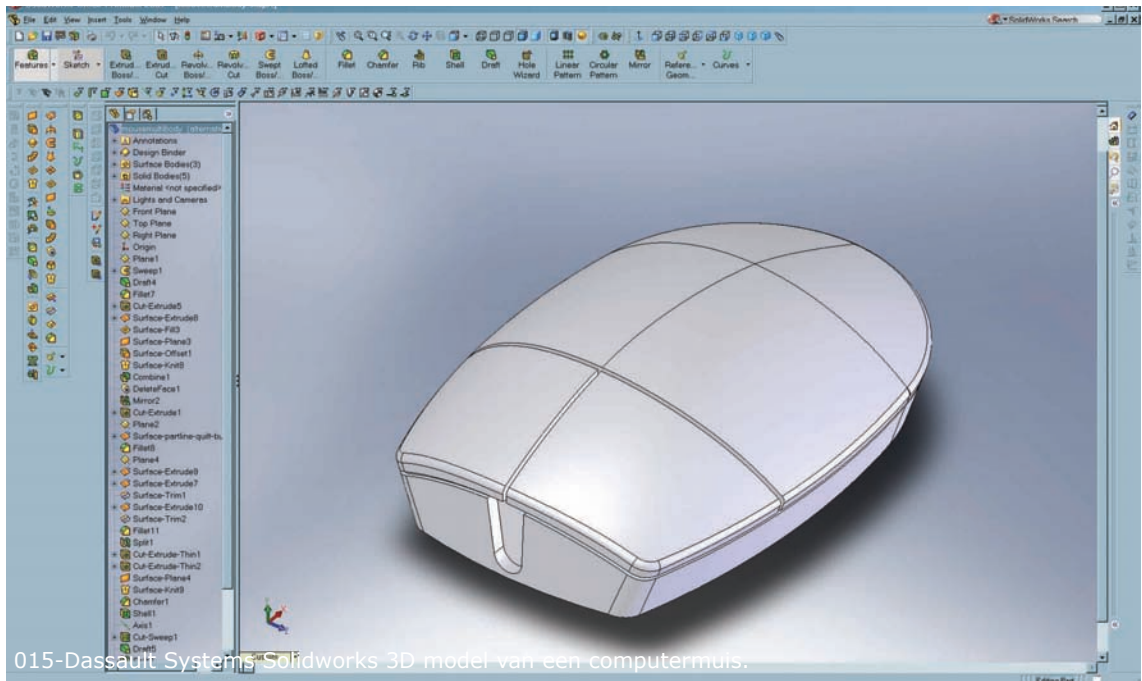
Mechanische CAD-software kan samenwerken met computer-aided-manufacturing [CAM] programma's en toepassingen. In een veel grotere omvang dan het geval was bij de basis CAD-software. Terwijl modellen die gecreëerd zijn in de basis CAD-software nu naar driedimensionale prototyping devices zoals lasercutters en stereolithografiemachines kunnen gestuurd worden, zo kunnen mechanische programma's data genereren die op een meer gesofisticeerde manier met het volledige spectrum aan geavanceerde manufacturing devices, zoals die in de industrie worden gebruikt, communiceert. Dit koppelt de virtuele wereld van design terug aan de fysieke wereld van de manufacturing.

Hieruit kunnen we concluderen dat computergenerende ontwerpmiddelen voor complexe architectuur al de geometrische algemeenheid en functionaliteit van de mechanische CAD-systemen nodig hebben, maar wel meer flexibiliteit en uitgebreidere relaties eisen dan deze die door de “feature-trees” en andere instrumenten van de mechanisch CAD-software worden ondersteund.

Er zijn echter bureaus bekend die gebruik maken van deze soort software om complexe, organische ontwerpen naar de constructiefase te begeleiden. De reden hiervoor is dat bij de uitvoering van organische ontwerpen, vaak van computergestuurde fabricatietechnieken gebruik



wordt gemaakt. Een groot voordeel van deze software is dat zij een sterk uitgewerkte koppeling met deze machines vormt.



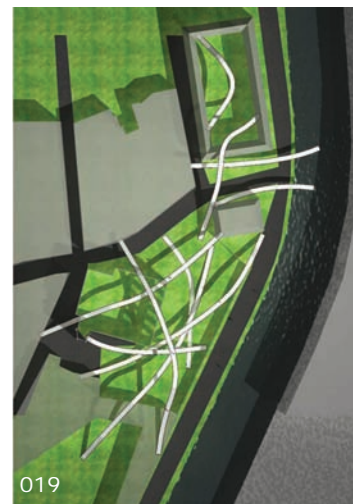
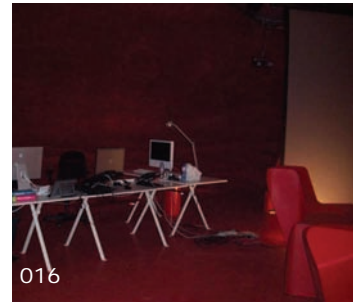
015-Dassault Systems Solidworks 3D model van een computermuis.

3. Animatie-software

Een derde categorie van CAD-software is de software die beter bekend is als die van de animatie en de film-industrie. Enkele voorbeelden zijn: Autodesk 3ds max, Autodesk Maya, Maxon Cinema 4D, Side Effects Houdini, Luxology Modo...

Animatiesoftware biedt belangrijke voor- en nadelen wanneer ze gebruikt wordt in architecturale ontwerpen. Maar er zijn ook nadelen: we kunnen computergrafische systemen classificeren op twee manieren. Ten eerste, is er een systeem waarbij de visuele resultaten die op het scherm verschijnen de eindresultaten zijn en in een tweede systeem zijn de visuele resultaten een representatie van een ontwerp dat bedoeld is om fysiek te worden gerealiseerd. In het eerste geval is de virtualiteit van het medium dezelfde als die van het resulterend product. Een voorbeeld hiervan zijn animatie- en verfsystemen zoals Particle Flow, Dynamics en Kinematics in 3ds max.

Dit is in tegenstelling met andere computergrafische systemen, zoals die in design worden gebruikt en waarin wat op het scherm verschijnt niet het eindresultaat is, maar een hulp tot de creatie van enig ander (fysiek) object of systeem. Hier is het fysieke karakter van het medium verschillend van dat van het product. Zowel de animator als de architect delen eenzelfde objectief, namelijk het creëren van een emotioneel antwoord. Het grote verschil tussen beide is echter dat een gebouw fysiek uitvoerbaar moet zijn om tenslotte dit effect te bekomen. Deze verplichting tot fysieke uitvoerbaarheid legt beperkingen op het ontwerpproces, die vertaald zouden moeten worden in de werking binnen het ontwerpmedium. Deze beperkingen worden echter genegeerd binnen de animatiesystemen. Een voorbeeld van dit tweede systeem is een werk dat ik binnen het vak Architectonisch Ontwerpen in 4ar heb ontworpen en dat ik later voor de studentenstaalbouwwedstrijd heb ingediend. Het gaat hier om een paviljoen, waarin onderzoeken naar nieuwe variëteiten van fruitbomen interactief worden voorgesteld. Dit paviljoen werd geënt op de site van de voormalige stoom-



stroopfabriek van Borgloon.

Het grote minpunt van animatiesoftware is het ontbreken van dimensionale accuraatheid. De oorzaak hiervan ligt natuurlijk bij de animatiestudio's zelf: daar maakt het nu eenmaal niet uit welke maten gebouwen en wezens hebben, doordat deze nooit werkelijk geproduceerd worden. Animatiestudio's werken op basis van verhoudingen. Wanneer een ontwerper dus gebruik maakt van deze software, moet hij er steeds rekening mee houden dat zijn ontworpen gebouwen enkel naar verhoudingen juist zijn, naar maten daarentegen zelden of nooit. Hiervoor moet hij steeds kunnen terugvallen op een van de basissoftware CAD-pakketten.

Animatiesoftware kan dus geschikt zijn om de vorm van het gebouw te ontwikkelen, maar ze kan zelden of nooit bijdragen tot de planning of de fysieke realisatie van het uiteindelijke ontwerp.

Het is ook belangrijk te noteren dat animatiesoftware bedoeld is om de illusie of de misleiding te vergemakkelijken. Een voorbeeld is het creëren van renderings⁹. Het is vrij eenvoudig om d.m.v. computergraphics een illusie te geven van een continu gekromd vlak door het eenvoudig glad [smooth] trekken van het gefacetteerde model. Maar de onderliggende vereenvoudigde geometrische representatie en de overeenkomstige facetteringsregels, gebruikt in een dynamisch renderingsalgoritme, hebben geen relatie met de mogelijke alternatieve panelisering en fabricatieprocessen die we gewend zijn in de fysieke realisatie van een gebouw.

Hoe dan ook: de meest betekenisvolle bijdrage van de animatiesoftware tot de architectuur en de andere disciplines is de eigenlijke integratie van de notie 'tijd' in het ontwerpproces. Conventionele CAD-tools veronderstellen vaak onjuist dat de ontwerper eerst het model creëert met een reeks van tools en achteraf het model

⁹ rendering: een door de computer gegenereerde afbeelding van een 3D model, waarbij aan dit 3D model materialen en licht wordt toegekend. Een virtuele foto van hoe het in werkelijkheid zou kunnen zijn [fotorealistische renders]. Graag verwijs ik wat dit onderwerp betreft naar de thesis van Joris Nivelles, 2007-2008.

animeert met een andere reeks van tools.
Dit paradigma is helemaal fout. De kneedbaarheid van de vorm is net een essentieel deel van het onderzoekende ontwerpproces van complexe, organische architectuur.

De notie van "tijd", die aanwezig is in animatiesoftware, zou dus goed geïntegreerd moeten zijn in het CADsoftwarepakket voor organische ontwerpdoeleinden, maar met een grotere mogelijkheid tot controle van dimensies en geometrische precisie.



Creatie van een nieuw type van architecturale software

Waar de avant-gardistische architectuurwereld op afstevent, is de creatie van een nieuw type van architecturale CAD-software¹⁰. Geen BIM-pakket, geen nieuwe Revit, ADT of Archicad, maar een type dat de krachtlijnen behoudt van de drie eerder besproken types. De kans om vrij te werken, dus als basis het pakket van een basis CAD-software, daarnaast een sterke wisselwerking met CAM-machines en Rapid Prototyping toepassingen en tot slot de invoering van de notie "tijd".

De laatste jaren is er op dit vlak veel bewogen. Er is echter nog geen enkel officiële versie uit van deze softwarepakketten, maar wie goed zoekt, vindt wel enkele release candidates of beta-versies. Ik noem twee softwarepakketten die ontwikkeld werden mede als antwoord van de softwareontwikkelaar naar twee prominente architectenbureaus. Namelijk het pakket Digital Projects dat bovenop CATIA werkt voor het bureau van Frank O’Gehry. En Generative Components, dat op zijn beurt gekoppeld wordt aan Microstation, voor het bureau van Foster+Partner.

02. Digitale Ontwerp-methoden

Het digitaal ontwerpen van vandaag heeft veel te danken aan de komst van de computer. De computer met zijn software is echter het medium dat de ideeën van enkele virtuele ontwerpers avant-la-lettre nu kan verpersoonlijken.

In 1929 schreef Lazlo Moholy-Nagy al:

“ men moet het bouwwerk niet langer uitsluitend beschouwen als een samenspel van binnenruimten, niet slechts als beschutting tegen het weer en de gevaren van buitenaf, niet als een star omhulsel, als een onveranderlijke ruimtelijke toestand, maar als een dynamische constructie die is bedoeld om te leren leven, als organisch bestanddeel van het leven zelf...

...de eigenlijke werking van de vormgeving van de ruimte, het onbeschrijfbaar evenwicht van gebonden spanningen, het fluctueren van elkaar doordringende ruimte-energieën glijdt onopgemerkt aan hem voorbij.”

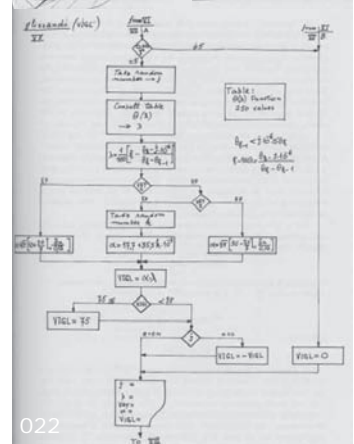
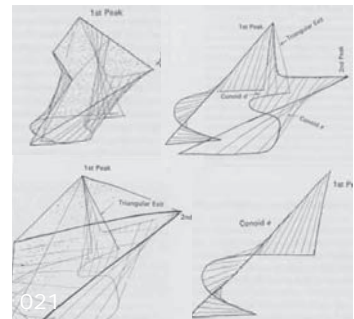
Van materiaal tot architectuur, László Moholy-Nagy, 1929

Deze ideeën konden geplaatst worden binnen het algemene kader van de Russische constructivisten en suprematisten. Die werden gefascineerd door de ruimte, de kosmos en door thema's zoals de relativiteitstheorie.

Pas in de jaren '50 '60 worden deze ideeën rond virtuele ruimte en organische vormtaal weer opgenomen.

Le Corbusier kreeg namelijk voor de expo '58 in Brussel de opdracht een gevel te ontwerpen voor het paviljoen van Philips. Hij vatte die echter anders op en verwoordde dit in een brief aan de directeur van Philips.

Je ne vous ferai pas un pavillon avec les façades. Je vous ferai un poème électronique et la bouteille qui la contiendra. Un poème on pourrait participer toutes les techniques actuelles à l'électronique. Je ne vous ferai



créer aucun instrument de physique nouveau, mais mettre en symphonie vos propres instruments.

Le Poème Electronique, Le Corbusier.

Het gebouw zou een experimentele ruimte worden en zijn. Het zou een wisselwerking vormen tussen architectuur, muziek en film. De toeschouwer moest daarin de belangrijkste rol spelen en hij moest zich door deze elementen acht minuten lang laten begeleiden.

De eerder vermelde fles van Le Corbusier vertaalt Xénakis later in een maag, waar mensen interactief beïnvloed en overstelpt worden met licht en klankeffecten, een transit-space met een ingang en uitgang waar de mens gedurende acht minuten onderhevig wordt gesteld aan de kracht van de toenmalige techniek. Hij werkt in zijn vormentaal ook met dit gegeven. Zo gebruikt hij twee pieken die door een spanningslijn worden verbonden, die de visuele vertaling van het interne traject zou zijn. Beide pieken duiden de in- en uitgang aan, ze monumentaliseren het gebaar dat Philips wenste te maken.

Het grote genie, diegene die de grondvesten voor de hedendaagse complexe architectuur heeft gelegd is de architect, wiskundige, componist Iannis Xénakis. Hij begreep het muzikale klankenspel van Edgar Varèse en kon dit koppelen aan het licht- en vormenspel...kortom aan de hele beleving. In zijn boek "Formalised Music" legt hij duidelijk de compositie van Metastasis uit en dan begrijpt en ziet men onmiddellijk het verband met het Philipspaviljoen.

Xénakis' eerste compositie Métastasis vormde een prototype, een oefening waar later het Philipspaviljoen uit voortvloeide. Hij inspireerde zich voor Métastasis op de krijzende menigte bij het antinazistische verzet in Athene, waartoe hijzelf behoorde, wat resulteerde in schril contrasterende werking tussen wolken van hoge klanken en enorme veeleisende stiltes.

Bij het terugkoppelen van dit 4-dimensioneel klankenspel naar de horizontale projectie, de partituur, bemerkt men de talloze glissando's, waarin je de klankenwolken

opmerkt. Bij het sluiten van de ogen, waant men zich midden in een werk van een Kandinsky, ergens in de oneindige kosmos, men beleeft het geluid, men merkt dieptewerking op gespreid in de tijd. Deze glissando's worden bespeeld door musici die men als partikels¹¹ van een zwerm¹² kan opvatten. Ze interfereren met elkaar, [on]bewust. De partituur en de horizontale projectie van het Philipspaviljoen zijn broers van elkaar, dit door de onderlinge beïnvloeding van de stroming elektronische componisten. Maar van wat Xénakis later nog verwezenlijkte, zou Varèse nooit hebben kunnen dromen.

Je kan dus de muziek beschouwen als de wiskundige generator van de architectuur. Xénakis was dus de eerste ontwerper die een analoge ontwerpmethodologie ontwikkelde, met name de muziek, om zijn ideeën te vertalen. Dit paviljoen kan dus als de voorloper beschouwd worden van de complexe architectuur, die zijn definitieve in-trede maakt in de jaren '90 met Frank O'Gehry, Peter Eisenmann, Daniel Libeskind en Zaha Hadid.

02.1 Analogoog ontwerpen

Frank O'Gehry

Sinds het Philipspaviljoen op de Wereldexpo'58 in Brussel, was Frank O'Gehry de eerste architect die de complexe architectuur inleidde. Dit proces van inleiden gebeurde echter niet vanzelfsprekend. Gehry droeg al een tijdje een bepaalde stempel met zich mee omwille van zijn extravagante ideeën. Het moeilijkste was een manier vinden om die duidelijk uit te drukken en daarna realiseerbaar te maken. Zoals we in de film van Sydney Pollack konden zien, ontwerpt Frank O'Gehry samen met twee oudere ontwerpers, bijgestaan door een groot aantal ontwerpteams. Eerst worden de ontwerpideeën ver-

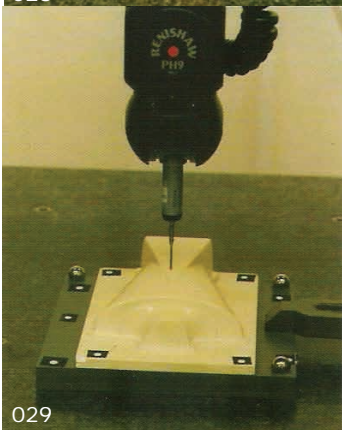
11 Partikels: Eng. particles
12 Zwerm: Eng. swarm



024 - 3D-scanner-arm



025 - akoestische maquette Disney Concert Hall



taald in de vorm van fysieke maquettes in klei, papier, karton, metaalgaas... De geometrie van de oppervlakken van het mastermodel wordt gecreëerd door de puntenwolk die 3D-geometrische informatie van het fysieke model bevat, die wordt bekomen door middel van een beweegbare 3D-scanner-arm. Het scanproces¹³ levert een reeks van ruimtelijke gegevenspunten op, aan de hand waarvan dan het 3D-computermodel wordt ontwikkeld. Dit verzekert een nauwkeurige representatie van het fysieke model in de computer. Dit laat ook toe de gegevens digitaal te manipuleren, zodat ze geometrische vormen opleveren die bouwbaar zijn.

Als alle gegevens in het rastermodel aan alle termen, zoals programmavereisten, vorm en opmaak voldoen, dan wordt er een computermodel gemaakt. Dit kan gedurende het hele ontwerpproces nog regelmatig aangepast worden. Na verloop van tijd bevat het computermodel een grote hoeveelheid aan informatie in een driedimensionaal gegevensbestand, dat als de digitale replica van het project wordt beschouwd. Aan de hand van dit model wordt de draagstructuur opgemaakt.

Dit proces werd het eerst toegepast op het ontwerp in opdracht van Lillian Disney, namelijk de Disney Concert Hall.

De wedstrijdopgave omvatte een concerthal met backstage ruimtes, administratieve ruimtes voor de 'Philharmonie', een kamermuziekhal en een publieke ruimte die Frank O'Gehry de 'living room' van de stad noemde. Frank O'Gehry werd dus geselecteerd, waarop de eerste discussies over de kostprijs startten. Deze bleek echter krap te zitten met ongeveer \$100 miljoen als budget. Daarom werd geopteerd om een bijhorend hotel, met capaciteit van 350 kamers, te ontwikkelen.

De toestand van het kantoor was niet zoals vandaag. Aan de start van het project waren er nog geen computers op het kantoor aanwezig. Frank O'Gehry heeft altijd op basis van schetsen en fysieke maquettes ontworpen.

13 3D-scannen: een toepassing die ook voor onderzoek bij de afdeling PMA van de KUL of bij de Xios afdeling mechanica wordt gebruikt. Er zijn twee types: optische scan en tactiele scan. De optische scant d.m.v. een laser, de tactiele d.m.v. voelnaald.

Ook de akoestische ingenieur die toen was aangesteld, Dr. Toyota, deed zijn raytraced metingen en berekeningen door gebruik te maken van de maquettes.

De idee was dan ook om een ideale akoestische vorm als vormgenerator van het gebouw te ontwikkelen. Frank O’Gehry trachtte de curven van de binnenvorm, ontwikkeld door de akoestische berekeningen van Dr. Toyota, te transporteren naar het ontwerp van het exterieur van het gebouw.

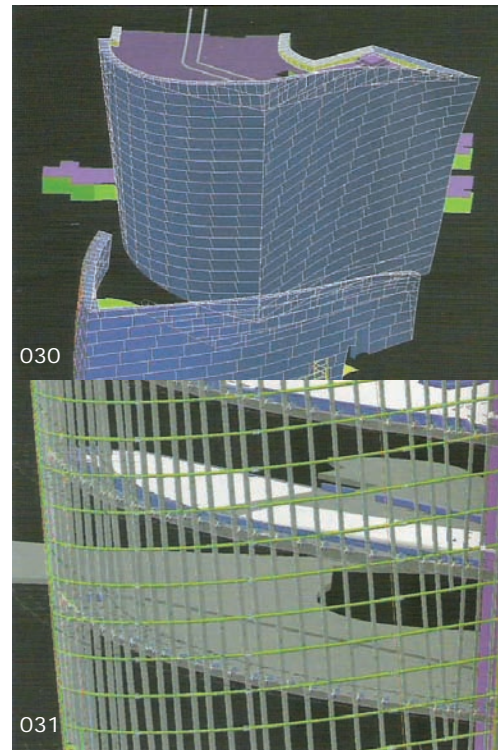
Studiemaquettes werden dan ook snel en spontaan ontwikkeld. In 1989 rees binnen het kantoor de vraag: hoe gaan we dit bouwen?

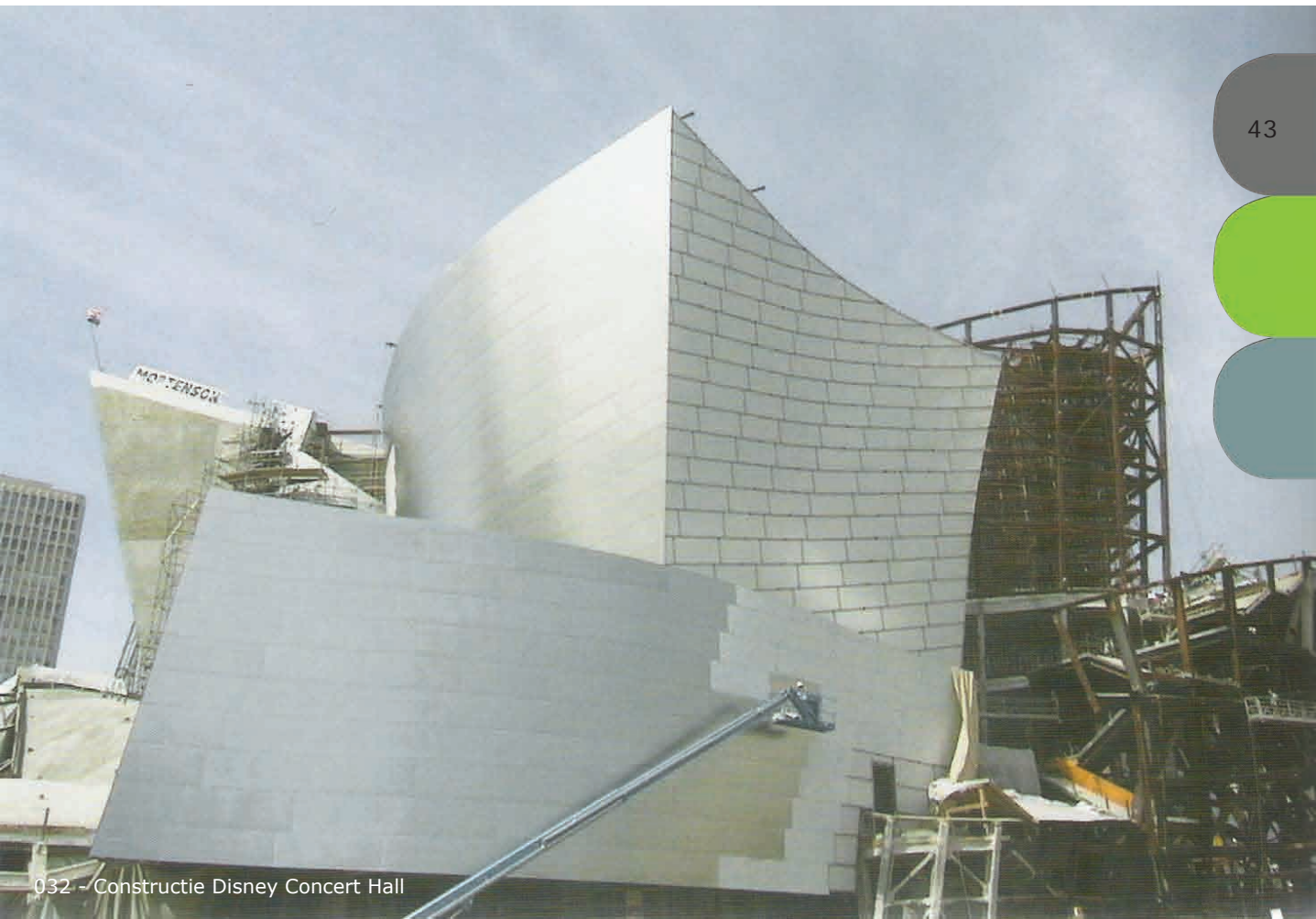
Gelijktijdig sprong de hotelpartner uit het project en moest het basisontwerp volledig veranderd worden. Daarnaast eiste de opdrachtgever dat het gebouw uit steen werd gemaakt. Zij wilde geen Frank O’Gehry-achtige metaal-look. Om dit probleem met betrekking tot de maakbaarheid en de structuursteenpatronen op te vangen, bedacht men de implementatie van een CAD/CAM-technologie in het kantoor. Door middel van een beweegbare 3D-scan-arm, kon de maquette met natuurpatroon als 3D-gegevenspunten worden overgezet naar de computer. Met behulp van deze gegevenspunten werd in CATIA de vorm digitaal gerealiseerd. In Italië werd een fabrikant gevonden die de natuursteen op basis van CAD/CAM-systemen in standaard blokken kon snijden en die daarna op basis van de lijnen, afkomstig van de gekromde vlakken, zou kunnen schuren tot de gewenste dubbelgekromde vlakken.

Alles was bijna klaar, de grote problemen waren opgelost, het 3D-model was voor 86,5% af. Tot er twijfel ontstond over het effect van de echo. Inmiddels was het budget dermate overschreden dat beide partijen, bouwheer en architect, tot de overeenkomst kwamen om het project vroegtijdig te beëindigen.

Dit leidde binnen het kantoor tot frustraties, maar ook tot het geloof dat het in de toekomst mogelijk zou worden projecten met behulp van CAD/CAM technologisch te realiseren.

In de daarop volgende jaren ontwierpen en realiseerden





ze ondermeer Vila Olimpa (1992), een visachtige structuur in Barcelona, Zollhof Towers (2000) in Disselhof en het Nationale Nederlandengebouw (1996) in Praag.

In het bureau van Gehry Architects beschouwden ze het verkrijgen van de opdracht van het Guggenheimmuseum in Bilbao dan ook als een groot geluk. Dit was een hoogtepunt in de geschiedenis van Gehry's bureau. Ze hadden na de ontgoocheling van de Disney Concert Hall de drang om te tonen dat de manier waarop zij werkten, mogelijk was en dus ook realiseerbaar. Het ontwerp gebeurt nog steeds analoog, dit wil zeggen door middel van handgemaakte maquette in papier, karton, klei...

De beste modellen worden dan door middel van een 3D-scanner ingescand, waarna de vormen in CATIA nog wat worden bijgestuurd.

Voor de uitvoering in staal moesten ze samenwerken met een Spaanse constructeur. Deze had juist het softwarepakket Bocad geïnstalleerd, een nieuw CAD-pakket waarin staalstructuren gedetailleerd konden uitgewerkt worden. Het programma had ook een goede CAD/CAM-koppeling.

De gelijktijdige Spaanse recessie zorgde voor lagere bouwkosten en de grote hoeveelheid titanium die de Russen gelijktijdig op de markt gooiden, deed ook de prijs enorm zakken.

Bilbao werd een succes.

Het gevolg was dat mevrouw Disney nog eens aan de deur van Frank O'Gehry klopte voor het uitwerken van de concerthal.

De constructie werd volledig herbekeken, doordat de site in een aardbevingsgevoelig gebied gelegen is. Daarnaast was de klant, na het Guggenheimproject in Bilbao bewonderd te hebben, van standpunt veranderd wat de gevelbekleding betreft. De natuursteenwanden werden dus gewijzigd in een metalen bekleding. Dat maakte de structuur veel lichter.

Ondertussen was de Santori Hall in Japan klaar. Daar bleken kleine anomalieën te zijn in de akoestiek van de

hal. Daardoor waren kleine correcties nodig in het ontwerp van zes à zeven jaar daarvoor. Zo moesten er enkele reflectoren worden toegevoegd. Voor de uitvoering van de concerthal gebruikte men een andere prodédé dan dat van Bilbao. Waar men in Bilbao, slechts weinig informatie aan de Spaans straalconstructeurs gaf, werd aan de constructeur in de Verenigde Staten juist heel veel informatie gegeven. Deze werkte in Xsteel, een ander staalconstructiedetaileringsprogramma. Tot grote ergernis ging hij failliet en moest het project doorgegeven worden aan een Australische firma. Dit liep ook niet zonder problemen, waardoor men het 3D-modellerwerk weer op zich nam en alles zeer gedetailleerd uitwerkte. Daarnaast maakte men ook een 3D-model voor de coördinatie van de constructie.

De conclusie die Jim Glymps van GehryArchitects maakt, is dat er een groot verschil is in werken in Europa of de Verenigde Staten.

In Europa worden ook vakmannen en constructeurs als professionelen in hun vak beschouwd en gerespecteerd, vergelijkbaar met architecten.

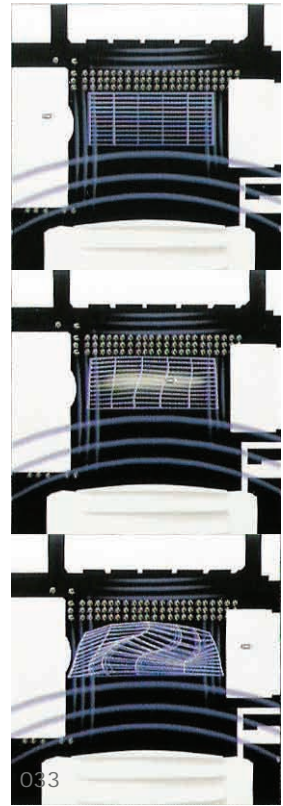
Het constructieproces zou beter gefundeerd zijn en er zou minder onderlinge concurrentie heersen. Hierdoor is de sfeer gemoedelijker, alles in Europa zou eenvoudiger zijn dan in de Verenigde Staten, dankzij een traditie van samenwerken. De bouwindustrie in de Verenigde Staten heeft nog niet die evolutie gemaakt, zoals die al in andere industriesectoren is gebeurd.

“Progress is being made, but things change slowly”.¹⁴

Cultuur verandert namelijk trager dan technologie. Gehry Architects heeft echter als architectenbureau, dankzij het Walt Disney Concert Hall Project, niet alleen veel bijgeleerd over ontwerpen en computertechnologie, maar ook over planning, contracten, samenwerking en communicatie

Een ander bureau dat ook enkele analoge ontwerpme-

¹⁴ Citaat Jim Glymps, architect bij het bureau van Frank O’Gehry.



thodes heeft ontwikkeld, is het bureau van Lars Spuybroeck, NOX architecten.

02.2 Digitaal Ontwerpen

Digitaal ontwerpen is een ontwerpmethodie die gegroeid is uit het bewustzijn van de computer als ontwerpge-reedschap. Ik refereer hier graag aan de scriptie van Wout Sorgeloos die in het eerste deel van zijn scriptie een amalgaam geeft van de verschillende ontwerpmethodes binnen de virtuele wereld, weliswaar binnen het softwarepakket 3ds max.

Als voorbeelden van architectenbureaus die zich van de digitale mogelijkheden bewust zijn, zou ik Oosterhuis en Lénard [ONL], ABB Architekten en Bernhard Franken willen vermelden. Hun ontwerpprincipes wil ik even toelichten. Ondertussen zijn er wel meer digitaal-bewuste architectenbureaus gegroeid, maar deze twee kunnen binnen Europa toch wel als digitale architecten avant-la-lettre beschouwd worden.

Bernard Franken | ABB Architekten

*“Kommunikative Architekture muss Markenwerte in die Sprache der Architekture übersetzen”
(Communicatieve architectuur moet in staat zijn de merkwaarden te vertalen in de taal van de architectuur)*

Als tweede korte case, een project van Bernhard Franken en ABB Architekten, Dynaform.

“Het allereerste objectief van onze gebouwen is communicatie.”

De gebouwen voor hun klant BMW moeten pure innovatie belichamen, dit door middel van de ‘high tech’ produc-

tieprocessen en hoge kwaliteit van afwerking. Om deze doelstellingen binnen een korte ontwerp- en productietijd te realiseren, hebben ze een digitaal productieproces ontwikkeld, vergelijkbaar met de productiemethodes van Boeing.

Het bureau van Bernhard Franken creëert zijn ontwerpen door digitale generatieve processen, wat verschilt van de architectuur van Frank O'Gehry, die zijn gebouwen op een analoge manier ontwerpt.

Het digitaal ontwerp- en productieproces bestaat uit vijf stappen: de briefing, het proces, de vorm, de digitale productie en de ervaring.

Briefing en proces

Het startpunt voor het ontwerp is de lijst van vragen en wensen van de klant. Deze eisen worden vertaald in een proces dat door middel van computergestuurde krachtenvelden de vorm genereert.

ABB Architekten en Bernhard Franken trachten, bij elk ontwerp opnieuw, de digitaal gegenereerde vorm te vertalen in een gebouw dat maakbaar is door middel van digitale productietechnieken, op zo'n manier dat de krachten duidelijk zichtbaar zijn in de uiteindelijke gerealiseerde vorm.

Voor wat de ontwerpen voor BMW betreft, is de taak van de ontwerper niet zozeer het ontwerpen van een gebouw, maar eerder een communicatieservice. Over tien dagen gespreid zullen, namelijk ca. 1 miljoen mensen het gebouw bezoeken, gemiddeld één kwartier lang. Je moet je gebouw in die zin niet ruimtelijk organiseren, maar eerder scenografisch, zodat het geheel functioneert als een kortfilm. Qua idee is dit vergelijkbaar met het Philipspaviljoen.

De informatie wordt vorm door een proces van interactie tussen de ontwerper en de computer. De krachtenveldsimulatie is niet alleen een methode om het ontwerp te genereren, maar wordt ook gebruikt om haar capaciteit om ruimtelijke codes van informatie te produceren. De vormen zijn echter nooit vrijblijvend, er schuilt achter









045



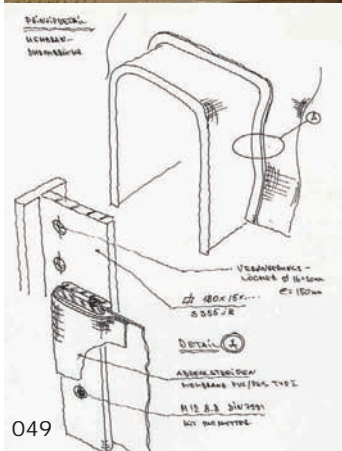
046



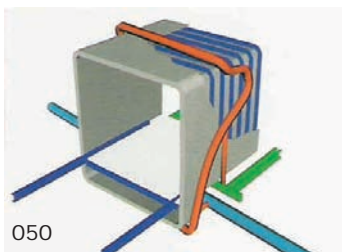
047



048



049



050

het digitaal gevormde plaatje een duidelijk concept.

De plannen, horizontale sneden, zijn typische vormen van communicatie naar de klant en naar de constructeurs toe. Maar omdat het gebouw eerder bekeken wordt vanuit oogpunt van de marketing, hebben de architecten een andere vorm van presentatie ontwikkeld, ze genereren namelijk "films". Deze "films" worden geïntegreerd in de presentatie, waar de architecten het marketingconcept en de sequentie-thema's uitleggen.

Vorm

De vorm is een dubbel gekromd oppervlak zonder dikte. Hier worden dan enkele varianten op gemaakt, elk met een ander doel. De eerste is de presentatierender, de tweede variant is de stabiliteitsberekening door de structureel ingenieur en de derde variant zijn twee-dimensionale snedes als CAD-tekeningen.

Dit proces gebeurt echter in verschillende stappen.

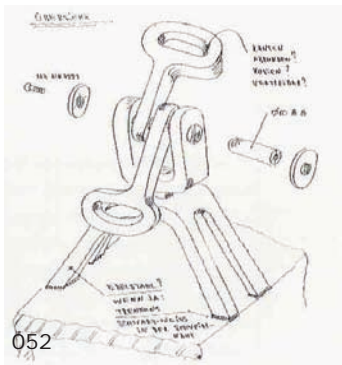
Na het definiëren van de vorm wordt er zeer nauw samengewerkt met de structureel ingenieurs Bollinger+Grohmann uit Frankfurt.

Bernhard Franken is ook van mening dat tot nu toe geen enkel bestaand softwarepakket alle vragen, wat het ontwerpen en uitwerken van projecten betreft, beantwoordt.

De creatie van de ontwerpen gebeurt in een film- en animatiesoftwarepakket Maya [Autodesk]. De structurele berekeningen vinden daarentegen in Ansys of R-Stab plaats. Het uitwerken van de staalstructuur gebeurt dan weer in nog een ander pakket, namelijk Mechanical Desktop, wat bovenop Autocad werkt en in tussentijd wordt Rhinoceros gebruikt om de constructieve structuur snel te modelleren.

De verschillende partijen staan door middel van een browser in verbinding met elkaar. Voor wat 3D-modellen betreft is IGES het gevraagde bestandstype en voor alle tekeningen is dat DWG. De server wordt dan ook gebruikt als een soort ontwerpruimte waar de binnenkomende gegevens automatisch in de juiste map worden geplaatst.





De digitale productie

Bernhard Franken en ABB Architecten gebruiken zowel twee- als driedimensionale strategieën om 'freeform' oppervlakken als maakbare structuren te realiseren. Dubbelgekrumde oppervlakken zijn natuurlijk de meest ideale keuze, maar tevens ook de duurste.

Zo werden voor de Bubble, de acrylaatbeglazingen warm gevormd op individueel CNC-gefreesde styrofoamblokken. De metalen draagstructuur werd gebaseerd op een orthogonale reeks van sequentiële snedes, gemaakt van aluminium platen. Deze ribben werden door middel van een CNC-gestuurde waterstraal-snijmachine gefabriceerd. Zo werd de assemblage-duur op de werf tot een absoluut minimum beperkt.



De vorm van 'Dynaform' zagen de architecten het best vertolkt in een membraanstructuur. Daar membranen altijd langs twee richtingen worden opgespannen, vormde dit een probleem.

In het 'Dynaform' project voor BMW, produceerden ze dus het allereerste een-richting gespannen membraan. Daardoor was het moeilijk om een constructeur te vinden die aan deze eisen wilde voldoen. Achteraf zijn dan vele testen gebeurd, proefmodellen gemaakt. De architecten moesten ten slotte nieuwe constructiedetails ontwikkelen, die realiseerbaar waren.

De beslissing om een een-richting membraan als huid voor het gebouw te gebruiken in het Dynaform paviljoen, leidde dan ook tot het gebruik van vlakke curves uit de snede-vlakken als draagstructuur.

Meer dan 30 000 individuele stukken werden door CNC-gestuurde plasmaboogsnijmachines gefabriceerd. Daarboven moesten de gekromde snijpaden door een speciaal programma worden berekend.

De fabrikant had hoe dan ook tweedimensionale assemblagetekeningen nodig. Zo ontstonden er meer dan achthonderd tekeningen en dit enkel en alleen voor de constructieframes. Doordat er geen orthogonale referentiepunten waren, maakte de werfleider markeerpunten op de bouwsite die hij door middel van een laser kon





koppelen, controleren en besturen met behulp van de driedimensionele data op een laptop.

De gevolgen van dit type architectuur voor de constructeurs zijn immens, doordat de hoeveelheid aan immaterieel of logistiek werk enorm is gestegen. In de fabricatiebedrijven zal je bij dergelijke projecten dan ook evenveel ingenieurs aan het werk zien als werklieden op de werkvloer.

Voor de plasmaboogsnijmachine maakt het echter geen verschil of die duizend identieke stukken of duizend verschillende stukken met dezelfde prijs per kilogram moet snijden.

Dat de computergegenereerde architectuur op het einde van het verhaal niet duurder is dan een conventioneel gebouw is bewezen door het 'Dynaform' paviljoen voor de Internationale Automobieltentoonstelling 2001 in Frankfurt. Het bijhorende MINI-paviljoen, CUBE genaamd, gebouwd voor dezelfde klant, was drie keer duurder per vierkante meter dan de Dynaform, hoewel het 'maar' een orthogonale glazen doos was.

Kas Oosterhuis | ONL

Als korte case voor het bureau van architect Kas Oosterhuis en kunstenares Ilona Lénard zou ik een project willen toelichten dat ikzelf samen met Miete Kusters en Evi Docx heb mogen onderzoeken binnen het kader van het seminarie Bouwtechnische concepten.

Namelijk de "Acoustic Wall en Hessing Cockpit", een 1,5 km lange geluidswal langs de A2 autostrade in Utrecht.

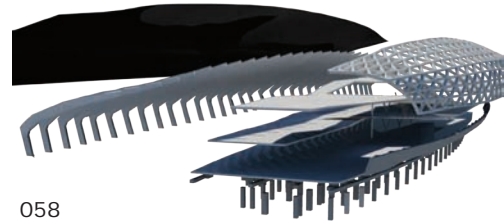
Architect Kas Oosterhuis leidt sinds 1987 samen met de beeldende kunstenares Ilona Lénard, het Rotterdamse architectenbureau ONL.

ONL wordt beschreven als een multidisciplinair architectenbureau waar architecten samenwerken met componisten, grafisch vormgevers, beeldend kunstenaars, webdesigners en programmeurs: ICT moet kunst en architectuur dichterbij elkaar brengen. ONL is een bureau waar het reële en het virtuele elkaar ontmoeten, waar architectuur en nieuwe media samenkomen.

Kas Oosterhuis werd in 1951 in Amersfoort geboren. Hij studeerde bouwkunde aan de Technische Universiteit in Delft (1970-1979) en doceerde aan de Architectural Association (AA) in Londen (1987-1989). Sinds 2000 is hij hoogleraar aan de TU in Delft. Hij bouwde ondermeer het Multimedia Paviljoen Noord-Holland voor de Floriade (2000-2001), het hoofdkantoor voor True Colors in Utrecht (2000-2001) en het Zoutwaterpaviljoen Neeltje Jans in Zeeland (1994-1997).

Kas Oosterhuis voert onderzoek naar gebouwen als Complex Adaptive Systems [CAS] en naar technieken om het ontwerp en het ingenieurswerk samen te brengen. Zo vormen ONL en Meijers Staalbouw een team sinds 1995, de start van het bouwproces van het Zoutwaterpaviljoen. Projecten als iWEB, de geluidsmuur en de Hessing Cockpit volgden. In de opeenvolgende projecten verfijnden ze telkens het file-to-factory proces.

Een hoogtepunt van dit proces werd bereikt bij de Hessing Cockpit. Hierbij werd voor het eerst de File-to-Factory-methode toegepast voor het gehele ontwerp.



Projectfiche

Datum 2006

Site Utrecht Leidsche Rijn

Opdrachtgever [Geluidsmuur] Projectbureau
Leidsche Rijn Utrecht

Design [Hessing Cockpit] Hessing BV

Project architect ONL [Oosterhuis en
Lénárd]

Design team Cas Aalbers

Production Kas Oosterhuis, Ilona Lénárd, Cas Aal-
bers, Sander Boer, Tom Hals, Dimitar Karanikolov, Tom
Smith, Richard Lewis, Barbara Janssen, Gijs Joosen, An-
drei Badescu, Maciek Swiatkowski, Rafael Seemann

Studiebureaus

[beton] Van der Vorm Engineering, Maarssen

[staal] FACTOR, Middelburg

Staalconstructeur Meijers Staalbouw BV

Lengte geluidsmuur 1.5 km lang

Totale vloeroppervlakte 8000m²

Vloeroppervlakte Showroom
10.000m²

Kosten geluidswal 450 euro/m²

Kosten Cockpit

Totaal : 5 miljoen euro

[inclusief funderingen en verlichting]

800 euro/m²

Totaal : 6.4 miljoen euro

[inclusief installaties en interieurafwerking]

Concept

De akoestische wand is 1,5 km lang en 13m hoog, en beschermt het achterliggende industriegebied en de nieuwe woonwijk tegen het geluid van Rijksweg A2, die na de reconstructie 14 rijbanen zal tellen.

Oosterhuis schrijft hierover: "We besloten (...) het concept te stroomlijnen door vanuit een telescoopspec-

tief naar ons ontwerp te kijken. We bestudeerden de glijspieën van auto's, speedboten en straalvliegtuigen, die gestroomlijnd zijn om de luchtweerstand te verminderen. De geluidswal en de bedrijfsgebouwen langs de A2 bewegen zelf niet, maar worden door een continue verkeersstroom gepasseerd. Deze stroom raast met een snelheid van 120 kilometer per uur langs de geluidswal. Bijgevolg besloten we dat de proporties van de in de wal opgenomen gebouwen de lengte van de wal overeenkomstig moesten uitrekken."¹⁵

De geluidswal is ontworpen vanuit het gezichtspunt van de bestuurder van de auto op de A2, rijdend met een snelheid van 120 km/h . Binnen 40 seconden heeft de automobilist de 1,5km lengte afgelegd. Alle lijnen zijn met een factor 10 met de beweging van de auto mee uitgerekt , de architectuur is als het ware elastisch gemaakt. Langzame transformaties in de ontwikkeling van de geluidswand zorgen ervoor dat de automobilist geen plotselinge beeldwisselingen te verwerken krijgt. Het oog van de bestuurder volgt de soepele overgangen als een langgerekte ervaring van 40 seconden.

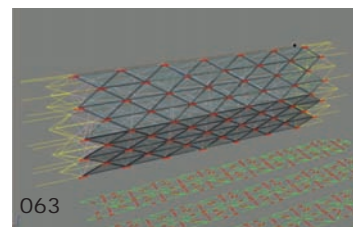
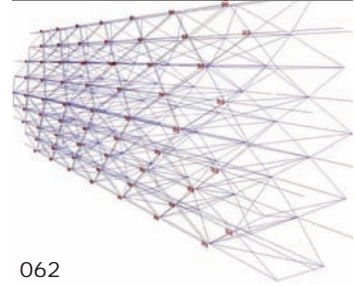
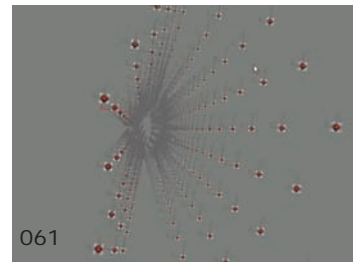
Zoals de slang de antilope verslindt, zo verwerkt de geluidswal de Cockpit.

De Cockpit herbergt de showroom annex garage van de firma Helsing, nationale dealer voor luxeauto's als Rolls Royce, Bentley, Maserati, Lamborghini en Lotus.

Bij het ontwerpen van de geluidswal gebruikten de architecten parametrische designtechnieken die de integratie van het ontwerp- en vervaardigingsproces mogelijk maken en zij stelden de geluidswal samen met duizenden unieke segmenten die computergestuurd vervaardigd worden.

De geluidswal zelf wordt door Oosterhuis beschreven als bestaande uit "lange doorlopende lijnen zonder een duidelijke begin of een abrupt einde".

Het complex omvat ook twee gebouwen die ontworpen



¹⁵ Jodidio P.; NL Architectuur in Nederland, Taschen, Keulen, 2006, p.130

zijn voor BMW-dealer Ekris. Het ontwerp hiervan werd op de koplampen van respectievelijk de BMW 1-serie en de BMW 5-serie geïnspireerd.

Fabricatie

De ambitie van ONL was om een samenhangend ontwerp te maken voor de drie verschillende opdrachtgevers met potentieel conflicterende belangen. ONL heeft deze ambitie vormgegeven door de opdrachtgevers deelgenoot te maken van een sterk en onweerstaanbaar gebouwconcept.

Met de hulp van nieuwe programmeertechnieken controleert ONL de complexe geometrie en het ingenieurswerk van het dubbel gekromde oppervlak en de dragende constructie.

Er wordt een directe shortcut gemaakt van ontwerp over 3D-model naar uitvoering.

Zoals Oosterhuis zegt: " De principes van mass-customization¹⁶ [MC] en de unieke door ONL ontwikkelde F2F [file-to-factory] productieprocessen, garanderen dat de kwaliteit, precisie en kosten dicht bij de standaard liggen." Het niet-gestandaardiseerde concept betekent in feite dat architecten vrij vormgeven en direct orders kunnen geven om unieke onderdelen voor hun gebouwen te laten maken, en niet langer economisch gedwongen zijn om identieke bouwelementen te gebruiken. De hele geluidswal met zijn showrooms is innovatief en zowel esthetisch als functioneel verrassend.¹⁷

De ontwerpstrategie van ONL verloopt in vijf stappen; voor het ontwerp van de geluidswal worden maar vier stappen nagestreefd.

Building Body [Rhino].

De building body, of de verkregen vorm door interactie met de omgevingsparameters, zoals de snelheid van de

¹⁶ Mass Customization : term verder ontwikkeld door Michael Dell, zie Deel 2 CAM: 03. Fase uitvoering

¹⁷ Jodidio P.; NL Architectuur in Nederland, Taschen, Keulen, 2006, p.130

auto's. Dit is de enveloppe rond het hele project.

Powerlines.

Deze enveloppe wordt uitgezuiverd tot een reeks van curven, de krachtlijnen. Deze krachtlijnen beschrijven de ontwikkeling van de vorm, de plooilijnen van het gekromde oppervlak.

Maar ook de circulatieassen, doorgangen en dergelijke kunnen als krachtlijnen worden beschouwd.

Programming the point cloud [max en maxscript].

De krachtlijnen beschrijven de exterieure condities van de vorm. De strategie van het programmeren van de puntenwolk, daarentegen, ordent de referentiepunten van het 3D-model binnen de hele enveloppe. De referentiepunten worden dan direct vertaald naar de constructieknoten. Dit proces gebeurt door middel van scripting in 3ds Max.

File to Factory fabrication

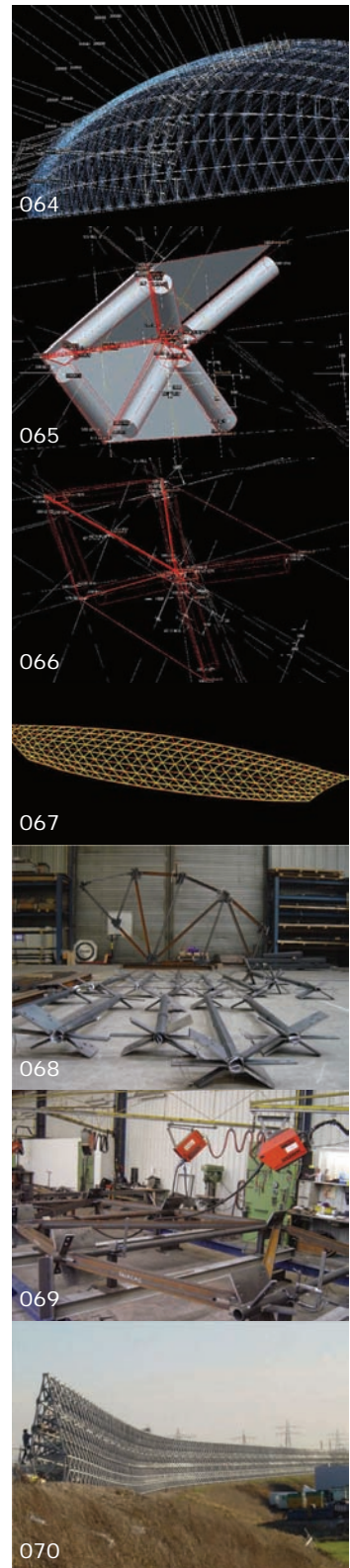
De puntenwolk van referentiepunten beschrijft de architecturale details die door ONL zelf worden geprogrammeerd door middel van projecteigen scripts. Deze scripts vormen de communicatie tussen de computers en de snijmachines voor de staal- en glasfabricanten en constructeurs.

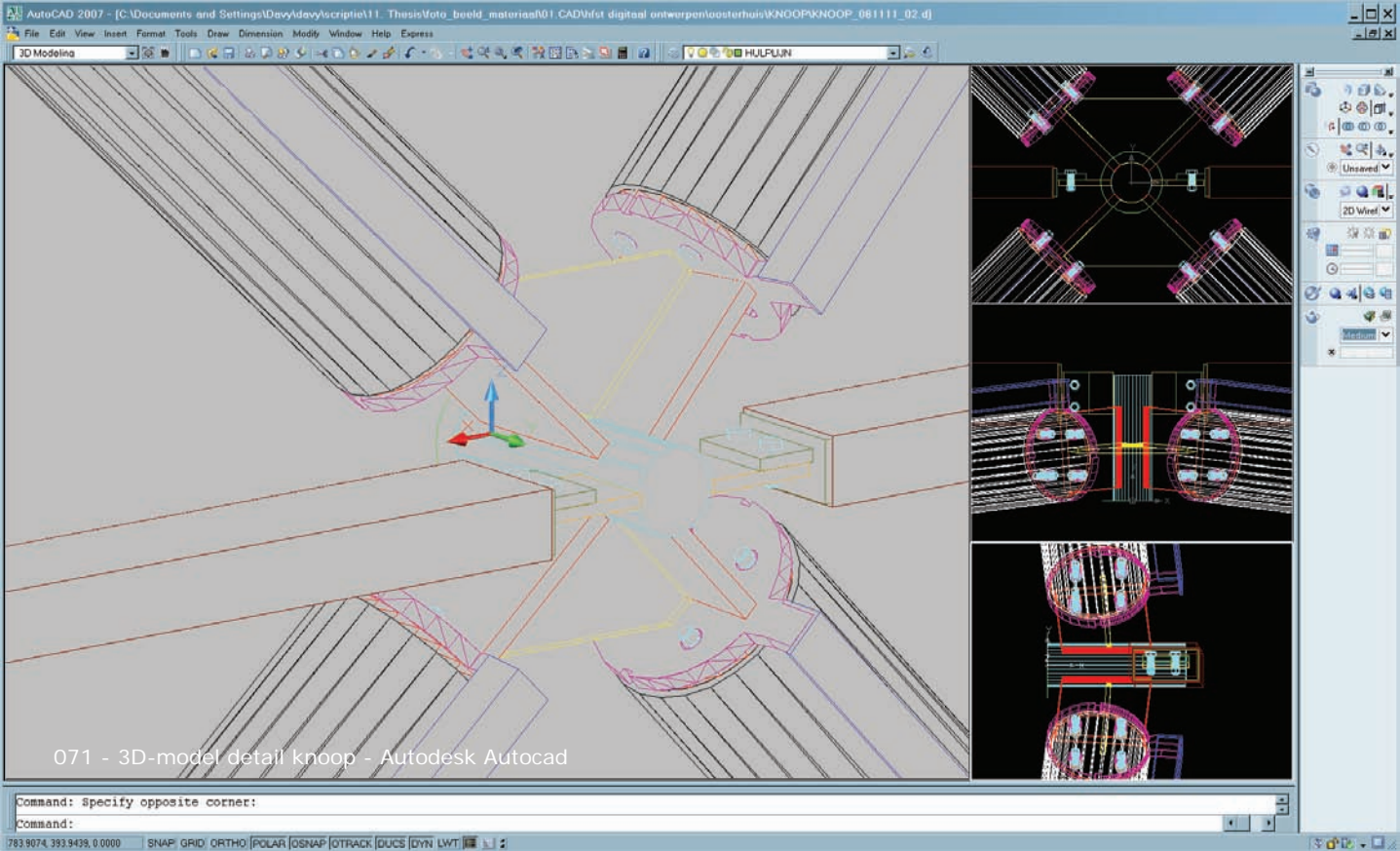
In deze fase wordt tussen de scripts in 3ds Max en de Autolisp-routines van de constructeurs een koppeling gemaakt. Van Autolisp in Autocad wordt de koppeling gemaakt naar Pro/Engineer, dit is het programma dat de CNC-machines direct kan aansturen.

Het file-to-factory proces van mass customization laat een volledige controle van kosten en planning toe.

Real time behavior

Dit is niet van toepassing op de geluidswal. Er lopen echter projecten en onderzoeken naar het gebruik van aanpasbare constructies. Constructies die reageren op veranderende omgevings- of gebruikersparameters, bijvoorbeeld een torengedouw dat zich verzet tegen de



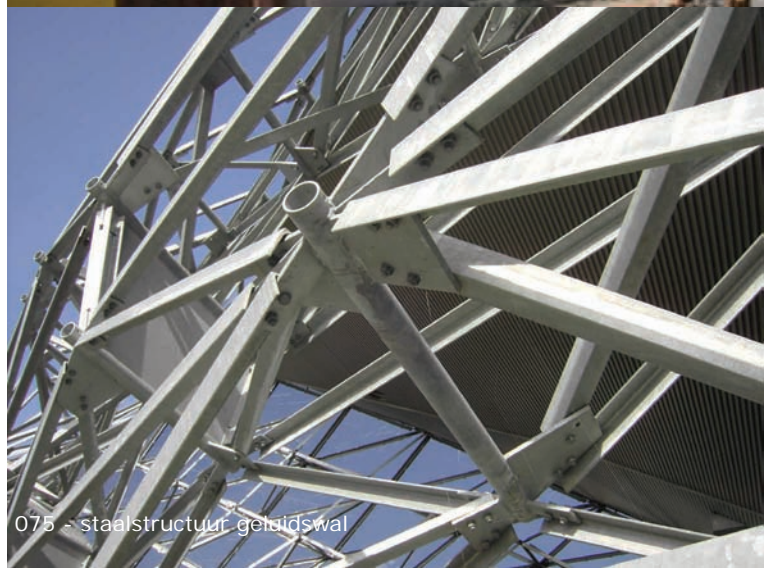




windbelasting: het gebouw gaat met een even grote kracht tegen de wind duwen, waardoor de toren niet aan schommelingen onderhevig is.



074 - constructie Hessing Cockpit



075 - staalstructuur geluidswal

02.3 Parametrisch Ontwerpen

'When God calculates and exercises his thought, the world is created.'

Leibniz, 1677

Inleiding parametrisch ontwerpen

Parametrisatie is vandaag de dag bijna een trendy begrip geworden. Hoewel er veel over parametrisatie of parametrisch ontwerpen gesproken wordt, zijn er maar weinigen die begrijpen wat deze term eigenlijk inhoudt; zeker op het vlak van architectuur. Dit komt omdat hij van de engineering overgewaaid is naar de architectuur. Maar wat de techniek betreft moet deze daar nog ingeburgerd worden. Het is evenwel altijd gevaarlijk technieken van een werkvlak naar een ander over te nemen. Zeker wanneer termen niet in hun geheel worden overgenomen. Hierdoor komen ze vaak als vreemd over en leiden zij tot onmiskenbare fouten en bijgevolg onproductieve situaties.

In het begin was een parametrische definitie eenvoudigweg een wiskundige formule¹⁸ waarbij de vereiste waarden vervangen worden door enkele parameters om zo variaties te genereren binnen eenzelfde familie van entiteiten.

Vandaag wordt zij gebruikt om duidelijk te maken dat de entiteit, eenmaal gegenereerd, makkelijk te veranderen is. Dit is waar de "parametrisatie" belangrijk wordt voor de CAD.

Het is de vraag wanneer een code van belang is in de architectuur. Het is noodzakelijk om even te kijken welke rol een code speelde in de geschiedenis en hoe die ge-

De definitie van een parametrische kromme:

Een parametrische kromme C in het vlak bestaat uit een geordend paar (f,g) van continue functies gedefinieerd op hetzelfde interval I . De vergelijkingen:

$$x = f(t) , y = g(t) \text{ voor } t \text{ in } I$$

zijn de parametrische vergelijkingen van de kromme C . De onafhankelijk veranderlijke t

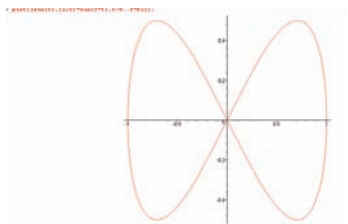
¹⁸ Adams R.A.; Calculus, a complete course, Pearson Addison Wesley, Toronto, 2006, p.444.

wordt de parameter genoemd. Deze definitie zegt dat de x- en y-waarde afhangen van een parameter. Je krijgt dus telkens een ander punt van de kromme als de waarde van de parameter verandert.

Een voorbeeld van een parametrisatie is de moebiusring. Dit wordt gegeven door de volgende parametrische vergelijkingen:

$$x = \sin t$$
$$y = 1/2 \sin (2t)$$

Waarbij t kan variëren van 0 tot 2π .



ëvolueerd is sinds de introductie van het digitale medium in architectuur. Het gebruik van een code heeft een lange traditie. Het woord is afkomstig van de Latijnse term *codex*, die refereert aan documenten die oorspronkelijk uit houten tabletten werden gemaakt. De Romeinen gebruikten dit soort documenten om een systeem van principes en regels over hun hele imperium te verspreiden. In de architectuur hebben systemen en regels altijd gedomineerd, en domineren zij nog steeds, over alle stadia van de architecturale productie, in de vorm van tekenen ontwerpconventies of als de ordeningsprincipes. Gedurende de geschiedenis is architectuur altijd gebonden [begrensd] en gevormd geworden door het veranderen van codes en beperkingen. Noch architectuur, noch haar media [van pentekeningen tot fysieke modellen, computerrendering tot het gebouwde project] zullen ooit vrij zijn van codes. De architectuur is en zal altijd gecodeerd zijn.

De integratie van computers in het ontwerpproces vergrootte het begrip van de code in de architectuur. Een code werd nu begrepen als een reeks van instructies geschreven in een programmeertaal. Zij stond voor 'source code', een reeks van statements genoteerd in een of ander menselijk verstaanbare computerprogrammeertaal, of 'machine code', instructiepatronen van bits (0 en 1) die corresponderen met verschillende machinecommando's.

Het schrijven van een code, met als doel het genereren van architectuur, dwingt de architect van het verleden zowel het ontwerpproces als het proces zelf te formuleren. In tegenstelling tot vele wetenschappelijke procedures die enigszins eenvoudig kunnen worden uitgedrukt door middel van wiskundige vergelijkingen, kunnen de vaak intuïtieve en het onbewuste gebruik van ontwerpregels dit niet. Misschien was dit de reden die ervoor zorgde dat oorspronkelijk vele algoritmes werden uitgevonden en geïmplementeerd in de planning, dan wel in het architecturale ontwerp. Een uitzondering was Christopher Alexander HIDECS3 (1963), een programma dat algoritmisch complexe ontwerptaken omzet in eenvoudige

dige subproblemen met als doel ze te hervormen tot “the fittest design”.

Afgezien van de absurde planningmanie in het verleden, zijn de architecten opnieuw toegewijd aan de code. Deze keer in de vorm van het scripten van algoritmes. Terwijl architecten in het verleden geobsedeerd waren door het minimaliseren, het reduceren van complexiteit door algoritmes, investeren die van vandaag in het ontdekken van de complexiteit gebaseerd op de generatieve kracht van algoritmes.

Concepten en parameters worden in de code ingebed door middel van het schrijven van algoritmes.

Voor de voorstanders van algoritmische architectuur heeft zich een veld van ontdekkingen geopend, een dat doelt op een beter begrip en uitleg van computergestuurde processen en hun potentieel voor de productie van architectuur.

Scripting

Code lijkt overal aanwezig te zijn. We beginnen zoveel van onze natuurlijke omgeving, wat regelgevende gedragingen betreft, te begrijpen. Van de opkomende ‘swarm’ intelligentie van vogels en vissen, tot het complexe patroon van sneeuwvlokken, varens, zeeschelpen en zebravellen. Niets ontsnapt aan de decodeergekte van de mens, zelfs het menselijk lichaam niet. Het menselijk genoom is volledig in kaart gebracht en door wetenschappers geordend ten behoeve van een genetische blauwdruk van het menselijk leven zelf.

In deze context, is het amper te geloven dat architecten nu soortgelijke principes in de ontwerpstudio beginnen te verkennen. Het kennelijke belang van deze codes als digitaal middel vergroot de mogelijkheid van modelleersystemen en de mogelijkheid om structuren te creëren. Een opkomende groep van jonge architecten gebruikt de techniek van ‘scripting’ – de manipulatie van een

digitale code- om radicale, innovatieve architecturale omgevingen te produceren. Een nieuwe generatie van structuren is reeds gecreëerd, wat het potentieel van de computer als gesofisticeerd tekeninstrument en render-toestel niet enkel onderstreept, maar ook als potentieel krachtig instrument in het genereren van de ontwerpen zelf versterkt.

We zijn getuige van een fris en hoogstens innovatief vocabularium van architecturale vormen, gegenereerd door het algoritmisch potentieel van de computer. Alsook de getuigenis dat de status van digitale operaties verschuift van een marginaliserend domein van experimenten naar een centrale rol in de productie van architecturale informatie.

Maar het echte potentieel van scripting ligt misschien achter de vragen over innovatieve vormen. Wat dit thema biedt, is niet zozeer een verlenging op het post-moderne scenografische formmaking, maar eerder een kritiek op datzelfde thema. Toenemende belangen voor duurzaamheid [sustainability] en efficiëntie, de nood aan het optimaliseren van omgevings-, structurele, economische en andere belangen, begrenzen een nieuwe ethische horizon van mogelijkheden. Digitale instrumenten kunnen niet alleen gebruikt worden voor een model en testvoorstellingen, maar ook om in eerste plaats efficiënte gebouwen te genereren. Met andere woorden: eens een performatieve logica geschreven is in de vorm van een script, zijn de resultaten reeds geoptimaliseerd.

Dit is dus de logica van scripting. Een logica waarbij het de bedoeling is meer te focussen op het proces dan op de representatie, meer op performance dan op de appearance. We zouden niet mogen spreken over vormen, maar wel over formaties, gebouwen als landschappen van informatie.

Scripting talen zijn op het hoogste niveau van abstractie tussen de computerprogrammeertalen gepositioneerd.

De termen 'hoog' en 'laag' niveau duiden de afstand tussen de code en de machine aan. Met andere woorden: een hoog niveau programmeertaal moet meermalen getransformeerd worden –van een op menselijke taal gebaseerde code naar Application Programming Interface voor de specifieke software, de gemiddelde p-code commando vertaler, de samengestelde natuurlijke commando code en uiteindelijk de processor specifieke machine code – totdat het hardware niveau wordt bereikt [the hardware layer]. Een scripting taal is gepositioneerd tussen een bestaande software-omgeving, een CAD-aplicatie bijvoorbeeld, en zijn API, dat is een conventioneel systeem dat beschrijft hoe de componenten van de applicatie gebruikt kunnen worden door middel van code, in plaats van door de graphics user interface .

Het hoge abstractie niveau van deze talen laat gebruikers toe om met een minimum aan kennis van computerprogrammatie hun eigen tools gebruiksvriendelijker te maken. Er zijn specifieke uitdagingen in het gebruik van deze technieken voor ontwerpdoeleinden. Een typische CAD-omgeving biedt gewoonlijk een uitgebreide set aan geometrische tools die de gebruiker niet vanaf de start moet invoeren of voorzien.

Scripting is veel gebruikt voor snelle organisatie en het gebruiksvriendelijk maken van informatie. De meeste hedendaagse webservices zijn op database en scripting samenstellingen gebaseerd. Het te voorschijn komen van dit '*computation-business*' model verhoogde de status van deze programmeermiddelen, die eerst als gelimiteerde speelgoedtaalen werden aangezien. Het algemene scripting wordt gekenmerkt door de idee van een macro commando taal.

Een macro commando is een snelkoppeling, een opeenvolging van eenvoudige commando's die de gebruiker anders zelf manueel zou moeten uitvoeren door middel van interactie met de grafische user interface. Zo was scripting traditioneel enkel gebruikelijk voor vervallende hoge repetitieve processen. Het nieuwe model van gebruik van scripting is gebaseerd op de idee van het geschikt maken van diverse informatie voor specifieke noden on-

der specifieke parameters. Het medium van scripting is dus zo breed als het hosting systeem het toelaat. Het is eerder geschikt voor snel-cyclische experimenten dan voor applicaties op grote schaal of op lange termijn. Het is extreem flexibel doordat het de communicatie tussen verschillende bronnen van computations toelaat door een gelijkgeschakelde programmeer interface.

Een voorbeeld is bijvoorbeeld het scripten van een plugin in Maxscript. Maxscript is namelijk minder geschikt om plugins te creëren, C++ leent zich daar beter toe. 3ds Max wat het hosting systeem is van maxscript laat het scripten van een plugin echter wel toe.

Parametrisch modelleren

De driedimensionale modellen van gebouwen zijn representaties van die gebouwen. Architecten zijn experts in het modelleren van gebouwen. Ze kunnen een gebouw in hun hoofd conceptualiseren en vaak moeten ze deze concepten en ideeën vastleggen om ze te kunnen delen met anderen. Deze documenten zijn building models. Grondplannen, gevels en secties zijn building models, maar ook renderings, fysieke schaalmodellen en virtuele representaties in een computer.

Building models kunnen expliciet zijn, waar elk aspect van het model goed gedefinieerd en beschreven kan worden, typisch zonder te refereren aan andere delen van het model. Een computermodel waarin een gebouw is gerepresenteerd, laat ons expliciet toe om ons bijvoorbeeld van eender welk punt de coördinaten te geven. Deze informatie kan gebruikt worden om verschillende representaties te creëren [grondplannen en secties, renderings en fysieke modellen] en zelfs om uiteindelijk het gebouw te bouwen. Tijdens het ontwerpproces worden beslissingen gemaakt die gelijklopen met het maken van het building model. Tezeldertijd worden aspecten van het gebouw geanalyseerd, getest en gewijzigd.

Parametrische 3D-modellen zijn hierin verschillend. Aspecten van de modellen hangen af van de relaties tussen de delen van het gebouw. Het creëren en wijzigen van deze relaties is een belangrijk deel van het ontwerpproces. Een parametrisch model is vaak gedefinieerd door middel van regels en beperkingen, die de aspecten van het gebouw en de onderlinge relaties definiëren. Het wijzigen van een regel of beperking of het wijzigen van een deel van het model zelf heeft altijd implicaties op het totale model.

Een andere manier om het onderscheid te tonen tussen de twee modellen is dat in het eerste type van model, de geometrie expliciet is en de regels impliciet: er zijn altijd regels en beperkingen in een architecturaal model, maar de modellering ervan zal die niet vastleggen. De parametrische modellen contrasteren hiermee, de regels zijn expliciet en de geometrie impliciet. Verscheidene tools zijn in het laatste decennium ontwikkeld voor het creëren van parametrische architecturale modellen. Daaronder Digital Project, een applicatie gebaseerd op Catia door Dassault Systems en ontwikkeld voor Gehry architects. En Generative Components ontwikkeld door Bentley Systems, die binnen Microstation werkt. Deze laatste software applicatie werd samen met Foster + Partners ontworpen.

Parametrische tools laten relaties toe tussen componenten in het model, zodat ze gedefinieerd kunnen worden, en parameters die aspecten van het gebouw controleren, zodat deze gedefinieerd en gewijzigd kunnen worden: van fysieke kenmerken naar omgevingsparameters, en zelfs aspecten zoals geprojecteerde inbezitneming. Een gebouw kan bijvoorbeeld beschreven worden als een geëxtrudeerde rechthoekige vorm met een hellend dak. Wanneer de dimensies of de vorm van de rechthoek of de hoogte van de extrusie gewijzigd worden, zal het dak automatisch gewijzigd worden zodat het weer perfect past. Hoogtebeperkingen kunnen ook gespecificeerd worden en waarschuwingen zullen verschijnen wanneer bepaalde condities niet vervuld kunnen worden. In es-

sentie is het gebouw gemodelleerd door middel van het beschrijven van regels die het gebouw moet volgen.

Een voorbeeld. Bij SOM¹⁹ zijn ze bezig met het onderzoeken en implementeren van parametrische tools en het gebruik van verschillende ontwerpapplicaties, van complexe trappen die het antwoord geven op de bezetting aan publiek in dat gebouw tot gebouwen waarvan de vorm antwoordt op de omgevingscondities zoals zonlicht, die ze geïmplementeerd hebben voor een van hun projecten door gebruik te maken van Digital Project.

De term “parametrisch ontwerpen”

Zoals zoveel pasgeboren software paradigma's is de term parametrisch ontwerpen waarschijnlijk een ongelukkig gekozen naam. De parameters zijn niet wat nummertjes in relatie met de Cartesiaanse geometrie, maar het zouden op performance gebaseerde criteria zijn, zoals lichtsterkte of het structureel draagvermogen of zelfs esthetische principes. In deze zin kan parametrisch ontwerp beter omschreven worden als “associatieve geometrie”.

19 SOM: Skidmore, Owings & Merrill, architectenbureau met vestigingen in Chicago, New York, San Francisco, London, Los Angeles, Washington DC, Hong Kong, Shanghai en Brussel, www.SOM.com, laatst geraadpleegd op 16 februari 2008.

Maxscript

Als eerste verkenning binnen het scripten heb ik me toegelegd op het bestuderen van maxscript. 3ds Max is beter bekend in de wereld van de film en animatie. Een architectenbureau zoals dat van Kas Oosterhuis ONL maakt echter ook gebruik van deze software om hun conceptuele ideeën grafisch te verwezenlijken, zoals bij het ontwerp van de Acoustic Wall en de Hessing Cockpit.

Volgens de MAXScript Essentials boek is het leren van de basis van MaxScript vergelijkbaar met het leren van de basis van ander programmeertalen.

Maxscript is een object georiënteerde programmeertaal.

Een script is een serie van statements uitgeschreven in tekstvorm. 3ds Max interpreteert hetgeen geschreven staat in het script en voert de actie daarna uit. Indien deze statements niet juist genoteerd zijn, zal het script ook niet juist worden uitgevoerd of werkt het gewoon niet. De opeenvolging en organisatie van script commando's, syntax genoemd, is heel exact. Afwijkingen van de juiste syntax zullen een error in het script veroorzaken. Meestal laat MAXScript je weten wanneer het niet begrijpt wat je gescript hebt.

In elke programmeertaal worden items voorgesteld door variabelen. Variabelen zijn plaatshouders of containers die de data in een programma bijhouden of bevatten. Elke variabele heeft een naam, die je toekent. Voorbeelden van namen van variabelen zijn a, b, x, en count-Num.

De data die een variabele bevat worden value [waarde] genoemd. Het gelijkstellen van een variabele aan een specifieke waarde wordt assignment [toekenning] genoemd.

Vb. $x = 5$

Hier wordt de value 5 toegekend aan de variabele x. Het datatype is een nummer.

De value kan alleen een datatype zijn dat herkend wordt door Maxscript. Voorbeelden van data types zijn: num-

mers, strings [tekst] en Booleans [on, off, true, false].

Als voorbeeld van parametrisch ontwerpen binnen Maxscript heb ik een vergelijking opgesteld van een curve. Die copieer en verschuif ik waardoor ik een grote puntenwolk creër, waaruit ik later de constructieve structuur kan afleiden.

```
h=100
num = 100
for i = 1 to num do
(
Radius = sin ( (180/num*i)+80 ) *5
a = cos(360/num*i)*radius
b = sin(360/num*i)*radius
c = h/ num*i
Pnt01 = Point pos: [a,b,c]
)
```

Ik stel voor de curve een hoogte h=100,

```
for i = 1 to num do
```

num is een grens van i, i kan namelijk variëren tussen 1 en num.

```
Radius = sin ( (180/num*i)+80 ) *5
```

Hier beschrijf ik de straal van de curve, als zijnde de horizontale projectie van de punten. In het eerste script was de straal nog een constant getal 5. In het tweede script wordt dit een vergelijking, gevolg is dat bij een toenemende num, de straal steeds kleiner wordt.

De vergelijking voor a, b en c beschrijven de posities van de punten. A staat voor de x-coördinaten van het punt, b voor de y-coördinaten en c voor de z-coördinaten.

```
Pnt01 = Point pos: [a,b,c]
```

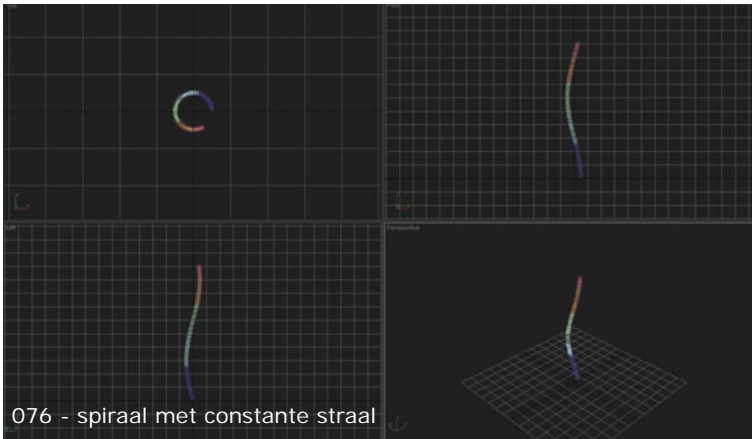
Deze script zorgt ervoor dat de punten op de desbetreffende coördinaten worden getekend. Gevolg zie je op de screenshots uit 3ds Max, namelijk de curves.

```
spNum = 30 -- aantal spiralen
for j = 1 to spNum do
```

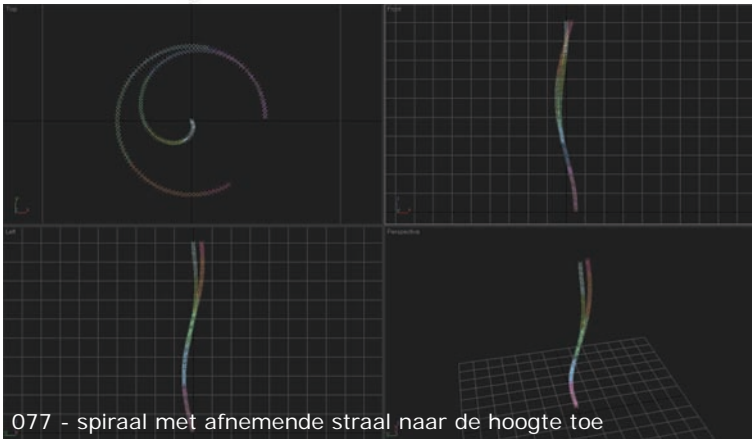
Dit zijn de eerste toevoegingen in het derde script.

De bedoeling is het aantal curves, of spiralen variabel te maken. Hier stel ik spNum=30, ik stel het aantal spiralen op 30, waardoor ik het script 30 keer na elkaar de punten laat genereren.

```
num = 100
for i = 1 to num do
(
  Radius = 5
  a = cos(360/num*i)*radius
  b = sin(360/num*i)*radius
  c = i
  Pnt01 = Point pos: [a,b,c] display: box
)
```



```
h=100
num = 100
for i = 1 to num do
(
  Radius = sin ( (180/num*i)+80 ) *5
  a = cos(360/num*i)*radius
  b = sin(360/num*i)*radius
  c = h/ num*i
  Pnt01 = Point pos: [a,b,c] display: box
)
```





077b - Swiss Re Londen

$$\text{shift} = 360/\text{spNum}*j$$

Shift is een nieuwe parameter, die de translatieafstand moet bepalen afhankelijk van het aantal spiralen.

Shift wordt dus nu bij elke coördinaatsbepaling van a,b en c opgeteld.

Het resultaat, de puntenwolk, doet ons denken aan de Swiss Re toren van Foster in Londen.

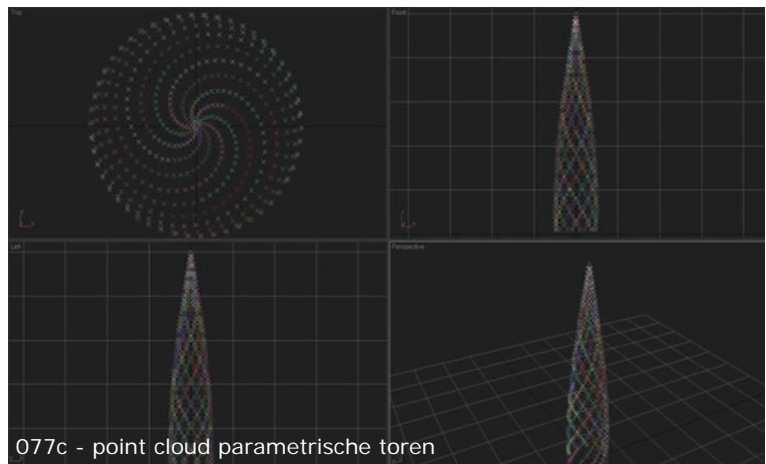
In het vierde en vijfde script heb ik getracht een oppervlak te creëren door middel van deze puntenwolk. De bedoeling was de structuur die Foster + Partner bekwam in de Swiss Re toren ook te bekomen.

Dit is echter niet gelukt.

De belangrijkste van de toegevoegde regels zijn deze:

```
vert_array = #()
face_array = #()
append vert_array [a,b,c]
append face_array [v, v-w, v+1]
```

```
h=50
num = 50 -- aantal punten per spiraal
spNum = 10 -- aantal spiralen
for j = 1 to spNum do
(
  for i = 1 to num do
  (
    shift = 360/spNum*j
    Radius = sin ( (100/num*i)+80 ) *5
    a = cos((360/num*i) + shift)*radius
    b = sin((360/num*i) + shift)*radius
    c = h/ num*i
    Pnt01 = Point pos: [a,b,c] display: box
  )
)
)
```



077c - point cloud parametrische toren

```

{
  h      = 45.  -- height
  num    = 20  -- points per spiral
  spNum  = 5   -- number of spirals
  turns  = .5  -- number of complete turns
  radius = 15. -- start radius
  autosmooth = true -- apply smoothing groups
  weldtop = true -- weld top vertices

  vert_array = #()
  face_array = #()

  v = 0 -- current vertex index
  w = (spNum-1) * num -- see code block at line 23 ( if j == spNum then ... )

  for j = 1 to spNum do
  {
    for i = 1 to num do
    {
      shift = 360/spNum*j
      r = sin((100/num*i)+80)*radius
      a = cos((turns*360/num*i)+shift)*r
      b = sin((turns*360/num*i)+shift)*r
      c = h/(num-1)*(i-1)

      append vert_array [a,b,c]

      v += 1 -- increment vertex counter

      if i < num then
      {
        if j == spNum then
        {
          -- connect last spiral to faces on opposite side (first spiral)
          append face_array [v, v-w, v+1]
          append face_array [v-w+1, v+1, v-w]
        }
        else
        {
          append face_array [v, v+num, v+1]
          append face_array [v+num+1, v+1, v+num]
        }
      }
    }
  }

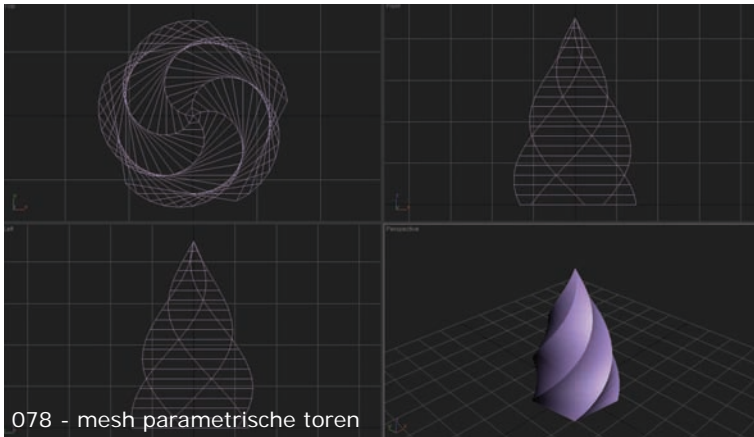
  theMesh = mesh vertices:vert_array faces:face_array

  theFaces = face_array.count
  for f = 1 to theFaces do
  {
    -- hide diagonal edges
    setEdgeVis theMesh f 2 false
    -- apply separate smoothing groups to each spiral
    setFaceSmoothGroup theMesh f (if autosmooth then (2 ^ ((f-1) / ((num-1)*2))) else 0)
  }

  -- weld top vertices
  if weldtop then meshop.weldVertSet theMesh (for v = num to (num*spNum) by num collect v)

  -- update the mesh to reflect changes
  update theMesh
}

```



```

{
  h      = 100.  -- height
  num    = 30   -- points per spiral
  spNum  = 15   -- number of spirals
  turns  = .75  -- number of complete turns
  radius = 15.  -- start radius
  autosmooth = true -- apply smoothing groups
  weldtop = true -- weld top vertices

  vert_array = #()
  face_array = #()

  v = 0 -- current vertex index
  w = (spNum-1) * num -- see code block at line 23 ( if j == spNum then ... )

  for j = 1 to spNum do
  (
    for i = 1 to num do
    (
      shift = 360/spNum*j
      r = sin((100/num*i)+80)*radius
      a = cos((turns*360/num*i)+shift)*r
      b = sin((turns*360/num*i)+shift)*r
      c = h/(num-1)*(i-1)

      append vert_array [a,b,c]

      v += 1 -- increment vertex counter

      if i < num then
      (
        if j == spNum then
        (
          -- connect last spiral to faces on opposite side (first spiral)
          append face_array [v, v-w, v+1]
          append face_array [v-w+1, v+1, v-w]
        )
        else
        (
          append face_array [v, v+num, v+1]
          append face_array [v+num+1, v+1, v+num]
        )
      )
    )
  )

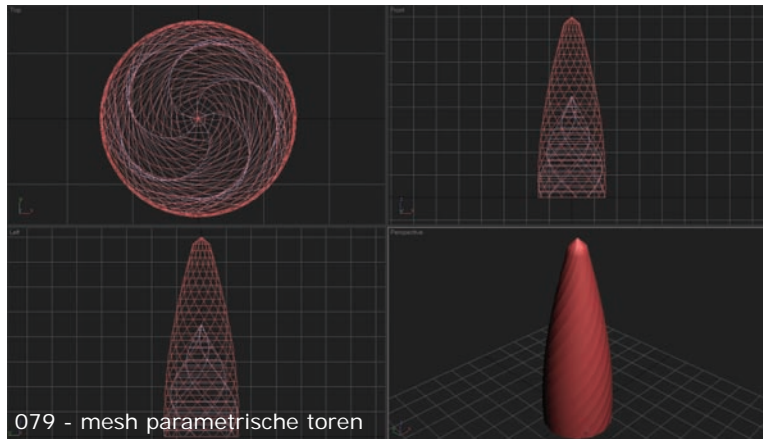
  theMesh = mesh vertices:vert_array faces:face_array

  theFaces = face_array.count
  for f = 1 to theFaces do
  (
    -- hide diagonal edges
    setEdgeVis theMesh f 2 false
    -- apply separate smoothing groups to each spiral
    setFaceSmoothGroup theMesh f (if autosmooth then (2 ^ ((f-1) / ((num-1)*2))) else 0)
  )

  -- weld top vertices
  if weldtop then meshop.weldVertSet theMesh (for v = num to (num*spNum) by num collect v)

  -- update the mesh to reflect changes
  update theMesh
}

```



079 - mesh parametrische toren

```
append face_array [v-w+1, v+1, v-w]
append face_array [v, v+num, v+1]
append face_array [v+num+1, v+1, v+num]
theMesh = mesh vertices:vert_array faces:face_array
```

Zoals ik zojuist vertelde, tracht ik een huid te creëren op basis van de gegenereerde punten. Deze huid, heet in CAD-termen een mesh. Een mesh wordt opgebouwd uit punten [vertices] en vlakken [faces].

Dit lees je in: `theMesh = mesh vertices:vert_array faces:face_array`

Allereerst open ik twee lege rijen, om daar mijn data in te stoppen. Namelijk een rij voor de punten: `vert_array =#()` En een rij voor de vlakken: `face_array=#()`

Hierna definiëer ik de rij met de data:

```
append vert_array [a,b,c]
append face_array [v, v-w, v+1]
append face_array [v-w+1, v+1, v-w]
append face_array [v, v+num, v+1]
append face_array [v+num+1, v+1, v+num]
```

De vertices worden gewoon door de a,b en c-coördinaten bepaald. De faces of driehoekige vlakken, worden gemaakt door drie punten. Dus om bijvoorbeeld een vlak te maken van de punten 1,2 en 3 schrijf ik:

```
append face_array [1,2,3]
```

In script 4 en 5 heb ik echter gebruik gemaakt van de variabelen `v` en `w`, deze refereren naar het aantal spiralen en het aantal punten per spiraal, hierdoor kan ik in 4 regels alle vlakken toekennen, waarvoor ik anders immers veel regels voor nodig zou hebben.

Generative Components

Feature

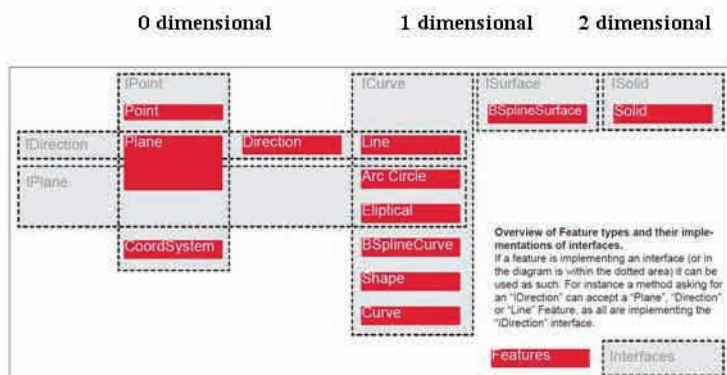
Een "feature" is de naam die gebruikt wordt om verschillende geometrische constructies te beschrijven. Deze kunnen algemeen zijn, zoals lijnen, bogen, curves of vlakken en volumes. Wat je zelf bouwt, kan evenwel de basis vormen van nieuwe features of "Generative Components", een balkvorm, een muur, een kolom, enz. De Generative Components die jij zelf maakt zal telkens als je het programma opent, mee inladen.

Global Variable.

Global Variables werken in een hiërarchische situatie. Een Global Variable zal alle elementen en constructies waaraan ze gekoppeld is, controleren. Wanneer je de Global Variable verandert, dan zullen alle referenties en koppelingen mee veranderen.

Een tweede programma, Generative Components, heeft nog maar een zeer recente ontstaansgeschiedenis. Ik heb deze software dan ook nog maar pas voor de eerste keer kunnen uittesten.

Dit is een voorbeeld van parametrische software, zoals die zou moeten zijn. Hoofdidee achter de software is het geven van het parametrisch ontwerpen.





2. To Factory
CAM: Computer Aided Manufacturing

01.Fase voorontwerp | Rapid prototyping | Rapid Manufacturing

Rapid Prototyping is een term die gebruikt wordt voor processen die digitale 3D-informatie omzetten in fysieke objecten. De techniek bestaat al meer dan vijftien jaar, maar is pas sinds kort betaalbaar en beschikbaar voor architectuurbureaus en -scholen.

We kunnen RP-technieken opsplitsen in twee grote categorieën: additieve en subtractieve processen. De subtractieve processen beginnen met een massief blok materiaal of een plaatmateriaal. Vervolgens wordt de vorm uit het materiaal gefreesd, hetzij 2D, hetzij 3D. Aangezien het proces gelimiteerd is door de beweeglijkheid en grootte van de freesarm, kan niet eender welk object via de techniek vervaardigd worden. Het tweede proces werkt net omgekeerd. Hier wordt het object opgebouwd uit een reeks horizontale laagjes. Dit is een additief proces en staat gekend als Layered Manufacturing. De bruikbaarheid van dit proces is onafhankelijk van de complexiteit van het te vervaardigen object. Daardoor is deze techniek de meest interessante voor architectuurmaquettes, dummy's en prototypes.

Additieve processen

De additieve processen kunnen we verder onderverdelen in ongeveer vier verschillende basisprocessen: SLA [Stereo Lithografie], SLS [Selective Laser Sintering], FDM [Fused Depositing Manufacturing] en 3D-printing.

SLA is de oudste RP-techniek en is ondertussen de standaard in de RP-industrie. Bij SLA wordt een bad van vloeibare UV-gevoelige hars laagje per laagje verhard d.m.v. een hoog-energetische UV-laser. Het mooie van deze techniek is dat men transparante modellen kan produceren. Aangezien SLA een proces is dat UV-gevoelig is, zullen de modellen na een zekere tijd wel degenereren.

SLS is een proces dat een grote toekomst heeft in de RP-industrie. Bij SLS wordt een poedervormig materiaal verhard en gesinterd d.m.v. een laser. Het interessante hierbij is dat men niet beperkt is tot het gebruik van één soort poeder. Zo gebruikt men tegenwoordig zelfs metaalpoeder om metalen prototypes te fabriceren.

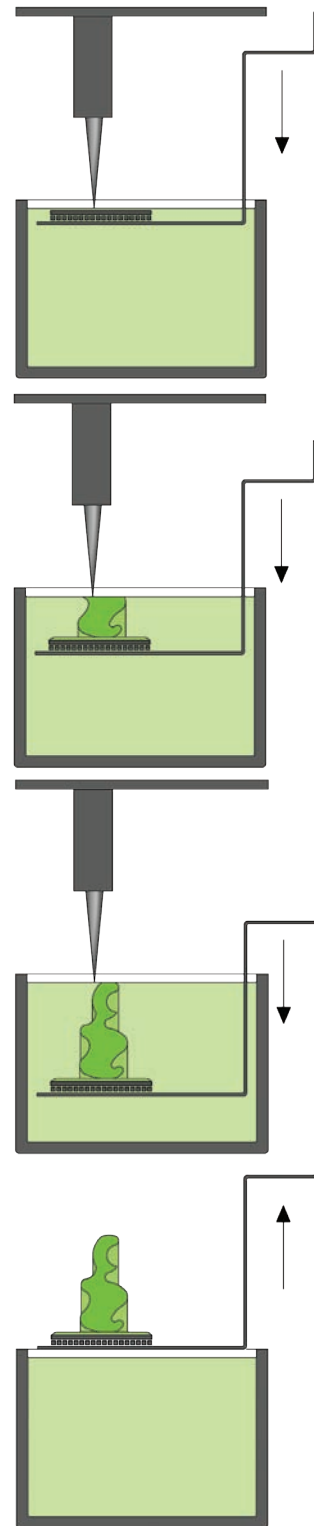
FDM is een van de goedkoopste RP-technologieën. Bij dit proces wordt elk laagje materiaal gevormd door verwarmde ABS²⁰ uit te persen in minuscule slieten.

3D-printing is de goedkoopste en voor het architecturaal ontwerp de meest toepasbare RP-techniek. Het proces werd ontwikkeld aan het Media Lab in het Massachusetts Institute of Technology (MIT). In 1992 creëerde en patenteerde Prof. Ely Sachs de eerste 3D-printer, de 'alpha machine'. De rechten op het patent werden verkocht aan ongeveer zes bedrijven wereldwijd. Het bedrijf Z-Corp ontwikkelde het concept tot een commercieel product. Het principe van de huidige commerciële 3D-printers is nog steeds identiek aan MIT's 'alpha machine'.

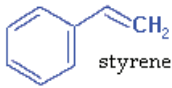
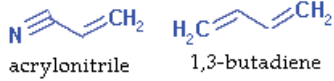
De machine bestaat uit twee metalen containers met bodems die omhoog en omlaag kunnen bewegen. Bij het starten van een print staat de bodem van de linkercontainer op de laagste stand, en is de container volledig gevuld met een wit poeder. De rechtercontainer is leeg, en staat op de hoogste stand. Vervolgens wordt er een dunne laag poeder [0,1mm] van de linkercontainer naar de rechtercontainer overgebracht.

Het 3D-model wordt door de printersoftware onderverdeeld in digitale horizontale laagjes van 0,1mm. Het laagje wordt afgedrukt op de laag poeder in de rechtercontainer. Het printen gebeurt met een standaard HP-inkcartridge met geïntegreerde printkop, die te koop is in elke computerwinkel. Het enige verschil is dat er niet geprint wordt met inkt maar met contactlijm. Het proces herhaalt zich voor elke horizontale laag. Na verloop van tijd is de linkercontainer leeg en de rechter volledig gevuld met poeder. In het losse poeder –dat met een stofzuiger wordt weggezogen – bevindt zich het eigen-

20 ABS: Acrylonitril butadien styreen (ABS) is een thermoplast en een copolymeer dat gebruikt wordt voor starre voorwerpen. Het bestaat uit 5 tot 30% butadien en zo'n 50% styreen.



080- SLA



Acrylonitril butadiëen styreen (ABS) is een thermoplast en een copolymeer dat gebruikt wordt voor starre voorwerpen. Het bestaat uit 5 tot 30% butadiëen en zo'n 50% styreen.

ABS is een vormvast materiaal en heeft weinig neiging tot kruip. De maximale gebruikstemperatuur ligt tussen de 85°C en de 100°C, afhankelijk van de modificatie. Minimale gebruikstemperatuur is vanaf -35°C.

Soortelijke massa: 1,06 g/cm³
 Treksterkte: 39 MPa
 Buigsterkte: 67 MPa
 Rek bij breuk: 30%
 Elasticiteitsmodulus: 2000 MPa
 Kerfslagwaarde: 2 kJ/m²

lijke model.

De maquette moet nu nog een aantal uren drogen. Nadien kan men haar verder behandelen met contactlijm, epoxy of hars.

Elk van bovenvermelde processen heeft zijn voor- en nadelen. Voor architecturale toepassingen zijn 3D-printing en FDM de meest economische systemen. De prijzen voor zulke machines starten ongeveer rond de 25.000 euro. Het zijn ook de snelste RP-systemen op de markt. Snelheid is vaak van doorslaggevend belang in een commercieel ontwerpproces.

3D-printen is nog niet echt een one-button-process. Zo kan men bijvoorbeeld niet gelijk welk 3D-model omzetten in een 3D-print. Wanneer bepaalde lagen niet dik genoeg zijn, worden ze door de specifieke software ook niet erkend. Vooral fouten met betrekking tot de diktes of het omzetten naar een STL -bestand vormen hier de grootste knelpunten. Om deze STL te kunnen vormen moet je 3D-model een volledig gesloten model zijn, een solid als het ware.

In 3ds max bestaat er een modifier waarbij je je geselecteerde vorm kan testen, genaamd STL check modifier. Deze toont dan het aantal fouten.

Met behulp van dit bestand kan je je vorm laten inlezen door de software van de desbetreffende 3D-printer.

Er zijn echter nog andere bestandstypes die gebruikt kunnen worden voor 3D-printen. Waaronder STL, VMRL...

CAD-gebaseerde Rapid Prototyping

Rapid Prototyping is ondenkbaar zonder 3D-CAD. Dit is dan ook de reden dat rapid prototyping technieken pas ontstaan zijn rond 1990 bij de ontwikkeling van CAD-systemen met 3D-modelleerfunctionaliteit.

Om de transfer van CAD naar RP-programmeersoftware min of meer te standaardiseren wordt het volume van het aan te maken stuk voorgesteld in het STL-formaat. Het STL-formaat beschrijft een productvolume door het

omsloten oppervlak te verdelen²¹ in een groot aantal driehoeken²².

Essentieel voor RP is een foutloos CAD-databestand, wat vandaag in veel gevallen nog niet vanzelfsprekend is. Speciale software is nodig (bv. Magics RP, Materialise) om een STL-geformatteerd productmodel te controleren op fouten (bv. Detectie van gaten) en te corrigeren.

Bijkomende functionaliteit voor een efficiënte aansturing van RP-machines is het optimaal positioneren en oriënteren van verschillende productmodellen tot één productie-set-up. De data voor een productie-set-up, eveneens beschreven in het STL-formaat, worden dan voor verdere verwerking doorgestuurd naar de besturing van de machine.

In een eerste fase zal de machine het te maken onderdeel (is dus meestal een samenvoeging van meerdere aparte onderdelen) opdelen in dunne lagen ("slicing"). Het doorsnijden van een STL-model resulteert in één of meerdere polygoenen (1 buitencontour en eventueel een aantal binnencontouren). Binnen de contour berekent de machine een scanpatroon dat door de laser (SLS), inktkop (3DP) of andere actor zal gevolgd worden.

Subtractieve processen

Computergestuurd frezen

De aanmaak van prototypes is niet beperkt tot technieken gebaseerd op laagsgewijze opbouw. Ook de klassiekere productieprocessen zoals het frezen kunnen hiervoor gebruikt worden. Zoals we eerder omschreven is het snelle karakter ("rapid") bij de gekende rapid prototyping technieken niet te wijten aan het productieproces zelf, maar aan de snelle koppeling tussen CAD en machine. Door de opkomst van het hogesnelheidsfrezen blijft verspanen²³ wel degelijk meespelen als mogelijke techniek voor func-

21 Het exporteren naar STL of het verdelen van de vorm in driehoeken, wordt triangulatie genoemd.

22 driehoeken of ook wel facets genoemd.

23 verspanen: dit is de techniek van het uithalen van materiaal uit een vaste blok. Enkele voorbeelden: boren, frezen ...

tionele prototypes.

Tweedimensionale CNC-snijden

Het 'gewone' tweedimensionale CNC-snijden is nog steeds de meest gebruikte fabricatietechniek. Je hebt hierin verschillende types, waaronder het plasmaboog snijden, laserstraal snijden en waterstraal snijden. Deze tweedimensionale snijmachines bewegen zich steeds in twee richtingen over het plaatmateriaal

De laatste 15 jaar is er een grote zoektocht geweest in het aantal producten maakbaar uit plaatmateriaal. Het grote voordeel van plaatmateriaal is dat het een voorbereid materiaal is, wat als gevolg het reduceren van de productiekosten heeft. Op de schaal van de massamarkt, heeft de 'die-cutting' gezorgd voor een innovatie op het vlak van het snijden van plastic zoals polypropyleen wat leidt tot een overvloed aan nieuwe verpakkingen, lichtarmaturen, zelfs grootschalige meubels. Maar wat misschien nog de grootste rol speelt is dat de materialen die door de manufacturer gesneden worden, door de consument handmatig kunnen geassembleerd worden.

1. Computer numerererial controlled [CNC] snijden

De manier waarop CNC-machines zonder moeite door een vast materiaal snijden, alsof het boter is, is bijna subliem. De snijkoppen zijn gemonteerd in een kop die tot zes assen kan bewegen en roteren.

PRODUCTIEVOLUME

CNC snijden is het best geschikt voor enkele of kleine serieproducties omwille van het nog trage proces.

SNELHEID

De snelheid is begrensd door verschillende factoren. Inclusief het materiaal, de complexiteit van de vorm en de vereiste afwerkingsgraad van het oppervlak.

OPPERVLAK

Goed, maar zou extra post-finishing kunnen eisen, afhankelijk van het materiaal.

TYPES/COMPLEXITEIT VAN DE VORM

Type/complexiteit van de vorm.

Virtueel eender welke vorm die op het computerscherm tevoorschijn komt.

SCHAAL

Van kleine tot grote objecten.

TOLERANTIES

Hoog.

RELEVANTE MATERALEN

CNC technologie kan gebruikt worden voor het snijden van verschillende materialen, inclusief hout, metaal, plastic, graniet en marmer. Zij kan ook gebruikt worden voor het snijden van foam en het modelleren van klei.

VERGELIJKBARE METHODES

Lasersnijden, wanneer de laser geïnstalleerd is op de multi-assige kop.

+

-Kan theoretisch gezien op elk materiaal gebruikt worden.

-Ontwerpen kunnen rechtstreeks uit CAD-bestanden worden gesneden.

-
- Niet geschikt voor massaproductie.
- Kan traag zijn.

2. PLASMABOOG SNIJDEN

Het werk d.m.v. een straal is geïoniseerd gas, dat zo heet is dat het letterlijk het te snijden metaal plaatselijk zal doen verdampen.

Het proces dankt zijn naam aan de term 'plasma'. Dat is waar het gas in verandert, wanneer het wordt verhit tot op een zeer hoog niveau. Een gasstraal (stikstof, argon of zuurstof) wordt door een smal kanaal in het centrum van de straalpijp gestuurd, die in zijn hart een negatief geladen elektrode bevat. De combinatie van de elektrische stroom, voorzien door de elektrode en het contact tussen het puntje van de straalpijp en het te snijden metaal resulteert in de creatie van een gesloten circuit. Dit veroorzaakt een zeer krachtige vonk, de boog tussen de elektrode en het metalen werkstuk, die het gas tot zijn plasma-niveau verhit. De boog kan een temperatuur van 27 800 °C bereiken, waardoor hij bij het passeren van de straalpijp over het metaal, het metaal plaatselijk doet smelten.

De breedte van de snijlijn, ook wel de 'kerf' genaamd, waarmee rekening moet worden gehouden bij het ontwerpen van bepaalde vormen, heeft namelijk invloed op de afmetingen van het werkstuk. De kerf kan tussen de 1 à 4 mm variëren, afhankelijk van de dikte van de metalen plaat.

PRODUCTIEVOLUME

Plasma-boogsnijden is een economisch proces voor kleine hoeveelheden, omdat het uitgevoerd kan worden zonder bewerking.

EENHEIDSPRIJS VS. INVESTERINGSKAPITAAL

Proces vereist geen bewerking. In het geautomatiseerd proces worden de informatie voor de vorm d.m.v. CAD-bestanden.

SNELHEID

Algemeen is er maar een korte insteltijd nodig. De snelheid wordt echter vooral bepaald door het type materiaal en zijn dikte.

Vb. Voor 25 mm dik staal 300 mm lang duurt het 1 min terwijl 2 mm dikte staal kan snijden aan een snelheid van 2400 mm/min.

OPPERVLAK

Zelfs bij hard RVS verkrijgt je bij dit proces afgeronde zuivere hoeken met betere resultaten dan bij oxyacetylene snijden. Het snijden kan ook zo gecontroleerd worden, om verschillende oppervakteafwerkingen te bekomen. Afhankelijk van de kost vs. de hoekkwiteit. Er zijn langere snijtijden voor een betere hoek afwerking.

TYPES/COMPLEXITEIT VAN DE VORM

Het proces is het best geschikt voor materialen van zwaar kaliber. Lichte/zachte metalen of metalen die dunner dan 8 mm zijn, kunnen het resultaat van het proces verstoren, alsook dunne en slanke secties zoveel mogelijk vormen uit één plaat trachten te halen. Daarom moeten de vormen zo dicht mogelijk bij elkaar zitten. Dit leidt tot hoger economisch gebruik van het materiaal.

SCHAAL

Geen maximum grootte.

Platen dunner dan ca. 8 mm zouden kunnen leiden tot vervormingen.

TOLERANTIES

Afhankelijk van het materiaal.

Orde grootte. $\pm 1,5$ mm voor plaatdikte 6-35 mm.

RELEVANTE MATERIALEN

Alle elektrische geleidende materialen worden vooral gebruikt voor RVS en aluminium. Het proces wordt moeilijker, naarmate het koolstofgehalte van het staal hoger wordt.

TYPISCHE PRODUCTEN

Zware constructies, bv. Scheepsbouw en machinecomponenten.

VERGELIJKBARE METHODES

- Oxyacetylene snijden.
- Waterstraal snijden.

+

- Kan zowel bij manueel als bij automatisch proces.
- Geschikt voor dikke platen.
- Kan gebruikt worden voor meer metaalsoorten, dan mogelijk is bij oxyacetylene snijden.

-

- Niet geschikt voor platen dunner dan 2 mm.

3. DIE-CUTTING/ DIE-SNIJDEN

De gemakkelijkste vergelijking is die waarin je denkt aan de bakker die door middel van vormpjes figuren uit het deeg kan halen.

Op dezelfde manier gebeurt dit voor papier, karton of plastic. Die-cutting is een eenvoudig proces waarbij een vorm met een scherpe kant naar beneden wordt gehaald, waardoor het zich door het dunne materiaal snijdt, met als resultaat de vorm. Dit alles in één enkele stap.

Die-cutting heeft twee toepassingen: de eerste in het snijden van een vorm uit een blad of plaat. De tweede is het maken van vouwen of plooiën in een materiaal, om zo een juiste buiging te bekomen. Deze vouwen zijn noodzakelijk wanneer je driedimensionale vouwen wilt bekomen uit (tweedimensionaal) plaatmateriaal.

PRODUCTIEVOLUME

Van kleine partijen tot honderden of duizenden units.

EENHEIDSPRIJS VS. INVESTERINGSKAPITAAL

De lage prijs van de snijmessen maakt dit tot een zeer hoog economisch voordelig proces, zelfs voor kleine oplages. Wanneer ook de toevoer van materiaal automatisch zou lopen - liefst op een rol - zou dit leiden tot een immense reductie van de kostprijs van de eindproducten.

SNELHEID

Die cutting is een van de overheersende manufacturing processen voor verpakkingen, met productiecycli tot duizenden producten per uur.

In tegenstelling tot vormen die uit mallen voorkomen is die-cutting niet afhankelijk van de complexiteit en de snijsnelheid van de vorm.

De assemblage is des te arbeidsintensiever.

OPPERVLAK

Het oppervlak is afhankelijk van het materiaal. Het snijvlak is proper en precies, met een zeer kleine radius waar de snijvorm doorheen het materiaal heeft geponst. Het combineren van printtechnieken is mogelijk.

TYPES/ COMPLEXITEIT VAN DE VORM

De complexiteit van de vorm is afhankelijk van de grote van de snedes. Zeer kleine uitkepingen, gaten kleiner dan 5 mm zijn moeilijk te snijden.

Eén van op de te merken ontwerpbeslissingen is dat het overvloedige materiaal moet verwijderd worden. Vooral het zuiveren van kleine gaten, voor wat betreft plastic vormen, kan moeilijk zijn.

SCHAAL

Ca. 1000 bij 700 mm voor plaatmateriaal.

TOLERANTIES

Zeer hoog.

RELEVANTE MATERIALEN

Polypropyleen.

PVC (polyvinylchloride).

Polythyleen terphthalaat (PET).

Papier.

Alle soorten karton.

TYPISCHE PRODUCTEN

Die-cutting wordt intensief gebruikt voor verpakkingen, vooral dozen en drankkartonnen.

Voor driedimensionale structuren is assemblage vereist.

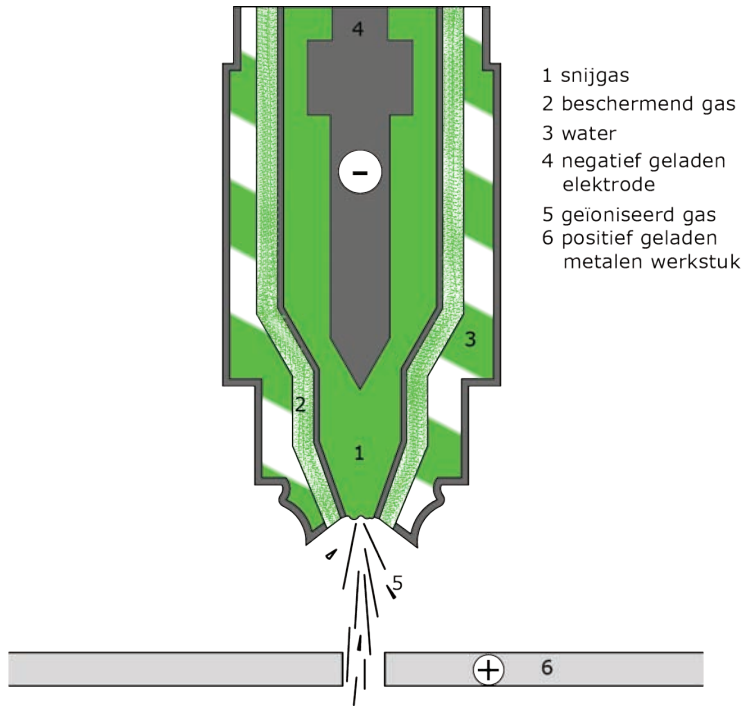
Andere toepassingen, vaak assemblage-intensiever lamparmaturen, speelgoed, meubels.

VERGELIJKBARE METHODES

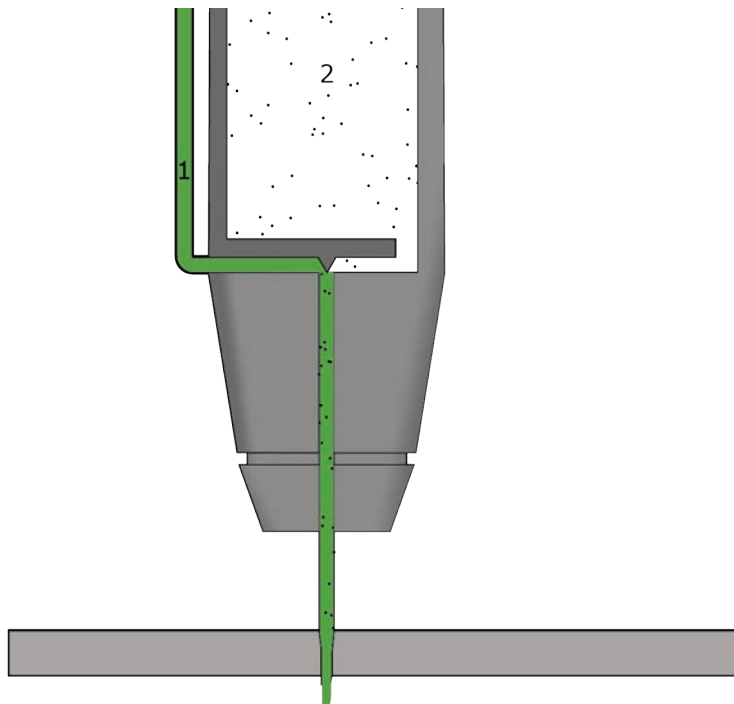
Voor het snijden van vlakke platen.

-lasersnijden.

-waterstraalsnijden.



081 - plasmaboogsnijden



082 - waterstraalsnijden

4. WATERSTRAAL-SNIJDEN AKA HYDRODYNAMIC MACHINING

Van in het midden van de 19de eeuw werden de waterstralen reeds gebruikt als methode om materialen te verwijderen in de mijnbouw. Het hedendaagse proces (ook wel bekend als hydrodynamic machining) is dermate verbeterd dat het kan produceren met een ongelofelijke kleine waterstraal, nl. ca. 0,5 mm. Deze straal wordt met een druk van ca. 1380 tot 3800 bar²⁴ uit de straalpijp gestuwd met snelheden tot twee keer de snelheid van het geluid. Waterstraal snijden produceert een fijne snede door enkel en alleen gebruik te maken van water. Om door hardere materialen of dikkere platen te snijden, maakt men gebruik van een abrasieve toevoeging, bijvoorbeeld graniet.

PRODUCTIEVOLUME

De productie vereist geen extra bewerking en is daardoor geschikt voor on-off en lange productielijnen.

EENHEIDSPRIJS VS. INVESTERINGKAPITAAL

De set-up kosten zijn laag, doordat er geen extra bewerkingen nodig zijn en de snijvormen worden rechtstreeks uit de CAD-bestanden overgenomen. Om het oppervlak maximaal te benutten en zo het rendement te verhogen, kan men de vormen zo dicht mogelijk groeperen.

SNELHEID

Een abrasieve straal kan 13 mm dik titanium met een snelheid van 160 mm/min snijden.

OPPERVLAK

De afwerkingsgraad van de randen van de snijvlakken, zijn vergelijkbaar alsof de randen gezandstraald zouden zijn.

TYPES/COMPLEXITEIT VAN DE VORM

Het is mogelijk zeer fijne snedes en ingewikkelde vormen te bekomen doordat de snijmachine werkt zoals een plotter of CNC-router. Door de hoge druk van het water zouden dunne platen wel kunnen buigen en vervormen. Processen zoals lasersnijden voorkomen dit probleem

24 $1 \text{ bar} = 100\,000 \text{ Pa} = 100\,000 \text{ N/m}^2$

doordat zij geen hoge druk hebben.

SCHAAL

Afhankelijk van de onderliggende snijplaat standaard maximum 3 x 3 m.

De maximum limiet voor de dikte varieert van materiaal tot materiaal.

TOLERANTIES

De straal is tot 0,1 mm nauwkeurig. Dikke platen kunnen resulteren in glooiende snijranden.

RELEVANTE MATERIALEN

Glas, staal, hout, plastic, keramiek, steen, marmer en zelfs papier.

TYPISCHE PRODUCTEN

Decoratieve architectonische panelen en stenen.

VERGELIJKBARE METHODES

Kan gebruikt worden als alternatief voor die cutting en als alternatief (koud) voor laser snijden.

+

-Koud proces, verhit het materiaal dus niet.

-Geen rechtstreeks contact: geen vervorming van de snijranden.

-Kan gebruikt worden om zeer fijne details in een grote verscheidenheid van materialen in verschillende diktes te snijden.

-

- Dikke snedes, de straal kan hierdoor van zijn pad afwijken, waardoor het lijkt alsof het van het materiaal eet.

5. LASER SNIJDEN MET LASERSTRAAL MACHINING

Het is een zeer nauwkeurig proces, gebaseerd op een input van CAD-bestanden. D.m.v. een zeer geconcentreerde lichtbundel, die een miljoen watt per vierkante centimeter energie genereert, wordt het materiaal dat zich op het pad bevindt, gesmolten. Laserstraal machinering is een vorm van lasersnijden die gebruik maakt van een multi-assige kop om driedimensionale objecten te kunnen snijden. Een CAD-bestand bevat alle complexe paden voor de krachtige lichtbundel. Het gevolg is een zeer nauwkeurige uitvoering van het ontwerp. Beide processen worden gebruikt om componenten te snijden die d.m.v. de conventionele machine bewerkingen niet nauwkeurig te snijden waren. Ook hier is er geen contact met het te versnijden materiaal, minimale verankering tijdens het proces is echter wel noodzakelijk.

PRODUCTIEVOLUME

Geschikt voor serieproductie.

EENHEIDSPRIJS VS. INVESTERINGSKAPITAAL

Lage investeringskost, daar geen extra bewerking nodig is en de snedes voortbloeien uit het CAD-bestand.

SNELHEID

Zoals alle snijmethodes is de snelheid van het proces afhankelijk van het type materiaal en zijn dikte.

Vb. Schatting: titanium dikte 0,5 à 10 mm.

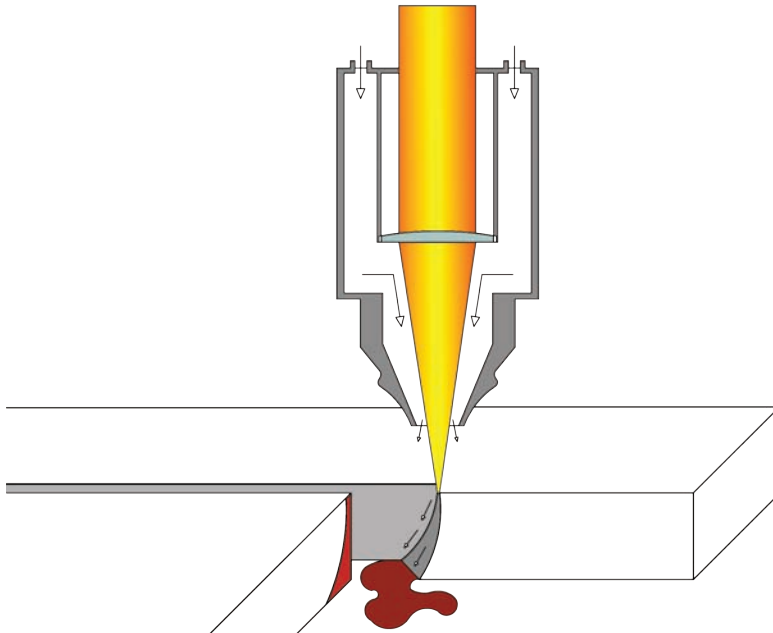
Snijsnelheid: 2 à 12 m per minuut.

OPPERVLAK

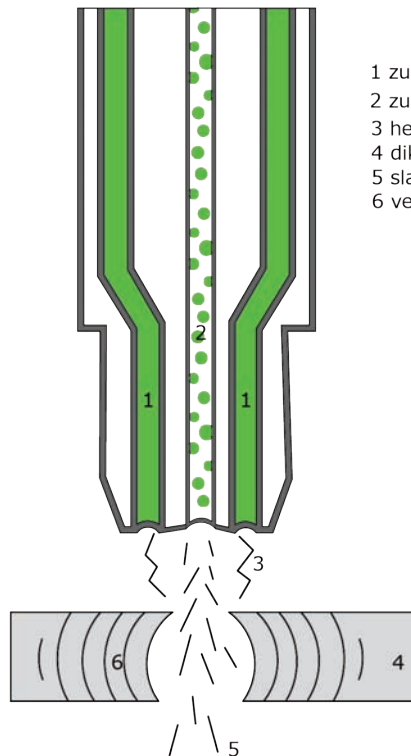
Het proces laat brandmerken achter op hout. Op metaal zal het echter een propere rand geven, waar geen nabewerking meer nodig is. De metaalplaten zouden echter niet gepolijst mogen worden voor het snijden, omdat een gepolijst oppervlak als een reflector zou werken en het proces aan efficiëntie verliest.

TYPES/COMPLEXITEIT VAN DE VORM

Afhankelijk van de machine, kan de laser ook horizontaal of op een multi-assige kop gemonteerd worden, waardoor complexe vormen in de drie dimensies kunnen versneden worden.



083 - lasersnijden



- 1 zuurstof + acetyleen
- 2 zuivere zuurstof
- 3 hete vlam
- 4 dik plaatstaal
- 5 slagstroom
- 6 verplaatsende warmte

084 - oxyacetyleneisnijden

SCHAAL

Beperkt tot de afmetingen van de standaardplaat.

TOLERANTIES

Zeer hoog, gaten met diameter van 0,025 mm zijn mogelijk.

RELEVANTE MATERIALEN

Harde staalsoorten zoals RVS.

Koper, aluminium, goud en zilver zijn moeilijker door hun sterke geleiding van de warmte. Niet-metalen zoals houtsoorten, papier, plastic en keramiek. Materialen zoals keramiek en glas zijn zeer geschikt voor lasersnijden doordat het moeilijke is deze d.m.v. andere technieken in ingewikkelde patronen te versnijden.

TYPISCHE PRODUCTEN

Model componenten.

Chirurgische instrumenten.

Houten speelgoed.

Metalen mazen en filters.

Laser gesneden keramiek kan gebruikt worden als isolator en meubels kunnen geproduceerd worden door laser-gesneden glas of metaal.

VERGELIJBARE METHODES

Waterstraal snijden.

Die-cutting.

Plasma-boog snijden.

+

- Geen slijtage van gereedschappen.
- Minimale vernadering(klemmen materiaal).
- Zeer nauwkeurig snede.
- Geschikt voor een breed spectrum aan materialen.
- Geen nabewerking van de snijranden.

-

- Heeft voor elk materiaal een optimum dikte, erboven zou het problemen veroorzaken.
- Kan tijdsverorberend zijn bij lange productiecycli. Daardoor is het best geschikt voor on-off productie van een kleine oplage.

6. OXYACETYLEEN SNIJDEN aka zuurstofgassnijden, gaslassen of gassnijden Oxygen cutting, gas welding or gas cutting

Dit is een snijproces waarin gebruik wordt gemaakt van twee gassen die op het uiteinde van de straalpijp worden vermengd en ontstoken. Dit veroorzaakt een hoge temperatuurvlam. Het metaal is reeds voorverhit door de menging van deze twee gassen, daarna wordt er een straal zuiver zuurstofgas in het centrum van de vlam gespoten, waardoor het werkstuk versneld zal oxideren. Omdat thermische snijmethodes gebaseerd zijn op een chemische reactie tussen zuurstof en ijzer (of titanium), zijn dunne of smalle materialen niet geschikt voor dit proces, doordat zij zullen vervormen.

Deze manier van versnijden kan zowel manueel als automatisch aangestuurd worden.

PRODUCTIEVOLUME

In vergelijking met andere snijmethodes voor dikke metaalplaten, is thermisch snijden economisch interessant voor productieprocessen voor kleine hoeveelheden.

EENHEIDSPRIJS VS. INVESTERINGSKAPITAAL

Het geautomatiseerd proces kan aangestuurd worden d.m.v. CAD-bestanden.

SNELHEID

Afhankelijk van het type materiaal en zijn dikte kunnen processen hoogautomatisch zijn. Deze gebruiken multi-vlamtoortsen, bestuurd door computergestuurde systemen.

Snelheid kan tot 3 m/min oplopen.

OPPERVLAK

Het snijden kan zo gecontroleerd worden, dat er verschillende graden van oppervlaktekwaliteit mogelijk zijn, afhankelijk van de kost vs. snijrandkwaliteit. Hoe beter de kwaliteit, hoe langer het productieproces. De afwerkingsgraad van de snijrand is echter ook materiaalgebonden. Algemeen zal je d.m.v. plasmaboog snijden het beste resultaat bekomen.

TYPES/COMPLEXITEIT VAN DE VORM

Dit proces is het best geschikt voor de materialen van

het zware kaliber. Metalen, minder dan 8 mm dik, zullen door de enorme hitte vervormen. Het zoveel mogelijk slim groeperen van vormen op een plaat is de grootste optimalisatie. De snede is meestal loodrecht op het plaatoppervlak. Andere snijhoeken zijn mogelijk, maar zijn niet zo gemakkelijk in te stellen als bij plasma-boog-snijden.

SCHAAL

Rekening houdend met de hanteerbaarheid van de vorm is er geen limiet, uitgezonderd de grootte van de machine.

TOLERANTIES

Afhankelijk van de dikte van het materiaal.

Duimregel: $\pm 1,5\text{mm}$ voor materiaaldikte van 6-35 mm.

RELEVANTE MATERIALEN

Ferro-metalen en titanium.

TYPISCHE PRODUCTEN

Zware constructies.

Vb. Scheepsbouw en machine onderdelen.

VERGELIJKBARE METHODE

Plasmaboogsnijden.

Lasersnijden.

Waterstraalsnijden.

+

- Geschikt voor dikke metalen platen.
- Zowel voor manuele als geautomatiseerde processen.

-

- Gebonden aan een klein spectrum van materialen.

Multi-assig frezen

Ook multi-assige freesmachines, waarbij het gereedschap in positie en oriëntatie kan gestuurd worden, kunnen in één opstelling complexe werkstukken aanmaken. Vooral het voortraject, met name de CAD-creatie bepaalt nog steeds de relatief lange tijdsduur. Niettegenstaande de beschikbaarheid van commerciële CAM-systemen, die de gereedschapsbanen berekenen op basis van een CAD-model, vergt deze stap nog veel interactief werk. Het complexe productmodel dient veelal opgedeeld te worden en voor ieder deelgebied moet men een geschikte freesstrategie kiezen. De kans is ook aanzienlijk dat tijdens uitvoering van het freesprogramma machinebotsingen optreden. De nood aan geavanceerde CAD/CAM systemen met functionaliteit voor een gedetailleerde analyse van de werkstukgeometrie, automatische selectie van freesstrategieën en de generatie van botsingsvrije machineprogramma's is dus groot.

Toch kan men verwachten dat het voortraject bij het multi-assig frezen in de toekomst sterk zal toenemen. Onderzoek aan de KULeuven PMA e.a. beoogt de ontwikkeling van algoritmes om op basis van een CAD-model de generatie van botsingsvrije freesprogramma's sterk te automatiseren. Op die manier kan ook hier het voortraject sterk versneld worden.

Voorals zachte materialen, geen staal of keramische [daarvoor het ultrasoonfrezen]

Vijf-assige frees :

3-assen XYZ translatie

Draaien in bv. XY vlak [rotatie]

Draaien in bv. YZ vlak [rotatie]

Meestal worden deze bewegingen verdeeld over de freeskop en de werktafel. Zowel bij de 5-assige freesmachines die ik bij Pierre Lefebvre op de afdeling PMA van KUL zag, als die bij Krist Mielnik in de werkhal van Sirris, maakte de freeskop de XYZ translatiebewegingen en de werktafel de twee rotatiebewegingen.

Vorm

Als ontwerper ben je in gedachte niet of nauwelijks bezig met de productie, hoewel CNC-freesmachine niet eender wat freest. Zij volgt een bepaald traject. Dit is sterk bepaald door de vorm en moet heel precies zijn.

Deze vorm kan op twee manieren vertaald worden ten behoeve van de communicatie met de CNC-machines. De eerste manier is de vorm gedefinieerd door middel van NURBS-lijnen.

Zo kunnen foutieve nurbslijnen resulteren in het plots stoppen van het freesproces. De freeskop is hierbij op een kritiek punt gekomen, en weet niet meer welke lijn hij moet volgen.

De lijnen moeten op de beweging van de freeskop afgestemd zijn, het frezen zou een vloeiend proces moeten zijn.

Daardoor moet over het eerder ontworpen nurbsvlak, vaak een nieuw nurbsvlak gemodelleerd of geprogrammeerd worden met de juiste UV-richting. De vertaling naar CNC is daardoor moeilijk en vraagt soms veel programmeerwerk.

Deze oplossing biedt echter de grootste nauwkeurigheid.

De tweede methode is het exporteren van de vorm naar een STL-bestand. Dit bestand werd eerder ook gebruikt om een allereerste dummy te produceren. STL of Stereolithografie zorgt voor een triangulatie van de vorm. Je vorm wordt als het ware opgedeeld in driehoeken. Er zitten gelijkbenige en gelijkzijdige driehoeken tussen, maar ook langwerpige, uitgerekte driehoeken. Deze laatste zijn slechte driehoeken doordat zij in het uiteindelijk beeld vaak te zien zijn, omdat de organische vorm door hun langwerpige oppervlak over een zekere afstand afvlakt. We mogen dus verklaren dat deze triangulatie tot onnauwkeurigheden leidt.

Bij PMA loopt een onderzoek over het optimaliseren van deze triangulatie bij het creëren van een STL-bestand.

Materialize, een spin-off bedrijf van de KUL, heeft reeds software ontwikkeld om je STL-bestand op te schonen.

Incrementeel omvormen²⁵

In het domein van de plaatbewerking is er eveneens een grote vraag naar de mogelijkheid om prototypes aan te maken. Rapid Prototyping technieken, gebaseerd op laagsgewijze opbouw, zijn hiervoor echter minder geschikt.

Een nieuw en veelbelovend proces is het "incrementeel omvormen". Bij dit proces wordt door de beweging van een gereedschapsstift een plaat laagsgewijs omgevormd tot een complex gevormd product. In de zuiverste vorm, het zogenaamde SPIF²⁶, is hierbij geen matrijs of ontwerp-specifieke ondersteuning vereist.

Commerciële systemen zijn hiervoor nog niet beschikbaar, maar het proces wordt aan meerdere onderzoeksinstellingen, waaronder KUL PMA, in detail bestudeerd. Daarbij hoort eveneens de ontwikkeling van algoritmes om op basis van een CAD-model een efficiënt machineprogramma te genereren. Om de gelijksoortigheid met klassieke RP-processen te behouden, wordt voorgesteld om het productmodel eveneens via een STL-formaat te beschrijven.

Ook wel rapid prototyping voor plaatwerk.

Materiaal: staal

Techniek: Duwen, plooiën

Vroeger had je voor hetzelfde werk een matrijs nodig. De mal moest kleiner zijn, rekening houdend met het terugveren van het materiaal.

Nu wordt het materiaal geleidelijk aan d.m.v. een soort frees geponst. Zo bekomt men dezelfde uitgeduwde dingen uit een plaat.

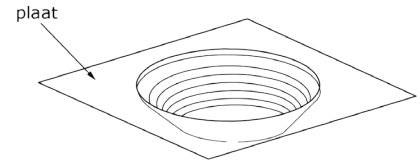
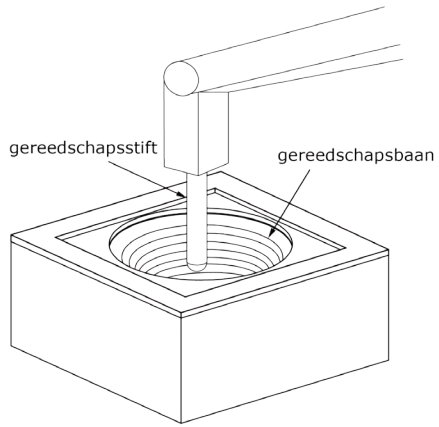
Ook op grotere schaal mogelijk: robot.

PRODUCTIEVOLUME

Het procédé van incrementeel vervormen is zeer goed

25 incrementeel vervormen van metaalplaat: incremental sheet-metal forming

26 SPIF: Single Point Incremental Forming



085 - incrementeel vervormen

gekend als economisch voordelige oplossing voor de vorming van een kleine serie van plaatmateriaal. Het kan gebruikt worden voor prototypes voor manufacturing doeleinde. Toyota heeft op deze manier aan een prototype van een auto gemaakt. Een andere toepassing is de tandprothese.

EENHEIDSPRIJS VS. INVESTERINGSKAPITAAL

Het grote voordeel is dat het een lage productie hoeveelheid toelaat met extreem lage werk- en instellingskosten.

SNELHEID

Ca. 50 mm per seconde. Een typisch werkstuk zou tussen de 20 min en een uur duren. Afhankelijk van de vereiste oppervlaktekwaliteit.

OPPERVLAK

Afhankelijk van de stapgrootte tussen de banen.

De stapgrootte ca. 0,1 mm is een A-oppervlak, of een oppervlak van zeer hoge kwaliteit.

TYPES/ COMPLEXITEIT VAN EEN VORM

De delen zijn altijd schelpachtig. In de nabije toekomst zouden platen langs weerszijden kunnen worden gevormd.

SCHAAL

Typische elementen zijn 150 bij 150 à 300 bij 300 met een gemiddelde dikte van 1 mm.

In Japan zijn er als onderzoekers al in staat platen van enkele mm dik met lengtes tot 2m lang incrementeel te vervormen.

TOLERANTIES

Tot nu toe nog 'trial and error' proces: voorlopig tussen de 2 à 5 mm.

RELEVANTE MATERIALEN

Breed spectrum van materialen waaronder aluminium en staallegeringen, RVS, puur titanium, brons en koper.

TYPISCHE PRODUCTEN

Onderzoek naar haalbaarheid naar producten van unieke exemplaren zoals de fabricatie en de reparatie van autocarosserie op maatgemaakte medische elementen en prothesen alsook architectonische panelen.

VERGELIJKBARE METHODES

Origine ligt in de metalen draaibank-/freestechologie, maar het idee hoort eerder thuis in het kader van de rapid prototyping en de flexibele manufacturing als alternatief voor 'press forming'.

+

-Grootste troef van dit proces is dat het complexe vormen kan generen, waardoor er geen werk- of instelkosten zijn voor unieke stukken of kleine productiereeksen

-

-Beperkte bruikbaarheid
-Staat nog in zijn kinderschoenen

02. Optimalisatie ontwerp

Door de opkomst van de complexe architectuur is de moeilijkheidsgraad van de constructies ook gestegen. Vele ontwerpers werken intuïtief met de nieuwe digitale ontwerpmogelijkheden en staan wat later stil bij de vraag hoe die te construeren.

In deze vraag naar ondersteuning, in het realiseren van complexe vormgeving, zijn deze adviserende bureaus ontstaan.

designtopproduction²⁷

Het bureau designtopproduction is zo'n adviserend bureau voor de digitale productie van complexe ontwerpen. Hun interdisciplinair team integreert kennis uit verschillende velden om architecten, ontwerpers, ingenieurs en constructeurs te helpen. Ze trachten op deze manier de kloof tussen idee en realisatie te overbruggen. Zij profileren zich als het bureau dat de non-standaard architectuur tot leven brengt. Dit doen ze in vier stappen.

Organisatie. Ze implementeren gebruiksvriendelijke parametrische modellen voor ontwerp en fabricatie op basis van professionele CAD-pakketten.

Optimalisatie. Ze gebruiken innovatieve softwaretoepassingen om zo ontwerpideeën in overeenstemming te brengen met constructieve, structurele en functionele oplossingen.

Vereenvoudigen. Ze rationaliseren complexe ontwerpen, gebaseerd op een volledig begrip van geometrie, productie know how en materialenkennis.

Materialiseren. Ze coöpereren met fabricatie-experten om componenten van de complexe structuren door middel van computergecontroleerde processen te fabriceren.

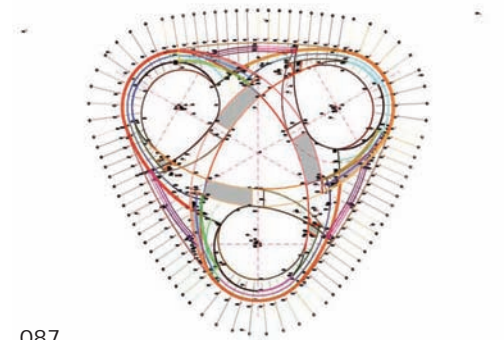
²⁷ www.designtopproduction.com, laatst geraadpleegd op 16 februari 2008.

Zo hebben ze bijvoorbeeld hulp geboden bij de realisatie van het Mercedes-Benz Museum te Stuttgart van UN Studio, het architectenbureau van Ben Van Berkel en Caroline Bos.

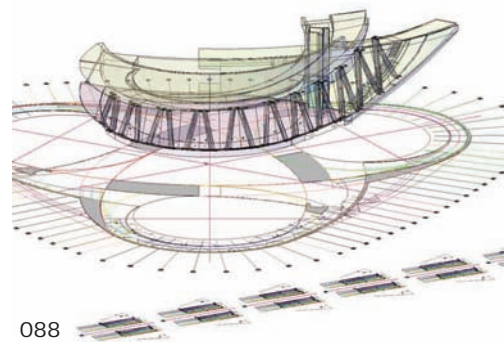
Hier hebben ze vooral de organisatie geregeld door middel van de parametrisatie van het ontwerp. Ze hebben geholpen met het uitwerken van het 3D-model. Het grote probleem bij realisatie van non-standaard architectuur is dat ontwerpers in relaties en niet in nummers denken. Terwijl fabricanten enkel oog hebben voor exacte tekeningen met correcte afmetingen.



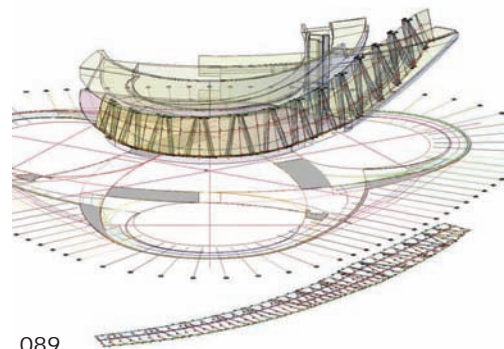
086



087



088



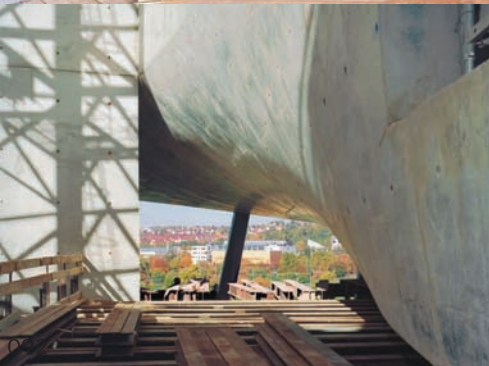
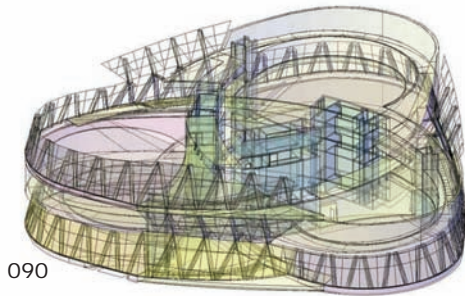
089

3D-engineering en Price & Myers

Een ander gelijksoortig bureau heb ik teruggevonden in Londen. Namelijk het bureau 3D-engineering, dat zeer nauw samenwerkt met Price & Myers. Het is een kantoor met ca. 100 ingenieurs, architecten, bouwkundig tekenaars...

Vorige zomer heb ik hun aangeschreven met vragen over de technische uitwerking van het ontwerp voor de studentenstaalbouwwedstrijd 2007.

Dit kantoor werkt met de softwarepakketten Rhino, Dassault Systems Solidworks en CATIA. Hieruit kunnen we concluderen dat hun software direct is afgestemd op de mogelijkheid tot rechtstreekse aansturing van zowel Rapid Prototyping machines als allerlei CAM-toepassingen.



Concept

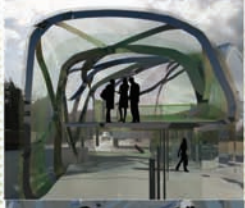
Hoe ga je om met industrieel erfgoed? In mijn ogen moeten we trachten zo weinig mogelijk ingrepen in doen aan het bestaande. Ik wil daarom met een nieuw paviljoen de aandacht trekken voor dit monument. Dit door een nieuwe functie in dit historische kader te introduceren als pool voor de toekomstige bezoeker, maar breven ook als gebaar naar het plein en de stad toe.

Organic growth
Frank Lloyd Wright heeft een huis ooit beschreven als een organische groei. De monumenten van de stoomrevolutie zijn in mijn opzicht hier een perfect voorbeeld van. Om de zwaarte te lichten, werd er bijvoorbeeld, afgebroken, herontworpen... Koppen 'broccoleren' zoals ze dat zeggen. De site is een verzameling van lagen, in dit opzicht wil ik dat mijn ingreep een zwaarte laag wordt van het geheel. Het begrip organic growth (organische groei) is de leidraad doorheen het ontwerp, een beeld dat teruggekeerd wordt naar de context, de implantatie, het concept, de vorm, de constructieve opbouw...

Architectuur als een gebaar
Als gebaar naar de site, en tegelijk naar de stad toe.

De aaneen van mijn gebaar wordt gevormd door een paviljoen op het plein, de implementatie van een nieuwe functie binnen het oude industriële kader. Voor de entree van mijn paviljoen op de site heb ik gebruik gemaakt van de voormuur van 'Wassily Kandinsky en Paul Klee. Hun beelden rond ligt en nutteloos passen in dit kader. De draagstructuur die ik in het werk van Klee terugvind, tractie ik over te brengen in de verhouding van mijn paviljoen op het terrein.

De stude in het terrein, de negatieve vorm wordt in massief materiaal uitgevoerd. Een ijs, stalen, abstracte vorm plooft zich in, over en op het ingebreedde landschap; als een druppel stroom die op het terrein valt en het openplek groeit.



concept

Wat wordt het volgende concept relevant in naar twee momenten. Eerst naar die van de appen, en eindigend naar die van de boom, waar het verhaal van de organische groei naar wordt gaittegracht. De appen komen terug in de dorpse van het paviljoen. De monumentale vorm van de appen huis in laten flitsen over een canvas. De boom heeft het gevoel van het organische als, de vorm die spontaal is. Stam-Takken-Blaadstak.

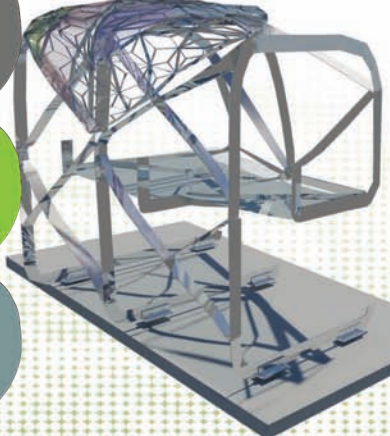
De structuur van het stalen steel komt ook voor uit de metafor van de boom en de organische groei. Het materiaal dat zich geleidelijk als takken gaat vertakelen.

De behouding in in poly-carbonaat, heeft de keuze in naar het bestaande. Er wordt gekozen met de effectieve lichtdoorlaatbaarheid van de vluchtende groenhuizen van schuim, het poly-carbonaat wordt vervaardigd in organische structuren op het poly-carbonaat. Dit heeft de voorkeur bij organische teken, waar die vervaardigd wordt uit organische groei, de draagstructuur wordt vervaardigd.

De paviljoen heeft twee vloeren die vervaardigd worden uit beton met een laagje van het materiaal van het beton. Dit betekent dat het paviljoen heeft een vloer die vervaardigd wordt uit beton met een laagje van het materiaal van het beton. Dit betekent dat het paviljoen heeft een vloer die vervaardigd wordt uit beton met een laagje van het materiaal van het beton.

obj.grow | rc2 | door davy transsens | 4er 2006-2007 | phl departement architectuur diepenbeek

110



metafor structuur ORGANIC GROWTH - de boom
RVS plaatstalen structuur dikke 20mm variabele hoogte 350-500mm
omgeving naar naar RVS 15mm hoogte 150mm
cellulair massa draagstructuur steel | polycarbonaat | RVS profielen

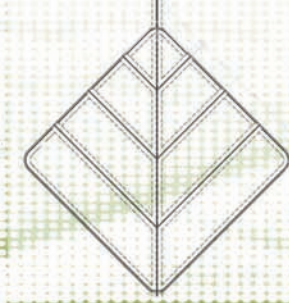
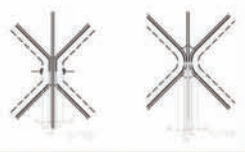
FUNDERING
plaatstalen beugels worden door middel van metalen schoenen verankerd met de onderliggende gewapende betonvloer

VLOER
L-j-profiel worden verbonden aan het stalen waaier, waarop glasplaat als vloerbedekking worden ingelast.

constructie

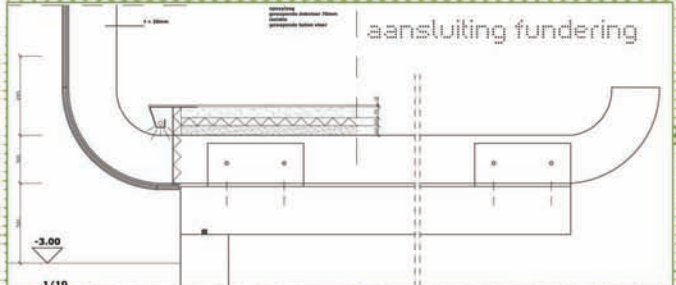
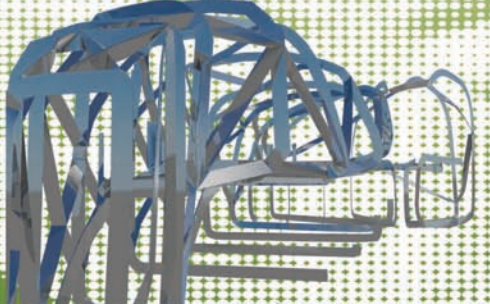


dakstructuur

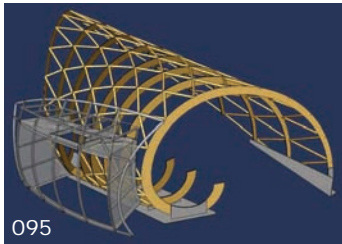


vloer

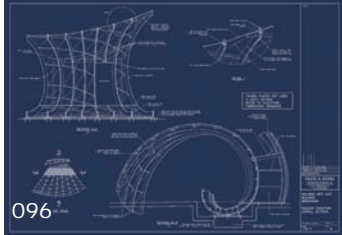
Motivatie [materiaal]
Het materiaal vormde een logisch gevolg uit het concept van organic growth. Staal is het fierste, een van de weinige materialen die zo'n bre constructie mogelijk maakt. Daarmee het contrast tussen het grondgebonden, het massieve, stevige versierde.
Een laatste reden is de mogelijkheid tot productie van stalen constructies uit de draagstructuur. Het principe van massaproductie is bij dit ontwerp te zijn plaats. Het ontwerp is het file- en draagstructuur gekoppeld. Dit project is daarom een heel onderdeel in mijn filosofie van het bouwen naar de mogelijkheden van organische constructie. Draagstructuur en vloer.
Staalplaat worden gefixeerd door CNC machines worden gefixeerd, gebouwd. Deze CNC machines worden naar voor de constructie in v. een 2D' tekening of een 3D' digitale model wordt aangeleverd.



aansluiting fundering



095



096



097



098



099



100

Sirris

Ik heb zelf ook gebruik gemaakt, voor wat één case [zie p. 156-160] betreft, van een bureau dat ondersteuning biedt aan ontwerpers en ingenieurs met complexe ontwerpen. Tot nog toe waren zij vooral specialisten in de mechanische wereld voor industriële toepassingen, als ook in elementen die gebruikt worden in de lucht- en ruimtevaart.

Dit was bij het onderzoekscentrum Sirris. Sirris is van oorsprong een spin-off van de KULeuven. Het heeft ondertussen vestigingen in Leuven, Diepenbeek, Luik...

Ik heb dienst gedaan op de specialist in verspanings-technologie Krist Mielnik te werk gesteld in de vestiging op het wetenschapspark in Diepenbeek.

03.Fase uitvoering | emanufacturing

"You can have any color you want as long as it is black"
Henry Ford

Je hebt een keuze. Maar als je in de architectuur zou te werk gaan als Henry Ford in de constructie van auto's aan het begin van de twintigste eeuw, dan kon je slechts één type van structuur, één type van raam, één type van interieur, één type van gevelbekleding kiezen. Of bouw zoals Michael Dell zijn computers maakt aan de start van de eenentwintigste eeuw. Gebruik wat passend is. Laat de gebruiker [customers] het zelf beslissen zoals hij wil. En krijg het sneller, beter en goedkoper.

Nu in deze tijd, zou Fords *"one size fits all"* niet langer leiden tot een succesvol product, project of service. De wijze van Fords manier van construeren was essentieel om aan de lage kostprijs te komen. De kostprijs op haar beurt was dan weer de doorslaggevende parameter om het publiek aan te spreken.

Fords idee van keuze: "You can have any color you want as long as it is black", hield marketing en transactiekosten minimal. Miljoenen kopiën van exact dezelfde wagen werden twee decennia lang geproduceerd.

In deze eeuw verlangen we naar keuze, expressiviteit, individualiteit en de mogelijkheid om op het allerlaatste ogenblik nog snel van gedacht te kunnen veranderen. De commerciële productenindustrie speelt al aardig in op de nieuwe keuze en de verwachtingen van de klant. Dell Computer Company, Nike Shoe company, Swatch watch fabrikanten en de automobiel- en kledingindustrie hebben hun bedrijf al georganiseerd om deze verwachtingen in te willigen door het aanbod van keuzemogelijkheden, in real time, tegen lagere prijs en hogere kwaliteit.

“struggle of the fastest”

*Les Projectmanagement, Danny
Windmolders, 2007*

Waarom zou dit idee niet voortgezet kunnen worden in architectuur en constructie? Waarom worden we constant gedwongen om ontwerpbeslissingen te maken op basis van de kostprijs, wat resulteert in minder keuze, minder customization, meer standaardisatie, en lagere kwaliteit? Waarom worden we op het einde van de constructiefase steeds geconfronteerd met verschillende kwaliteitsproblemen, die dan opgelost moeten worden door middel van een berg papier en een ontelbaar aantal werkuren.

Als architecten vinden we het moeilijk om te stoppen met ontwerpen en ons niet te engageren in het constructieproces. Wij zijn niet voldaan met een status-quo. Het ontwerp gaat door, zelfs doorheen de constructiefase. Mass Customization kan dus een echte verandering brengen naar architectuur en constructie. In tegenstelling met Henry Ford, kan ik me dus niet voorstellen dat “one size fits all” werkt voor alle ontwerpen, alle projecten, op alle terreinen en voor eender welke klant.

Zoals we allen weten zijn de Nederlanders altijd prijsbewuste ondernemers geweest. Dit is een van de redenen dat de Nederlandse architectuur net dat ietsje meer aandacht kreeg, naast het feit dat ze steeds de trendsetters zijn op het gebied van de innovatieve architectuur.
Koolhaas *“NO MONEY, NO DETAIL”*

Zo behoren, onder de complexe, organische architectuur, de Nederlandse bureaus van Lars Spuybroeck [NOX] en van Kas Oosterhuis [ONL] tot de gangmakers. Oosterhuis heeft met de Acoustic Wall en Hessing Cockpit ook bewezen dat het bouwen van organische architectuur “goedkoop” kan. Zo wist hij door het doorgedreven principe van mass customization de prijs per vierkante

meter te reduceren tot €800.

Nieuwe tools, zelfde producten. De architectuurindustrieën verschuiven van lineaal en passer naar de computer, maar vanuit het oogpunt van de documentatie is er enkel een essentiële verandering geweest van medium. Het potentieel van het 3D-model met de computer is niet ingewilligd. De architecten gebruiken de computer nog steeds voor 2D-tekenwerk en 3D-representaties in de vorm van allerhande filmpjes.

De informatiemanagementtools die we nodig hebben om onze chaos te beheersen, zijn reeds ontwikkeld voor andere industrieën. Zo hebben de ontwerp- en productieingenieurs van Boeing tools ontwikkeld die ook in architectuur zouden kunnen worden gebruikt.

In de lucht- en ruimtevaartindustrie leidt elk individueel lucht- en ruimtetuig parallelle bestaanswijzen. Het is steeds zowel virtueel als actueel. Eerst wordt het volledig gemodelleerd, met ingeladen eigenschappen van alle onderdelen. Elk lucht- en ruimtetuig is dus gedefinieerd, daarna gepland, gekocht, gebouwd en daarna bijgestaan en opgevolgd doorheen de hele levensduur van het toestel als een geïntegreerd informatiesysteem. Wat is dan het verschil met architectuur?

Gebouwen worden gerepresenteerd, vliegtuigen worden gemodelleerd.

De representatie is de kunst van het definiëren van een ding of persoon door gebruik te maken van een ander. Het is een volmacht, een stand-in voor het origineel. De representatie in de productie reikt de informatie aan die nodig is om het gebouw te construeren, maar het is niet compleet. Basisinformatie voor planning in de architectuur blijft vandaag de dag nog grotendeels tweedimensionaal. Dit is zeker het geval op het contractuele niveau. De architectuur vertrouwt op vlakke projecties om een constructie mee te delen of over te brengen: grondplannen, secties, gevels en details.

In tegenstelling met representaties, is simulatie een volledig driedimensionale regelbare structuur. Simulaties maken het mogelijk van de fragmentatie van grote artefacten, zoals vliegtuigen, in grote, geïntegreerde componenten te organiseren. Zodat die eerder waar ter wereld kunnen gefabriceerd worden en later bij de eindassemblage allemaal samen worden gebracht.

Een simulatie geeft ons een compleet model, volledig uitgewerkt tot op het kleinste niveau. Alle delen zijn bekend. Alle verbindingen en knooppunten zijn afgebeeld en kunnen vanuit eerder wel oogpunt bekeken worden. Daarnaast zal elk element informatie over zichzelf als data dragen. Zo zal bijvoorbeeld de maker van elk deel en zijn adresgegevens gedurende de hele fabricatiereeks bekend zijn.

Gebouwen [representatie] vs. vliegtuig [simulatie]
fysische vs. virtueel MOCK-UPS.

De grote uitdaging die de luchtvaartindustrie heeft met betrekking tot de architectuur is het gebruik van 3D-modellering. Door middel van 3D-modellering zijn ontwerpers in staat virtuele proefmodellen te maken van hun hele product. Het grote voordeel van het gebruik van virtuele proefmodellen is dat ze er testen op kunnen uitvoeren, zonder ook maar een deel ervan te moeten produceren.

Manufacturing Processen

De manufacturing- of fabricatieprocessen die ik hier uitleg, heb ik gekozen in functie van de case van het jeneverglasje. Ik heb echter niet alleen geopteerd voor de fabricatieprocessen voor glas, maar ook voor plastic. Het 'glasje' zou ook in plastic uitgevoerd kunnen worden, als een esthetisch, maar goedkoop alternatief voor bijvoorbeeld de Jeneverfeesten in Hasselt.

03.1 Glas

Holle componenten met een dunne wandsectie

In het kort beschrijf ik in dit onderdeel de verschillende variaties van mal blazen, een proces dat reeds enkele duizenden jaren wordt gebruikt om onschatbare handgeblazen glaswaar te produceren. Het principe van malblazen is succesvol geïmplementeerd in de industriële massaproductie, vooral door de plasticindustrie waar miljoenen wegwerpflessen voor de drankindustrie worden geproduceerd.

1. GLASBLAZEN MET DE HAND

Voor ten minste 2000 jaar werd deze techniek gebruikt om eender wat uit glas te maken, van tafelgerei tot kunstvoorwerpen. Het omvat een metalen buis waardoor men blaast om zo een glazen prop aan het andere uiteinde van de buis te blazen.

Voor het glasblazen bestond, werden glazen objecten geproduceerd door eerst een kern uit zand in het gesmolten glas te dippen en die vervolgens op een plat vlak te rollen om zo de vorm te controleren.

Zodra het gekoeld is, kan het zand verwijderd worden; wat rest is een holle container.

Met deze introductie van het blazen als techniek kwam een heel reeks van mogelijkheden tevoorschijn: niet alleen vormelijke aspecten, maar ook naar gebruik en toegankelijkheid van het materiaal.

Vandaag de dag wordt manueel blazen nog steeds gebruikt om industrieel een hele reeks producten te fabriceren die geblazen wordt in mallen, van lampen tot wijnglazen. Manueel glasblazen vormt een haalbare brug tussen massaproductie van glas, wat dure bewerkingen vereist, en individuele 'on-off' -stukken.

PRODUCTIEVOLUME

Unieke stukken en reeksproductie

EENHEIDSPRIJS VS. INVESTERINGSKAPITAAL

De grootste kost gaat naar de arbeidsuren van de glasblazer. Voor een reeks van identieke vormen worden mallen gebruikt. Afhankelijk van de exacte hoeveelheden, worden ze gemaakt uit materialen variërend in levensduur, nl. hout, gips, grafiet.

SNELHEID

Volledig afhankelijk van de schaal en de complexiteit van het stuk en van het feit of het glas al dan niet in een mal geblazen wordt.

OPPERVLAK

Excellent

TYPES/COMPLEXITEIT VAN DE VORM

Wat betreft vrijgeblazen glas is virtueel eender welke vorm mogelijk.

SCHAAL

Zo groot als de longen van de glasblazer toelaten, in acht genomen dat de glasblazer ook worstelt met het gewicht op het uiteinde van de buis.

TOLERANTIES

Moeilijk te zeggen, daar het een handmatig proces is.

TYPISCHE PRODUCTEN

Alles van tafelgerei tot sculptures

VERGELIJKBARE METHODES

Machine-geblazen glas gebruik makende van de 'blow en blow'-methode.

+

-Flexibel genoeg om verschillende vormen te produceren.

-Kan gebruikt worden voor unieke stukken, een serie of medium-volume productie.

—
-Unieke stukken kunnen duur zijn omwille van de arbeidskosten.

2. GLASBLAZEN EN MALBLAZEN

Het industriële glasblazen in een mal van vandaag bestaat uit twee methodes: 'blow and blow' and 'press and blow'.

De eerste methode, die eerst wordt beschreven, wordt gebruikt om flessen te maken met smalle halsen, zoals wijnflessen.

We spreken hier over grootschalige processen met een productiecapaciteit van duizenden units per dag.

Om een product te vormen d.m.v. 'blow and blow' malblazen, wordt een mengeling van zand, natriumbicarbonaat en calciumcarbonaat naar het hoogste niveau van de fabriek gebracht en in een furnace-oven²⁸ tot 1550 °C verwarmd. Die zo groot kan zijn als een kleine leefruimte. Het gesmolten glas wordt vrijgegeven in een reeks van dikke worstachtige vormen, 'Gobs' genaamd. Deze gobs vallen onderhevig aan de zwaartekracht in de vormingsmachines. Op dit moment wordt lucht in de gob geïnjecteerd om de fles gedeeltelijk te vormen, inclusief de hals. Dit halfgevormd glas wordt verwijderd en 180° gedraaid en vastgeklemd in een volgende mal. Hier wordt opnieuw lucht in de mond geïnjecteerd om zo de definitieve vorm te maken. Daarna zullen de verschillende delen van de mal geopend worden en zal het glaasje naar de transportband gebracht worden die het op zijn beurt naar een annealer-oven²⁹ brengt om zo de overtollige druk in het glas te verwijderen.

PRODUCTIEVOLUME

Van duizend tot honderduizenden per periode van 24 uur. De minimumproductie om een economische prijs te bekomen is ca. 50 000 eenheden.

Het gewicht van het glas is een van de grootste zandvoorwaarden wat betreft de snelheid, maar 170 000

28 Furnace-oven: smeltoven, 1120°

29 Annealer-oven: afkoeloven, 510°

units per dag zijn niet ongebruikelijk.

EENHEIDSPRIJS VS INVESTERINGKAPITAAL

Dit is een proces voor grootschalige massaproductie. Bewerkingskosten zijn hoog, en de productielijn voor het glas dient verscheidene dagen te duren, in een continue cyclus van vierentwintig uren, voordat de producten kosten efficiënt kunnen zijn.

SNELHEID

Afhankelijk van de grootte van de fles, kunnen de machines zo opgesteld worden dat verschillende mallen op hetzelfde ogenblik binnen dezelfde machine kunnen gebruikt worden. Dit kan resulteren in een zeer hoog productiecijfer aantal van ca. 15 000 stukken per uur.

OPPERVLAK

Excellent

TYPES/COMPLEXITEIT VAN DE VORM

Gebonden aan eenvoudige vormen. Vooral bij grootschalige glasproductie moeten de vormen zorgvuldig ontworpen worden, zodat de mallen nog eenvoudig te openen zijn. Ze mogen scherpe hoeken hebben, schuine afsnijdingen of grote, platte vlakken hebben. De 'blow and blow' methode is in feite zeer onflexibel en voor specifieke ontwerpen is het raadzaam een fabricant te raadplegen.

SCHAAL

Omwille van de origine van de applicaties voor in een mal glasgeblazen producten (huishoudelijke vaten) is het maximum voor de meeste fabricanten ca. 300 mm hoge containers.

RELEVANTE MATERIALEN

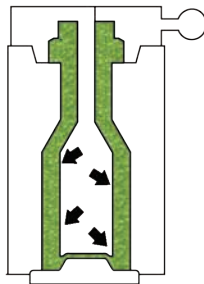
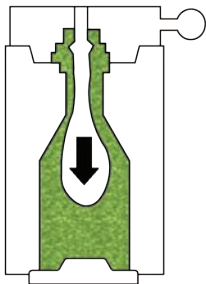
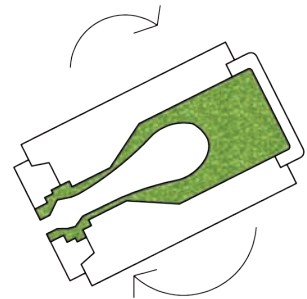
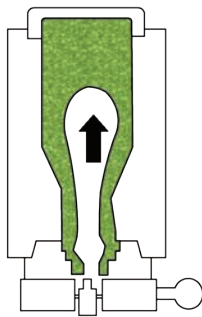
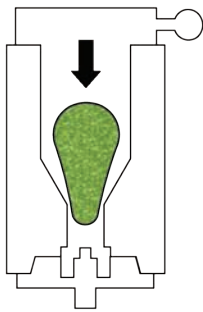
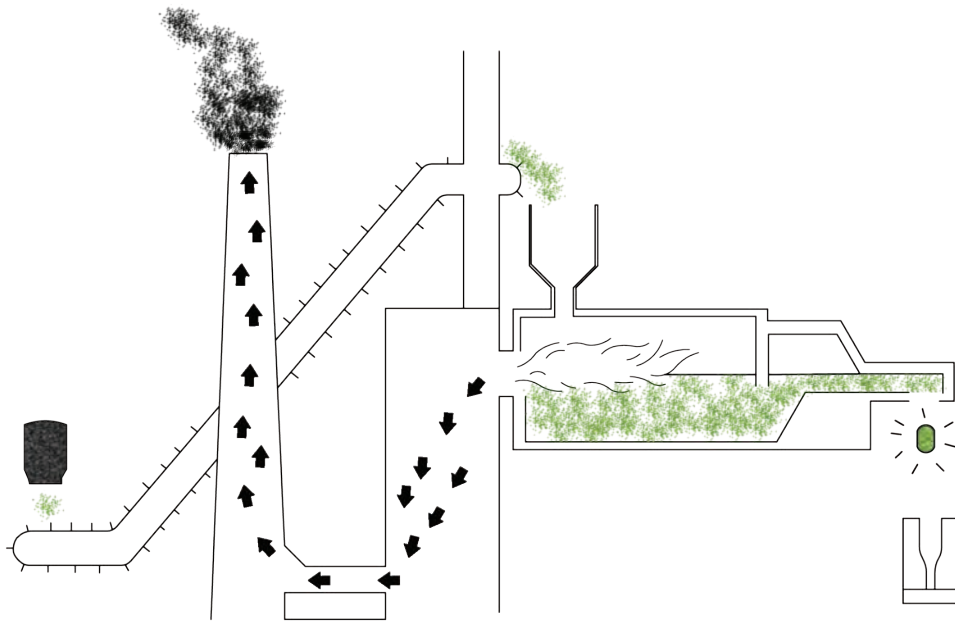
Bijna alle glassoorten

TYPISCHE PRODUCTEN

Flessen voor wijn en geestrijke dranken met een slanke hals, alsook olie, azijn en champagneflessen.

VERGELIJKBARE METHODES

Deze toepassing vooral voor flessen met slanke hals kan volgens de 'press and mould' methode, ook voor glazen met open hals gebruikt voor plastics: zie injectieblaas in mal en extrusie malblazen.



101 - 'blow en blow' methode

+

- Zeer lage eenheidsprijs
- Mogelijkheid tot maken van glazen met slanke hals
- Zeer snelle productie

-

- Verscheidenheid is zeer laag in deze grootschaligeproductiemethode.
- Zeer hoge werkingskosten.
- Moet vraag zijn naar zeer grote aantallen.
- Beperkt tot eenvoudige holle vormen.

Het toevoegen van kleur aan het glas kan duur zijn, omdat het 'running through' de kleuren op het einde van de productie gebeurt om zeker te zijn dat er geen uitbloeiing zal zijn tussen kleuren.

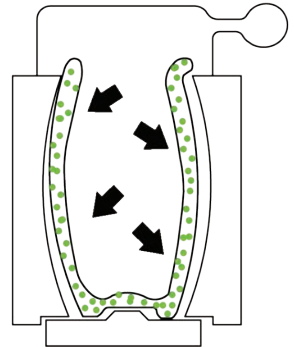
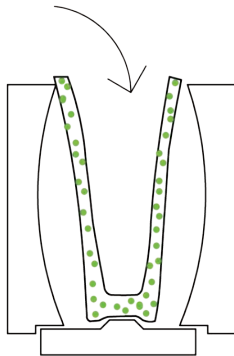
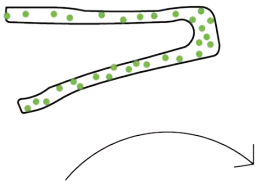
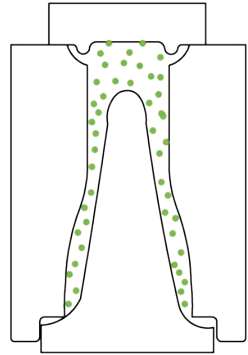
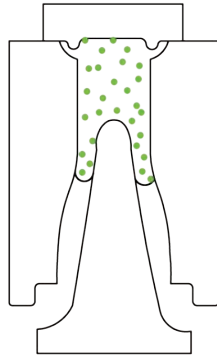
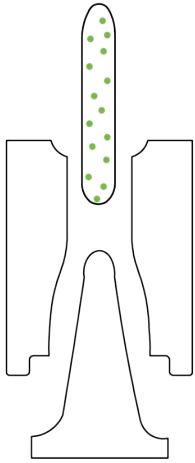
3. PERS EN MALBLAASMETHODE³⁰

Deze techniek wordt veeleer gebruikt om glazen met brede opening te maken, zoals jampotten, dan voor glazen met een smalle hals, zoals wijnflessen. Het verschil tussen deze twee processen volstrekt zich in het proces in de mal. In plaats van namelijk direct lucht in de gob te injecteren, wordt deze eerst door een tegenvorm tegen de binnenkant van de mal gedrukt. Dit kan productiecycli versnellen en laat een grotere controle in de distributie van het glas toe, zodat een dunnere wand kan bekomen worden. Nadat de objecten gevormd werden, brengt de transportband hen naar de annealer-oven, waar de glazen gedurende een uur langzaam kunnen afkoelen tot op kamertemperatuur.

Kenmerkend van dit proces is dat er geen 'glasblazen' aan te pas komt. Het typische ambachtelijke is hier volledig weg, de enige menselijke aanwezigheid is die van de controleurs op elke productielijn.

Vergelijkend met het 'blow and blow' proces, dat ca. 550.000 eenheden met slanke hals per dag kan produ-

30 Pers en malblaasmethode: Glass press and blow moulding



ceren, produceert deze methode 100 000 jampotten per dag. Wanneer we naar kleine 'press and blow' glazen gaan, zouden we de productie naar 900 000 eenheden kunnen opdrijven. Een voorbeeld hiervan zijn de kleine farmaceutische flesjes. Ononderbroken processen voor voedselverpakkingen kunnen tot meer dan tien maanden lang duren en keer op keer dezelfde objecten produceren.

PRODUCTIEVOLUME

Verschillende duizenden tot honderdduizenden per dag. Deze grootschalige productie is veeleer beperkt in tijd, dan wat het aantal eenheden per uur betreft. Zo kan het 8 uur duren vooraleer een productieproces volledig is opgestart. Een minimale productiecycclus duurt ongeveer 3 dagen, zonder onderbreking.

EENHEIDSPRIJS VS. INVESTERINGSKAPITAAL

Dit is enkel een proces voor massaproductie op grote schaal. Werking is duur, tenzij je productiehoeveelheid vele honderdduizenden eenheden bevat.

SNELHEID

De 'press and blow' methode is iets sneller dan de 'blow and blow' glasproductiemethode, doordat ze het gewicht van het glas als gemeenschappelijke bepalende factor voor de snelheid hebben. 250 000 eenheden per dag voor een typische grote sauspot zijn standaard.

OPPERVLAK

Cfr jampot: excellente afwerking

Vergelijkbaar met de 'blow and blow' flessen, zal je de naad blijven zien. Bij het labelen zal hier rekening mee gehouden worden.

TYPES/COMPLEXITEIT VAN DE VORM

Beperkt tot eenvoudige vormen met een brede, open hals. In grootschalige processen mogen deze vormen geen scherpe randen of grote, platte vlakken hebben. Die zouden namelijk het verwijderen van de mal bemoeilijken. Vergeleken met 'blow and blow' malblazen, laat de 'press and blow' malblaasmethode een grotere graad van controle toe over de dikte van het glas.

SCHAAL

Zoals in de 'blow and blow' methode is ook hier een

maximum van 300 mm hoge glazen.

RELEVANTE MATERIALEN

Bijna alle glassoorten

TYPISCHE PRODUCTEN

Jampotten met open hals, flessen voor geestrijke dranken. Farmaceutische en andere vaten met open hals, en voedselverpakkingen.

+

- Zeer lage eenheidsprijs.
- Geschikt om dunwandige vaten met open hals te maken.
- Zeer lage productsnelheden.
- Zeer snelle cyclitijden.

-

- Zeer hoge werkingskosten.
- Beperkt tot eenvoudige holle vormen.
- Toevoeging van kleur aan het glas kan zeer duur zijn.
- Moet vraag zijn naar grootschalige productie om economisch efficiënt te zijn.

Malblazen is een allesomvallende term die een van de meestgebruikte methodes van de productie van een hele reeks aan holle producten beschrijft.

Het lijkt een wat ongewoon proces, doordat het zowel wordt gebruikt voor plastic vaten, als voor glazen flessen. Er zijn echter verschillende vormen van malblazen, die toepasbaar zouden zijn voor plastics, nl. injectie-malblazen en injectie- rekmalblazen en extrusie en co-extrusie malblazen. Alle hebben ze verschillende manieren om vormen te creëren, maar elk proces is vergelijkbaar met het opblazen van een ballon in een mal om deze vorm te geven.

03.2 Plastic

4. PLASTIC BLOW MOULDING

In mal geblazen plastic

Het proces start met een voorgevormde vorm die in de tweedelige mal gelaten wordt. Het sluiten van de mal snijdt de het materiaal tot op de juiste lengte en vormt reeds een dichting op het einde van de plastic. Deze pijpachtige vorm wordt dan in een tweede mal gelaten, waar licht in de vorm wordt geblazen om het plastic te doen uitzetten tot tegen malwand om zo de eindvorm te bekomen. Hierna gaat de tweedelige mal open en is het stuk vrij.

PRODUCTIEVOLUME

Afhankelijk van de grootte van het materiaal, kan malblazen een enorm snelle manier zijn van een productie, met een uitstroom van ca. 500 eenheden per uur, tot over miljoenen eenheden per cyclus van vierentwintig uur. Om het rendabel te houden, moet de productie minimum in de orde grootte van honderdduizenden stuks zijn.

EENHEIDSPRIJS VS. INVESTERINGSKAPITAAL

De eenheidsprijzen van standaard malgeblazen delen zijn zeer laag. Bedenk maar eens de hoeveelheid aan goedkope producten en hun verpakkingen, die d.m.v. deze techniek wordt geproduceerd.

Daarentegen heb je niet, zoals bij glas, de hoge werkingskosten.

SNELHEID

Kleine flesje kunnen d.m.v. Het gelijktijdig gebruik van verschillende mallen tot ca. 60 000 (700 ml PET) flessen per uur produceren.

OPPERVLAK

Excellente afwerking, maar de samenklittingsvoeg zal je over de hele lengte zien.

TYPES/COMPLEXITEIT VAN DE VORM

Afhankelijk van het specifieke proces, zijn malgeblazen vormen over het algemeen eenvoudig en afgerond.

SCHAAL

Van kleine cosmetische flesjes tot delen die meer dan 25 kg kunnen wegen.

RELEVANTE MATERIALEN

Het typische wasachtige, hogedichtheidspolyethyleen (HDPE) is een van de meest gebruikte materialen voor dit proces.

Andere materialen:

- Polypropyleen (PP)
- Polyetyleen (PE)
- Polyethyleen terepytalaat (PET)
- Polyvinyl chloride (PVC)

TYPISCHE PRODUCTEN

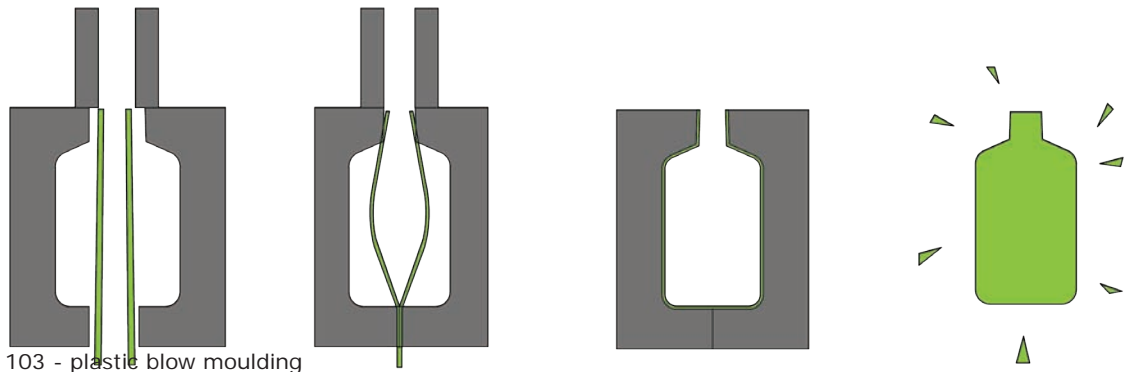
Alles van plastic melkflessen en shampooflacons tot speelgoed, tandpastatubes, detergentglessen, jerrycans en buiten de huis- en autobrandstoftanks.

+

- Zeer lage eenheidsprijs.
- Zeer hoge productiesnelheden.
- details, zoals draad kan in de mal worden voorzien.

-

- Zeer hoge werkingskosten.
- Grote vraag, anders niet kosten efficiënt.
- Beperkt tot eenvoudige holle vormen.



5. INJECTION BLOW MOULDING with injection stretch moulding

Geinjecteerd malblazen met injective en rek-malblazen

'Injection blow moulding is een variant van het eerder besproken 'plastis blow moulding'. Dit proces verloopt volgens eenzelfde principe, nl. het opblazen van de vorm als een ballon, maar dit maal in de mal, waardoor het direct zijn vorm verkrijgt. Zoals de naam impliceert is dit het tweestappenproces. Dit biedt veel meer mogelijkheden naar andere vormen van malblazen, het wordt namelijk mogelijk om complexe vormen te bekomen, vooral in het deel van de hals van de mal.

Injection stretch moulding is een methode die gebruikt wordt voor hoogwaardige eindproducten, zoals flessen, gemaakt van polyethyleen terephthalaat (PET), die een staaf gebruikt om een voorgevormde vorm in de mal uit te rekken voor het blazen.

PRODUCTIEVOLUME

Injection blow moulding is ideaal voor een grootschalige productie die vaak oploopt tot in de miljoenen eenheden.

EENHEIDSPRIJS VS. INVESTERINGSKAPITAAL

Hoge werkingskosten, voor zowel het injecteer- als het blaasgedeelte van het proces, alsook de extra instellingen.

Desondanks kunnen de eenheidsprijzen extreem laag worden gehouden door het enorme volume aan geproduceerd materiaal: dit corrigeert de oorspronkelijke kosten.

SNELHEID

De verschillende vormen van malblazen zijn moeilijk te ordenen in orde van snelheid, daar deze enorm variëren bij verschil in grootte of het gebruik van verschillende mallen in een operatie.

OPPERVLAK

Excellente afwerking

TYPES/COMPLEXITEIT VAN DE VORM

Injection blow moulding is eerder geschikt voor eenvoudige vormen, die een grote straal en een constante wanddikte over het hele product hebben.

SCHAAL

Typische methode voor container kleiner dan 250 ml.

RELEVANTE MATERIALEN

Vergeleken met extrusion mold blowing, is deze methode beter geschikt voor stijvere materialen zoals polycarbonaat (PC) en polyethyleen terephthalaat (PET).

Desondanks wordt het toch vaak gebruikt voor minder stijve materialen zoals polyethyleen (PE).

TYPISCHE PRODUCTEN

Kleine shampooflessen, detergent en andere flessen.

VERGELIJKBARE METHODES

Extrusie blow moulding voor wat plastic betreft en 'press and blow' voor wat glas betreft.

+

- Zeer lage eenheidsprijs.
- Zeer hoge productiesnelheden.
- Geschikt voor kleine vaten/flessen.
- Laat een grotere controle toe van het ontwerp in het deel van de nek, het gewicht en de wanddikte, vergeleken met andere malblaasmethodes.

-

- Hogere werkingskosten dan bij extrusion blow moulding.
- Moet groot afname zijn, grote vraag.
- Beperkt tot eenvoudige holle vormen.

6. EXTRUSION BLOW MOULDING with co-extrusion blow moulding

Ook deze methode is deel van de groep van plastic malblazen. In deze specifieke methode, wordt de plastic tot een worstachtige vorm geëxtrudeerd, ook wel 'lug' genoemd. Deze wordt op regelmatige afstanden afgeknepen en in de mal gedropt. Daarin wordt lucht geblazen die het plastic tegen de malwand drijft om zo de eindvorm te bekomen. Dit proces laat wel een overtollig stuk materiaal hangen, een staartje, op de plaats waar de lug werd afgeknepen. Deze moet achteraf verwijderd worden. Je ziet dit het best aan de onderkant van shampoo- en zeepflacons.

Bij 'co-extrusion blow moulding' worden verschillende materialen gecombineerd om zo een meerlagig product te bekomen.

PRODUCTIEVOLUME

In tegenstelling tot injection blow moulding, wat tot miljoenen eenheden per dag kan produceren, verloopt dit proces trager: het levert slechts 20 000 eenheden per dag op.

EENHEIDSPRIJS VS. INVESTERINGSKAPITAAL

Hoewel de werkingskosten slechts een derde zijn van het injection blow moulding procédé zijn de uitstelkosten nog zeer hoog.

SNELHEID

Ook hier is de snelheid afhankelijk van het gewicht van het deel.

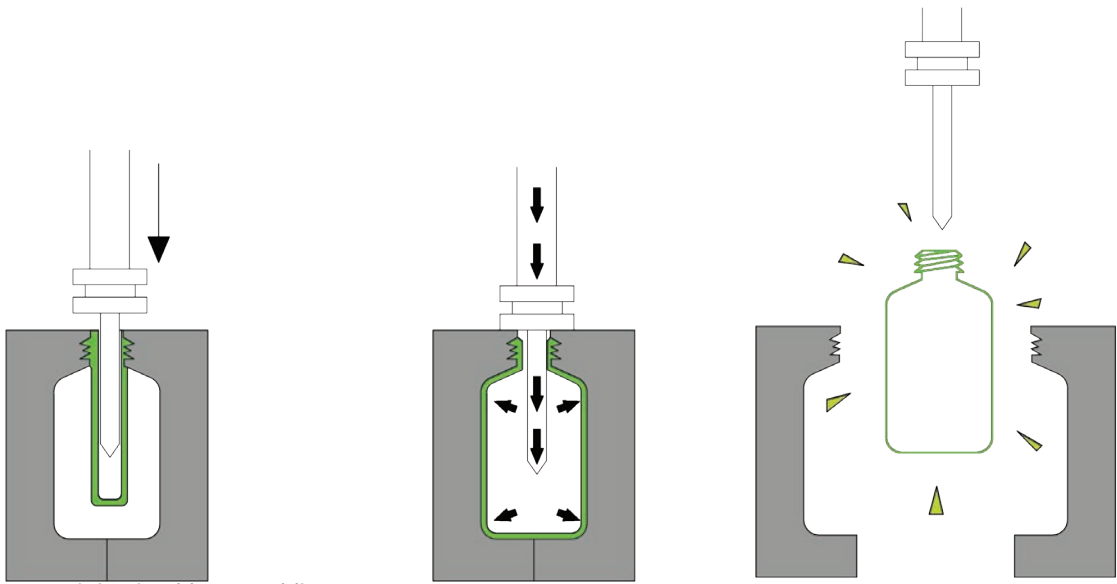
Een voorbeeld typische vijf-literfles kan geproduceerd worden aan een snelheid van 1000 eenheden per uur (1 machine met 4 mallen). Van een malgeblazen melkfles (zoals je ze in de supermarkt vindt) kunnen 2000 eenheden per uur worden geproduceerd.

OPPERVLAK

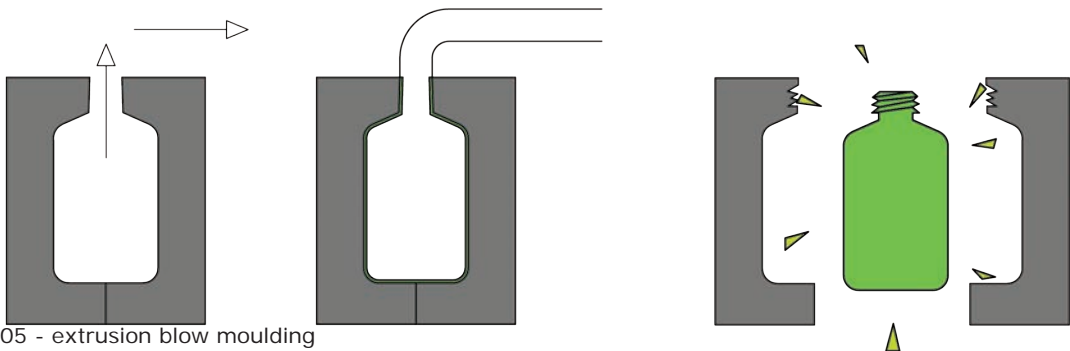
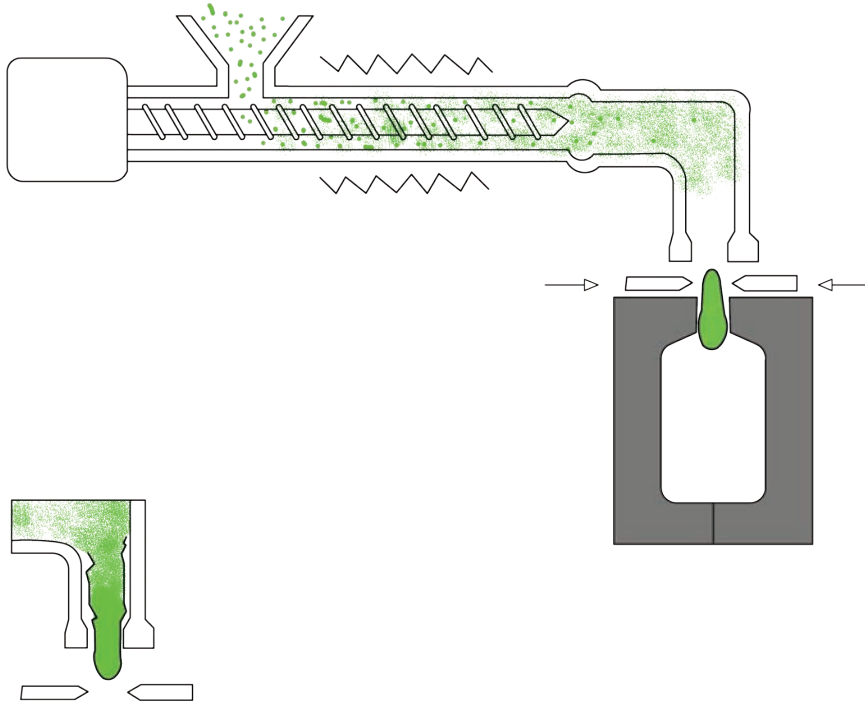
Excellente afwerking

TYPES/COMPLEXITEIT VAN DE VORM

Dit procédé is eerder geschikt voor de productie van grotere en complexere vormen dan 'injection blow moulding' zoals de geïntregeerde handvaten die typisch zijn



104 - injection blow moulding



105 - extrusion blow moulding

voor deze grootte van flessen, vaten (zeepflacons, oliekannen).

SCHAAL

Hoewel het ook gebruikelijk is voor de productie van shampooflessen in dit type van plastic mould blowing veeleer geschikt voor grotere toepassingen, nl. flessen van meer dan 500 ml.

RELEVANTE MATERIALEN

Polypropyleen (PP), polyethyleen (PE)

Polyethyleen terephthalaat (PET) en polyvinyl chloride (PVC)

VERGELIJKBARE METHODES

Injection blow moulding

Rotation moulding

+

-Zeer lage eenheidsprijs.

-Snelle productietijden.

-Geschikt voor grotere flessen (>500 ml).

-Vergelijkend niet 'injection blow moulding' is dit procédé.

-In staat complexere vormen te maken.

-Lagere werkingskosten dan injection blow moulding.

-

-Vraag naar grote aantallen is een economische vereiste.

04. Rapid Building: Toekomstmuziek of realiteit

1. Parametrische stenenwand door GRAMAZIO-KOHLER³¹

'De informatie van architectuur'

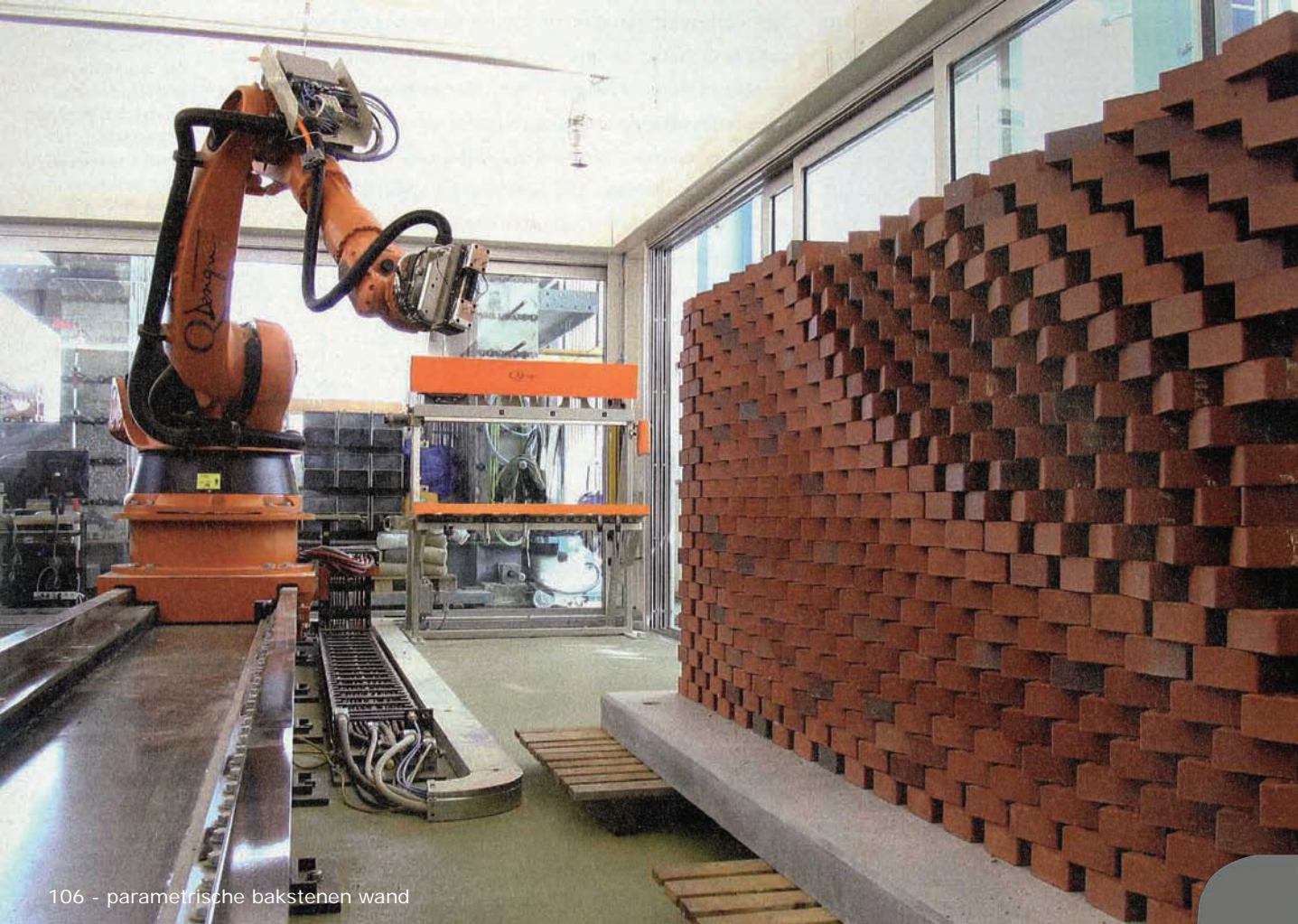
Door digitale fabricatie kunnen door de computer beschreven bouwdelen direct machinaal worden vervaardigd. Dit maakt het mogelijk, ontwerpgegevens in de vorm van data en procedures met de gebouwde architectuur samen te voegen. Hierdoor veranderen de productievoorzwaarden in de bouwwereld. Zoals elke technologische innovatiestoot in de architectuur, verruimt ook de digitale revolutie niet enkel het spectrum aan mogelijkheden, maar onderbouwt zij door haar specifieke wetmatigheden ook haar eigen esthetiek.

In het kader van een onderzoek aan de ETH Zürich zullen de mogelijkheden van het in elkaar overvloeien van data en materiaal en de daaruit ontstane wederkerige relaties tussen ontwerp en herstellmethodes onderzocht worden. Ze hebben het proces "Informierung von Architektur" genoemd. Om dit alles te kunnen onderzoeken hebben ze een productierichting geïnstalleerd. Op de basis staat een industriële robot. Deze beweegt zich volgens een lineaire as en heeft een reikwijdte van 3 m. Daardoor zijn massieve bouwelementen, één op één over een lengte van 8 meter te schikken. Het zwaartepunt van het onderzoek ligt in de additieve fabricatie van niet-gestandaardiseerde bouwdelen. Die kan, vereenvoudigd, als driedimensionale drukmethode voor bouwelementen opgevat worden.

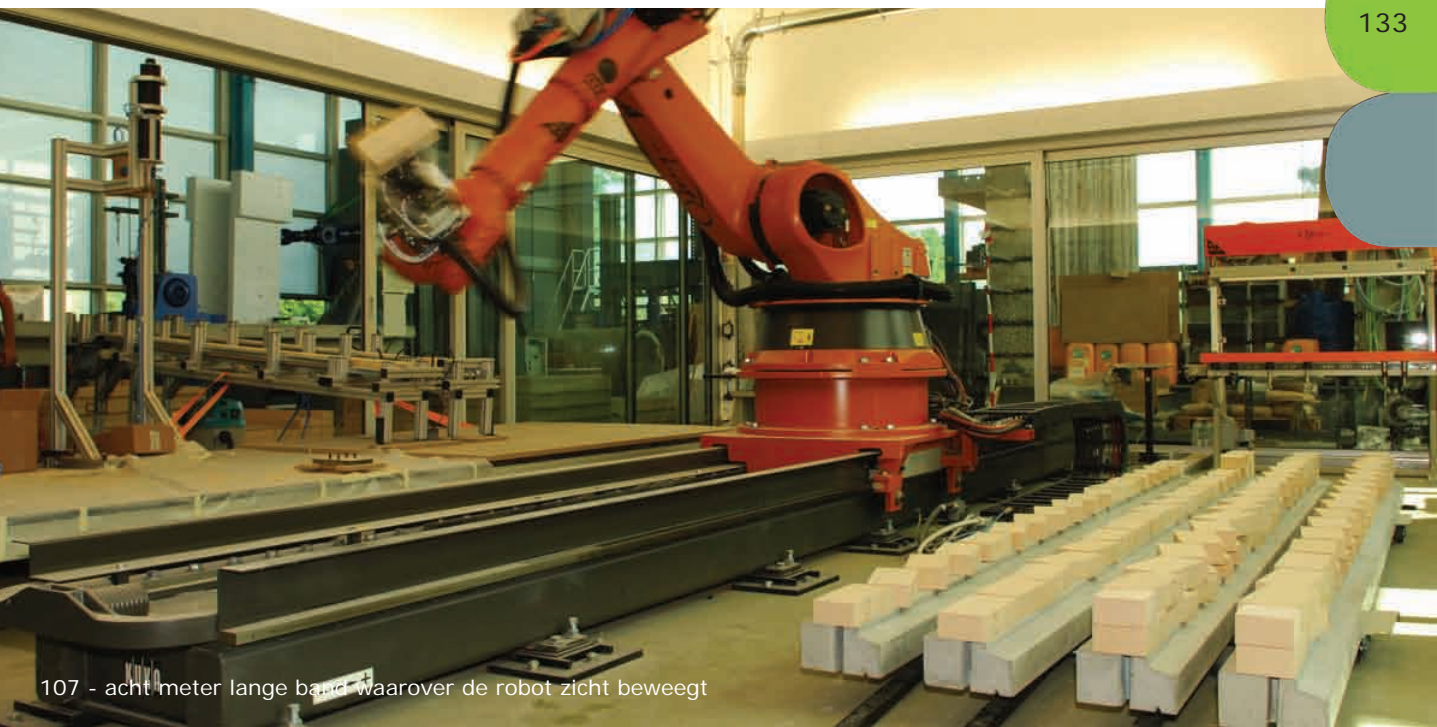
Het grote voordeel aan deze herstelltechniek is dat hij geen afval produceert. De bouwmaterialen worden gewoon opgenomen op de plaats waar ze geleverd werden.

Architectuur kan dan ook tot op de bodem van het materiaal "geïnformeerd" worden. Het interessante van dit

³¹ GramazioKohler: www.gramaziokohler.com, laatst geraadpleegd op 16 februari 2008.



106 - parametrische baksteen wand



107 - acht meter lange band waarover de robot zich beweegt

principe is de verwantschap met de meeste additieve, constructieve en materialisatieprincipes van de gebouwde architectuur.

“Die Programmierte Wand” kregen studenten Architectuur als opgave om een echte bakstenen wand van 3m lang bij 2m hoog te maken d.m.v. de robot.

Achter elk klassiek metselverband schuilt een eenvoudig algoritme.

De studenten konden zo criteria voor de opbouw opstellen, zoals de standvastigheid en de verbandwerking van een bakstenen wand. Uit deze criteria kunnen dan de regels voor de programmering van hun ontwerp afgeleid worden.

In tegenstelling tot de muur, speelt het voor de robot geen rol onder welke hoek hij een baksteen plaatst. Deze nieuwe vrijheidsgraad werd goed benut door de creatieve studenten.

Het resultaat van dit onderzoek, de reeks van gebouwde muren, geeft een nieuwe wending aan de meest archaische manier van bouwen, namelijk het stapelen van stenen.



108



109



110



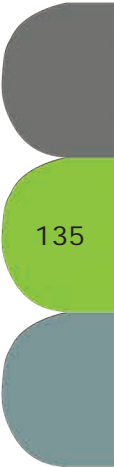
111



112



113



2. CONTOUR CRAFTING

Dit is een proces dat wel eens een revolutie zou kunnen teweegbrengen in de constructie-industrie. Dr. Behrokh Khoshnevis, van de University of Southern California, heeft een machine ontwikkeld die huizen kan printen. Hij stelt dat de manufacturing industrie zich continu heeft geëvalueerd sinds de industriële revolutie. De ontwikkelingen in de constructiemethodes daarentegen over dezelfde periode waren heel klein. Dit euvel wil Dr. Khoshnevis verhelpen en veranderen door het proces, dat hij 'contour crafting' noemt. Het gaat hem om een gevorderde manier van betonspuittechnologie. De machines, die het hart van de technologie zijn, gebruiken een methode om het beton te spuiten die vergelijkbaar is met deze die gebruikt wordt in inktjet printers en extrusie. In dit geval wordt de technologie echter op een veel grotere schaal gebruikt. De printkop kan zich in 6 assen bewegen en zo wordt het materiaal in lagen opgebouwd. Dit gebeurt op basis van CAD-tekeningen.

De print-spuitmonden die bevestigd zijn aan overhangend rijtuig transporteerd snel-drogend beton, dat wordt gevormd door een bijhorende truweel.

Een tweede toepassing van 'contour crafting' is dat het systeem de impletaties van leidingen, zowel voor elektriciteit, sanitair, verwarming als voor luchtkoeling-verwarming en ventilatie, toelaat binnen het proces zelf.

PRODUCTIEVOLUME

Het is een automatische bouwmethode. De gebouwen kunnen echter één per één worden opgetrokken.

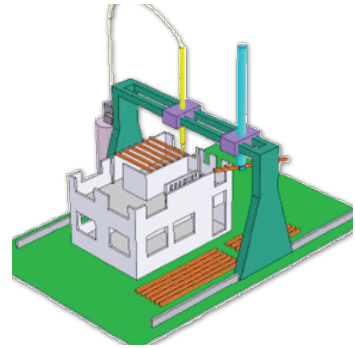
EENHEIDSPRIJS VS. INVESTERINGSKAPITAAL

Dr. Behrokh Khoshnevis stelt dat, wanneer een machine voor verschillende huizen kan worden gebruikt, de kostprijs van een gemiddeld huis zou dalen tot 1/4 à 1/5 van de conventionele prijs.

SNELHEID

Het bouwen van een huis met 2000 m² vloeroppervlakte, inclusief alle elektriciteit en alle sanitaire leidingen in minder dan 24 uur.

OPPERVLAK



114b - contour crafting

De afwerking van het oppervlak hangt af van het type truweel, dat een goede betonnen oppervlak produceert, een dat geen voorbereiding voor het verven vereist. Het verven zelf zou geïntegreerd kunnen worden in het print-proces.

TYPES. COMPLEXITEIT VAN EEN VORM

De vorm enkel beperkt door de gegeven CAD-tekening en de natuurlijke krachten die op gebouwen inwerken. Complexe organische vormen dus zijn zeker een haalbare kaart.

SCHAAL

Volgens Dr. Behrokh Khoshnevis is deze methode toepasbaar van een kleine woning tot een hoog torengedouw.

TOLERANTIES

De spuitkop kan in 6 assen bewegen en laat zeer hoge toleranties toe op een grote schaal.

RELEVANTE MATERIALEN

Beton, waaraan vezels, zand en grind kunnen toegevoegd worden.

TYPISCHE PRODUCTEN

Dit proces biedt een nieuwe manier van bouwen aan. Het kan toepasbaar zijn voor permanente gebouwen, maar ook ideaal voor tijdelijke gebouwen, in gevallen van uiterste noodzaak (oorlog, rampen, tijdelijke opvang...)

VERGELIJKBARE METHODES

Op deze schaal is dit proces uniek, maar qua methode is het vergelijkbaar met rapid prototyping.

+


- Snelle constructie.
- CAD gestuurd.
- Mogelijk gebruik te maken van lokale materialen als versterking van het beton.
- Kosten.
- Efficiënt.
- Geautomatiseerd proces.

-

-Staat nog in zijn kinderschoenen.³²

³² Contour crafting, www.contourcrafting.com, laatst geraadpleegd op 17 februari 2008.





Deel2: Case:
Proces van maakbaarheid vs. virtualiteit



01. Jeneverglas: proces van maakbaarheid vs. Virtualiteit

1. Voorontwerp

Bij de start van de thesis zijn we vertrokken met de idee om als case zelf iets te ontwerpen en dit uiteindelijk te laten maken. Daar ik niet onmiddellijk wist waar te beginnen heb ik eerst contact opgenomen met Dhr. Luc Vanlessen van Productdesign van KHLim MDA te Genk. Ik kreeg daar verschillende ontwerpen en producten te zien. De manier waarop deze ontwerpen tot stand kwamen was echter niet deze die ik voor ogen had. De studenten werkten veelal manueel. Rhinoceros, wat zich uitstekend leent tot het 3D-modelleren van organische voorwerpen, wordt er wel gebruikt, maar uiteindelijk moet er een maquette gemaakt worden en dit gebeurt nog steeds manueel.

Misschien was dit ook zo omdat er in Genk geen Rapid Prototyping toestel is. Rhinoceros laat echter het 3D-printen vanuit zijn software toe.

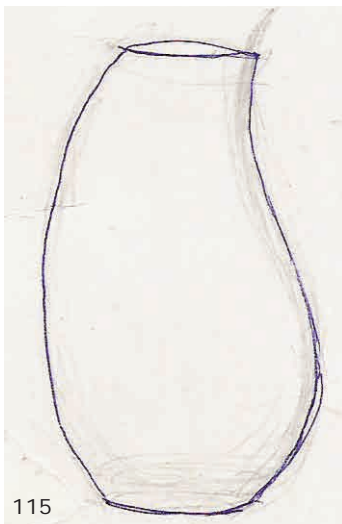
De vraag "Wat ontwerpen?" bleef echter bestaan. Ook in de vakantiemaanden, waar ik naast mijn vakantiewerk in Peer, ook het project van de staalbouwwedstrijd moest uitwerken, bleef ik zoeken naar het antwoord.

Tot ik op zeker ogenblik een bericht te lezen kreeg, waarin stond dat de stad Hasselt een wedstrijd uitschreef voor een nieuw borrelglas.

Ik zag hier wel iets organisch uitgroeien.

In voorontwerpfase, zocht ik naar elementen die typerend waren voor jenever. Allereerst was dit het graan, waaruit de jenever wordt gestookt. De graankorrel is dus de basis van het product.

En wat was typisch voor het gebruik? Hasselaren noemen een glaasje jenever vaak "een witteke" of nog: "een drupke". Hierdoor kwam al snel het idee om een vorm te ontwerpen die de beweging van een druppel verpersoonlijkte, die je tracht te drinken, en tegelijk een vorm die gelijkenissen vertoonde met de vorm van een graankorrel.



Doordat het ontwerp begin oktober al ingediend moest worden, samen met een prototype of de vermelding van een glasblazer dat het maakbaar was, startte ik half september met het modelleren van het glaasje. Op aangeven van een bevriend informaticus die meer in de mechanische industrie vertoeft, ging ik te rade bij specialisten in het glasblazen, namelijk het Glazen Huis in Lommel.

Ik stuurde Jeroen Maes, de coördinator van het Glazen Huis, een e-mail met mijn ontwerpschetsen en enkele renders.

De organisatie binnen het Glazen Huis eiste veel van zijn tijd, en zijn advies van uitvoerbaarheid kwam net te laat.

Dit was een van de redenen waarom ik het ten slotte niet heb ingediend voor de wedstrijd. Desondanks, zag ik hierin wel een case uit groeien.

Hierna heb ik de vorm nog wat uigezuiverd.

2. Prototype³²

De volgende stap was het maken van een dummy of prototype. Binnen de associatie uH-Xios-PHL zagen we de kans om dit te laten produceren bij Xios, waar dhr. Andy Camps verantwoordelijk is voor het gebruik van de Rapid Prototyping toestellen.

Eind juni vorig jaar hadden we reeds een bezoek gebracht aan dhr. Camps.

Op 5 december hadden we opnieuw een afspraak. Dus met een klein hartje naar de Xios waar meneer Knapen en ik dhr. Camps gingen overtuigen om in de toekomst het ontwerp te printen door middel van rapid prototyping.

Wat echter onze verwachtingen ver te boven gingen was dat hij ons vertelde dat hij het wel eens naar de printer wou sturen. Dit resulteerde in een adembenemende en bijzonder leerrijke dag.

Gegeven was een max-bestand gemaakt in 3dsmax 9 32 bit, d.m.v. polymodelling. In max was het voorwerp ongeveer 6 cm hoog, met het idee dat het een volume zou hebben van om en bij de 3 cl. Omdat het script nog niet zo ver gevorderd was, had ik naar de binnenkant toe, met behulp van shell 2 mm dikte toegekend.

Vervolgens had ik Dit naar een STL-bestand geëxporteerd. Door middel van dit bestand kan je eender welke vorm van rapid prototyping aansturen.

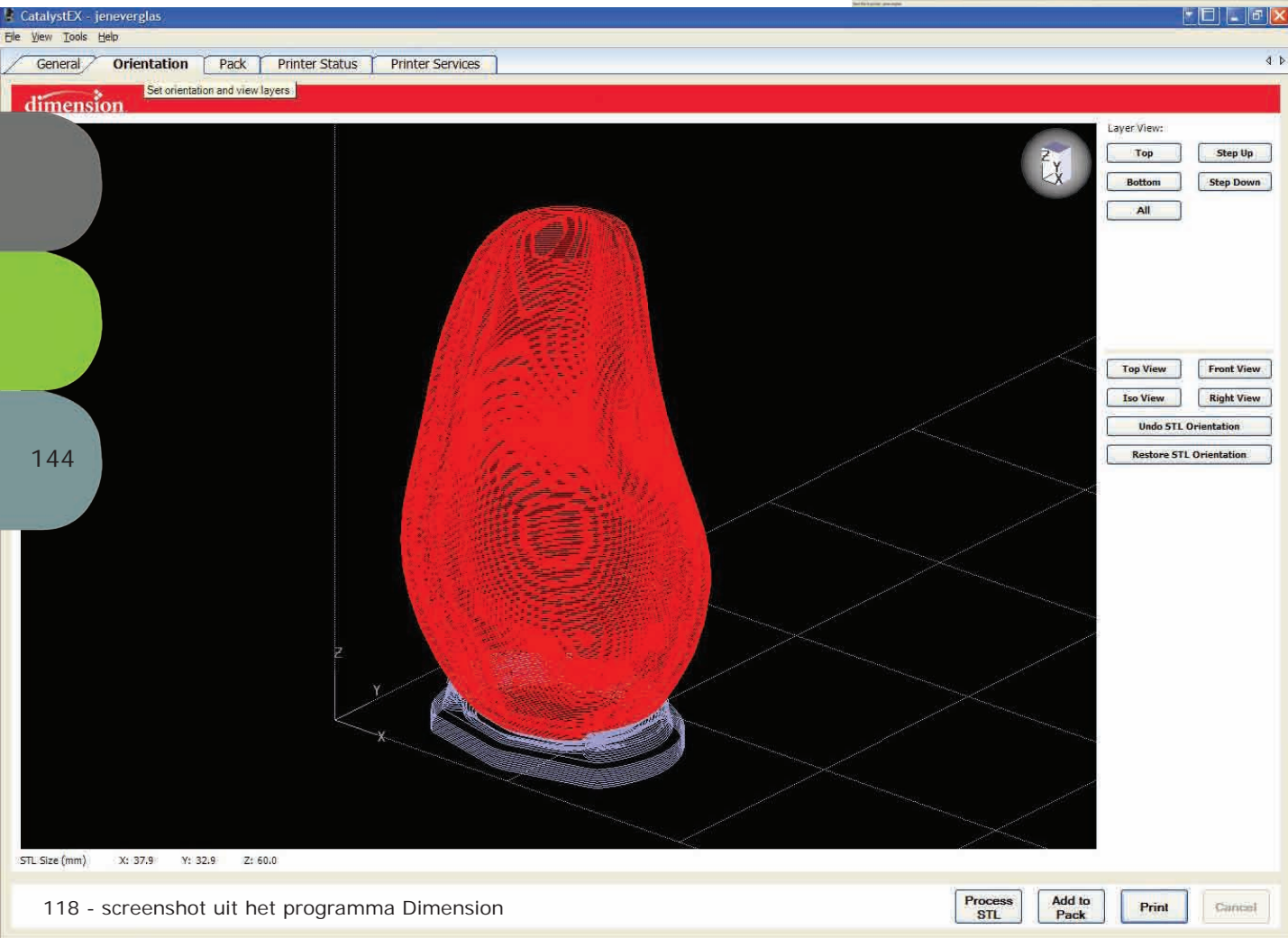
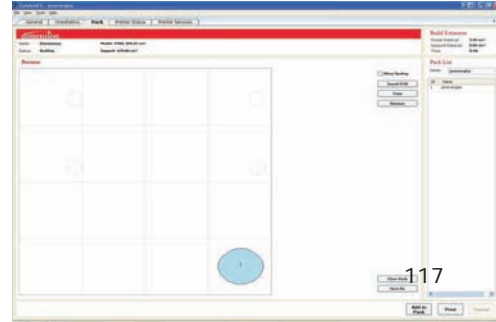
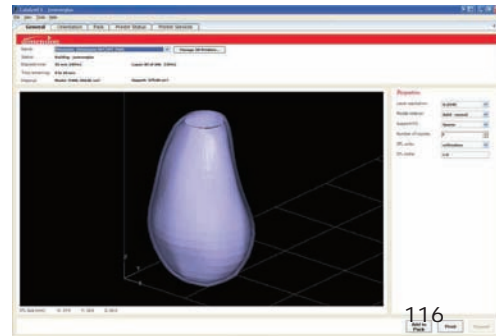
Het eerste softwarepakket, bestuurd de Z-Corp-rapid prototyping-machine. Die heeft gipspoeder als vulmateriaal en een lijmachtige substantie als bindmiddel tussen de verschillende lagen. Binnen dit softwarepakket werd het 3D-object goed gelezen. Totdat meneer Camps echter de secties ging bekijken. Hij kan per laag kijken wat de prototypingmachine zou printen. Maar in deze modus gaf het programma niks weer, m.a.w. het object had

³² Prototype van het jeneverglasje: met dank aan Andy Camps van de Xios Hogeschool.

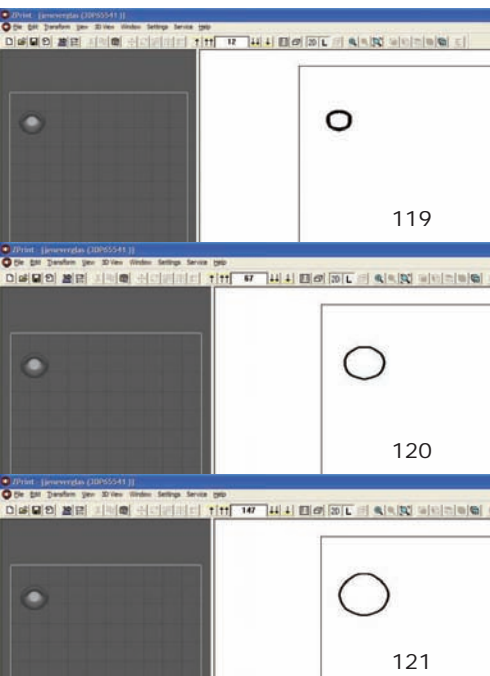
nauwelijks dikte, was alleszins te dun om te printen. In het andere softwarepakket Dimensions, dat specifiek is voor stereolithografie machines, werd wel een dikte erkend, maar slechts een laag die te dun was om kwalitatief te zijn.

Ik heb ter plaatse snel in 3ds max de shell 3 maal verhoogd naar respectievelijk de zagezegde 6 mm. Dit werd d.m.v. een STL echter nog niet beter gelezen door Z-corp.

Hier heeft meneer Camps een trucje moeten toepassen, namelijk de STL in Solidworks in te laden en het daar weer op te slaan in een VMRL file. Bij het inladen van een STL in Solidworks kan men nl. kiezen hoe men het inlaadt, als solid of als surface. Wetende dat de Z-corp-software beter reageert op solid objects, werd deze dus



118 - screenshot uit het programma Dimension



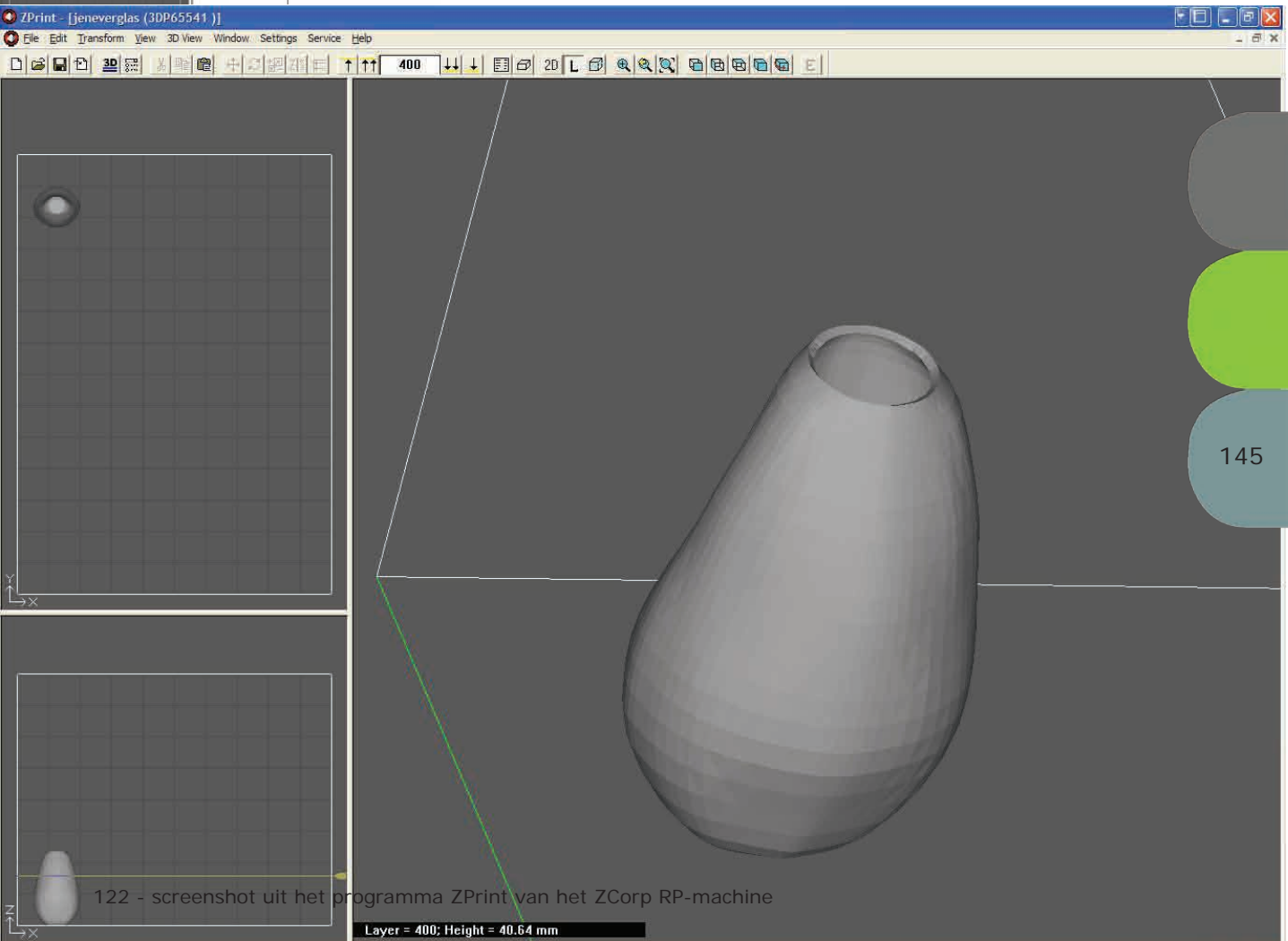
als solid in Solidworks ingeladen.

De bekomen VMRL werd dan weer ingeladen in de Z-corp software en voorbereid op de printopdracht. Snel controleerde men of er op de secties wat te zien was. En ja, inderdaad.

Bij de andere software werd gewoon de STL gebruikt. Deze werd doorgestuurd, maar meneer Camps was vergeten de printer voor te bereiden. Daardoor moesten we het proces stopzetten, daarna de printplaat installeren en de machine opnieuw aanzetten. Ten slotte moesten we de printopdracht opnieuw versturen.

Deze machine heeft echter de zeer lange opstarttijd [toch wel 20 à 30 minuten] als nadeel.

De andere machine start bij het verkrijgen van de printopdracht haast onmiddellijk met de productie. Tenminste: indien hij reeds zuivere printkoppen heeft, indien



122 - screenshot uit het programma ZPrint van het ZCorp RP-machine

Layer = 400; Height = 40.64 mm

het gipsniveau is bijgevuld en egaal en stofvrij is. Deze machine start met een lijmlaag, waarna de arm naar links gaat waar het tafelblad met gipspoeder een tiende van een mm is gestegen en de printarm met een aftrek-beweging het gips meetrekt naar het andere platform, waar het gips in aanraking komt met het bindmateriaal en een reactie aangaat. De arm gaat bijvullen en komt in het naar links gaan weer een laag lijm spuiten om daarna weer gips te gaan bijhalen. Dit verhaal wordt zo nog 591 keer voor de evenveel aantal lagen herhaald.

Terwijl de printer Z-Corp al aan laag 150 zit, was de andere klaar met de opwarming. Dit toestel moet nl. altijd rond de 70 graden zitten.

Na de opwarming begint die met het printen van het bruine brossse materiaal, dat zorgt voor de stabiele ondergrond waarop het object wordt geprint. Het is de koppeling tussen printplaat en voorwerp.

Wanneer deze bruine brossse lagen klaar zijn, start de machine met de lagen in ABS, een stijf, wit materiaal. Van dan af duurt dit proces ongeveer 45 minuten.

Waarna een korte afkoeltijd hoort en het object van de printplaat verwijderd kan worden. Hierna wordt ook het bruine materiaal van het eigenlijke object afgebroken.

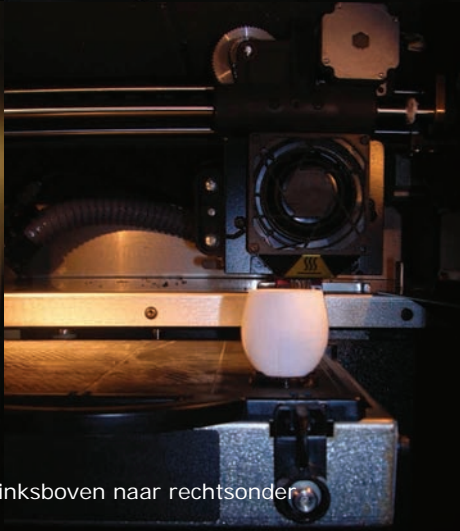
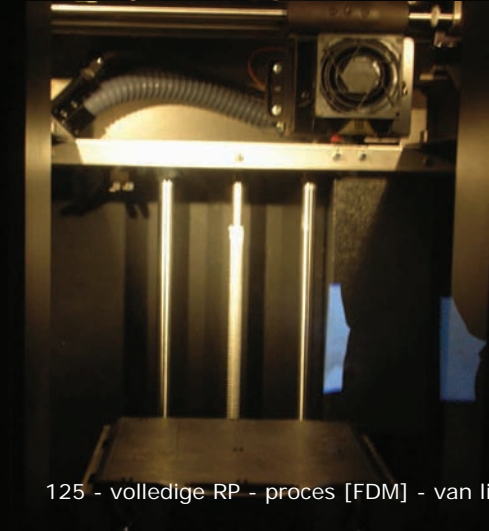
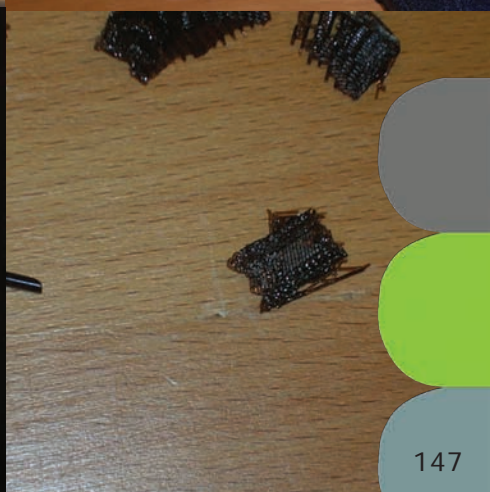
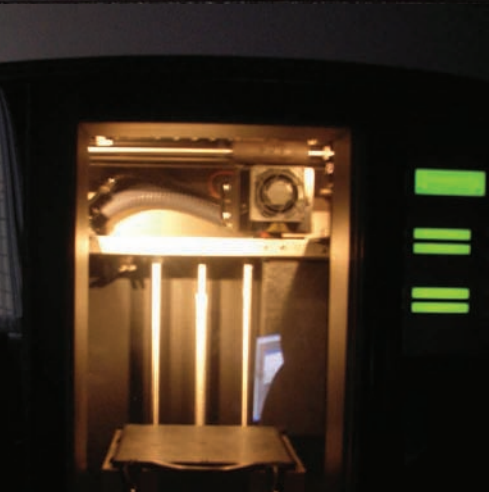
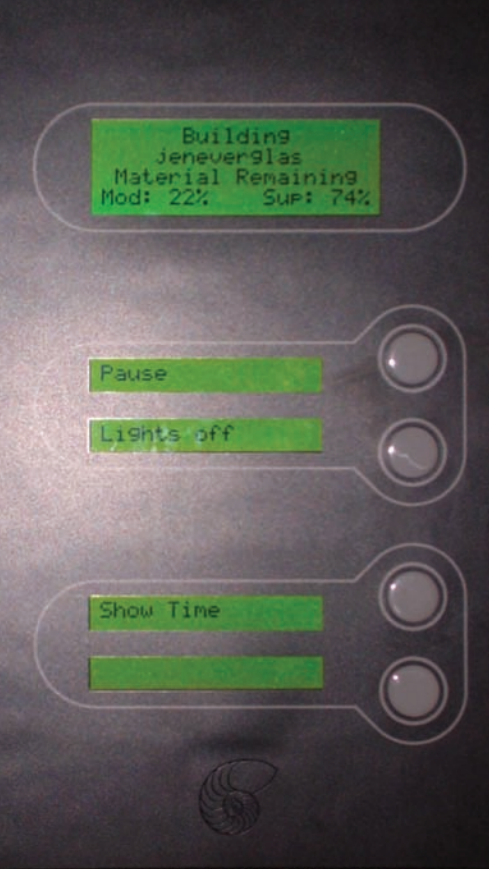
Na ongeveer een kwartier was ook de vorm in Z-corp klaar. Deze moest ook nog afkoelen en rusten o.w.v. de bindingstijd.

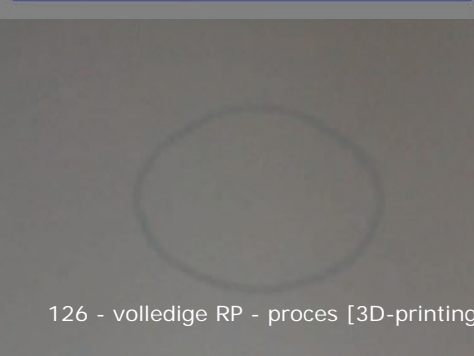
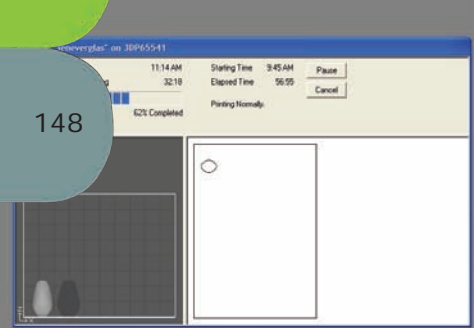
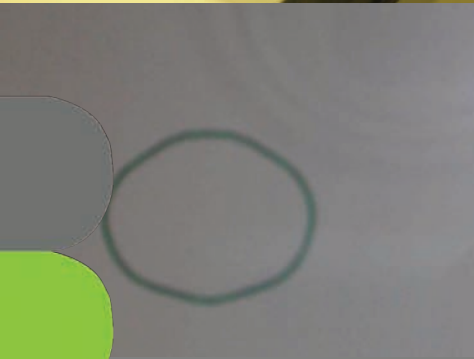
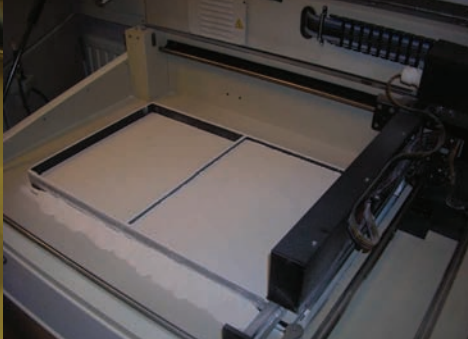
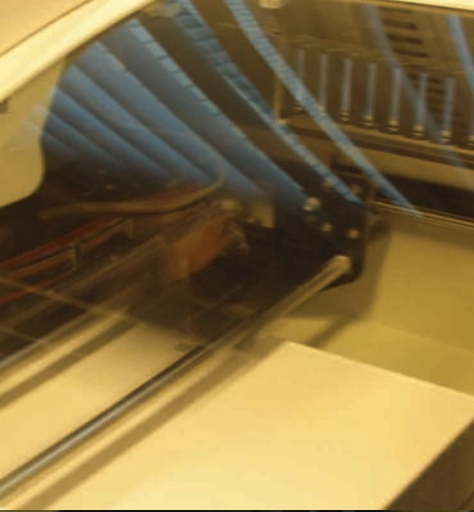
Hierna werd het gipspoeder in de nabije omgeving van het object opgezogen door een mini-afzuiginstallatie, die tegelijk het poeder recycleert. Tot het object volledig vrij was en het als een broos leeggeblazen vogelei kon opgepakt worden om het dan een tijdje verder te laten uitharden.

[In feite heeft meneer Camps nu nog even wat afgeblazen, zelfs even geborsteld, maar eigenlijk moet men het prototype zeker een uur laten rusten]

Enkele uren later gebeurde de nabewerking, de binnenkant werd proper geblazen. Het glaasje werd met een







148



penseeltje wat afgestoft.

Daarna werd een bad klaargemaakt op basis van secundelijm op basis van cyaanacrylaat³³. Dit ging zeer vlug. Zelfs één handschoen van de twee werd mee verlijmd.

Nu is het wat wachten op een chemische en thermische reactie. Wanneer de print quasi droog is [reageert met het watergehalte in de lucht, blazen!], worden de handschoen en de overige handschoenstukken manueel met een stanleymes verwijderd.

Het hele glaasje wordt opgeschuurd, eerst met een grof schuurpapier, daarna nog eens met een fijner [korrel 1000]. Zo bekomt men een glad, afgewerkt product.

De groene kleur die hiervan het resultaat was, was niet voorzien. De oorzaak moesten we zoeken bij het exporteren van Solidworks in een VMRL-bestand. Dit bestandstype onthoudt namelijk de kleur in zijn codering. We hadden dit kunnen voorkomen door in de software van de Rapid Prototyping machine de kleur op monochroom te zetten.

Geconcludeerd kan worden dat qua productietijd voor kleine dingen de FDM sneller is. Voor grote, complexe dingen stijgt echter de uitvoeringstijd van de FDM zinderogen. Hiervoor is de Z-corp een ideaal toestel. Naar nabewerking vereist de Z-corp evenwel veel manueel werk. Men moet het object laten drogen, proper maken, laten drenken in secundelijm, drogen, schuren, en eventueel opspuiten met lakverf [acryl]. Het drenken is een lastige karwei. Sinds kort is er gelukkig een nieuw gipspoeder op de markt dat bindt met water. Hierdoor zou je geen handschoenen meer nodig hebben, het model blijft aan niets vastkleven, het brengt geen stank voort, het is ook veiliger en het is veel goedkoper.

Want omwille van de kleine hoeveelheid gipspoeder, bepalen de secundelijm en vooral de arbeidsuren de groot-

³³ cyaanacrylaat: Dit is echter een gevaarlijke stof. Wanneer deze in aanraking komt met water, vormt er zich waterstofcyanide. Dit is een stof die zorgt bij inname voor de aantasting van het zenuwstelsel, met de dood tot gevolg.

te van de kostprijs.

Het model in ABS is goedkoper, omdat er amper arbeidsintensief werk aan te pas komt. Het kost ongeveer € 2,2 enkel aan materiaal, omdat het slechts om 2 cm³ aan ABS ging. Bij complexere 3D-prints is het verwijderen van het ondersteuningsmateriaal moeilijker en wordt er gebruik gemaakt van een soort frituurolieketel, waarin het model wordt opgewarmd tot het de brosse materialen smelt.

Bij beide modellen zie je echter nog de facettering van het model, hoewel er in max een meshsmooth³⁴ als modifier is gebruikt.

Volgens dhr. Camps is deze facettering weg te werken door gewoon het aantal faces [vlakken te verhogen]. Daardoor maak je het oppervlak egaler, de krommes worden niet meer gehakkeld. Hierdoor zal je wel een zwaarder bestand krijgen, maar met een esthetisch mooier resultaat.

Dit model moet echter beschouwd worden als een prototype in het ontwerpproces. Hieruit kan ik concluderen dat het object een grotere stabiliteit moet bekomen, en dat de bodem verdikt zou moeten worden, waardoor het niet meer wankel staat.

Ook de mondompening van het glas moet misschien herzien worden. Deze is met zijn 12 mm toch wat aan de kleine kant.

³⁴ meshsmooth modifier: Een modifier of handeling van een oppervlak in 3ds max, die zorgt voor het glad trekken van de

3. Contacten voor de fabricatie

Volgende stap is het aanhalen van de contacten voor de emanufacturing van het eigenlijke product.

Daar we eind juni vorig jaar de heer Pierre Lefebvre bezocht hadden op zijn onderzoeksterrein, de afdeling PMA van de burgerlijk ingenieurs werktuigkunde, nam ik opnieuw contact met hem op. Zijn onderzoek was echter afgelopen en hij moest enkel zijn doctoraat nog voorleggen. Voor wat het vijf-assig frezen betreft, raadde hij me Krist Mielnik van Sirris aan, doordat binnen de afdeling PMA geen specialisten op het gebied van het frezen meer waren.

Ik nam dus contact op met de heren Krist Mielnik en Peter Ten Haaf en ging wat later op bezoek.

Ik liet daar de prototypes en het computermodel in 3ds Max zien. Zij wilden me helpen en beloofden het te zullen frezen. Sirris is namelijk bekend o.w.v. de verspaningstechnologie.

Ik kreeg daar een rondleiding, waar ik enkele multi-assige frezen heb gezien, zowel de 'gewone' 3-assige, alsook de 5-assige. Maar het nieuwste, en een van de weinige exemplaren in België, was een 9-assige frees, dit is eigenlijk een combinatie van de techniek van een 5-assige frees en een draaibank. Ook heb ik enkele toepassingen gezien waarmee ze zelfs meegedongen hebben voor een element dat in de ruimtevaart gebruikt zou worden. De geëiste nauwkeurigheid [een duizendste van een mm] hebben ze echter niet gehaald. Ze kwamen uit op het dubbel, wat nog ontzettend goed was voor die toepassing.

Daarna heb ik een bezoek gebracht aan het Glazen Huis in Lommel, waar Jeroen Maes coördinator is. Die bracht me in contact met een glaskunstenaar, die gespecialiseerd is in laboratoriumglaswerk.

Wat betreft de mal, opteerde hij voor grafiet, omdat je dit materiaal het gladste kan afwerken, en het resultaat een mooie glooiende vorm is. Ook kan de glasblazer



altijd ingrijpen mocht er een ontluchtingsgat te weinig zijn. Grafiet is eenvoudig te bewerken, door middel van schuurpapier, boor ...

Metaal zou ook kunnen, maar was minder flexibel naar nabewerking door de glasblazer zelf.

Wat betreft hout, had hij schrik voor de vezels, omdat het glaasje klein en delicaat was. Het grote voordeel zou de bewerkingsmogelijkheden zijn tijdens het proces. Ik verzekerde hem echter van de freeskwaliteiten van Sirris.

Een volgende eis was dat de pen-en gatverbinding van de twee malhelften goed moest zijn, liefst een conische verbinding, zodat de twee delen bijna vanzelf in elkaar zouden vallen.

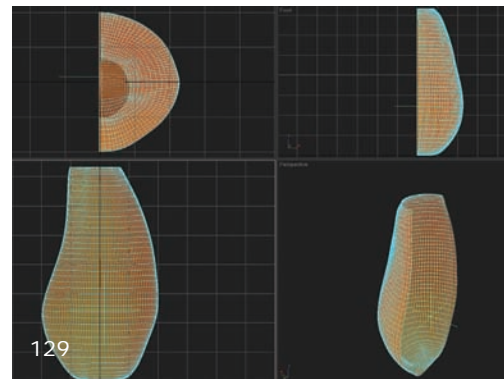
4. Model optimaliseren voor productie

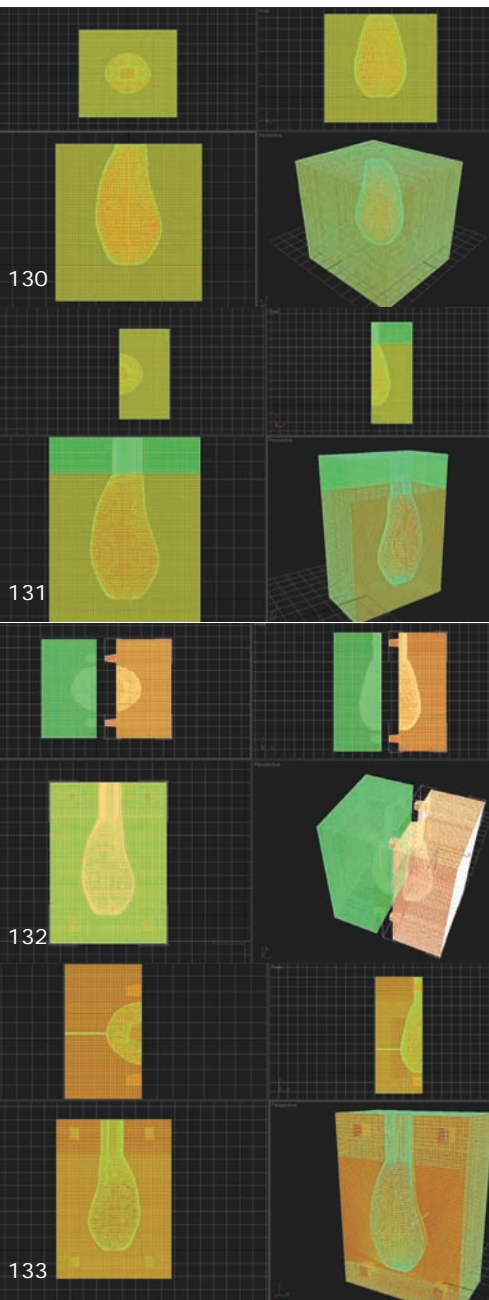
Na de verkregen informatie kon ik terug voor de computer plaatsnemen om de tweedelige mal te modelleren. Dit vergde meer werk dan verwacht. Ook dit heb ik in 3ds Max gedaan, omdat het glaasje er al in stond. De bedoeling was het in Solidworks te maken, maar er waren problemen in de overdracht van het 3D-model van 3ds Max naar Solidworks. Gevolg was het modelleren van een mal in een software die niet ontwikkeld is voor dergelijke toepassingen.

De manier waarop ik de mal in 3ds Max gemodelleerd heb, is de volgende:

Ik halveerde het model van het glaasje. Dit halve jeneverglas liet ik d.m.v. booleaanse operaties aftrekken van een balkvorm, de massieve blok. Doordat ik een enkele mesh van een solid vorm aftrok, waren er altijd problemen met de gesloten edges. Dit kon ik controleren d.m.v. de STL-check modifier binnen 3ds Max. Daarna repareerde ik manueel alle niet-gesloten punten en lijnen.

Zodra ik één helft af had, kon ik die spiegelen en bekwaam ik dus een tweede. Daarna modelleerde ik op de





ene nog 4 piramidale pennen en trok deze van de andere helft af.

Deze vormen sloeg ik apart op en exporteerde ze elk afzonderlijk als STL en VMRL. Ik laadde nog even deze bestanden in Solidworks en sloeg ze op als IGES, omdat Krist Mielnik zulks gevraagd had.

Toen hij het bestand echter opende, vormde er zich een probleem. Hij vond het te groot in verhouding tot het model. De oorzaak zat hem in de facettering van de STL die opgeslagen werden in een IGES. Mocht ik de mal gemaakt hebben in Solidworks, dan was dit niet zo zwaar geweest. Maar dan had ik de vorm niet moeten modelleren met behulp van vlakken zoals in 3ds Max, maar wel door het gekromde oppervlak te vormen door de splines³⁵ te tekenen die de secties van de vorm zouden weergeven. Het gevolg zou een mooier gekromd oppervlak gegeven hebben, waar de freesbanen uit dezelfde vorm logischerwijze af te leiden waren geweest.

Maar doordat het ontwerp in 3ds max werd gemaakt, wou ik ook achterhalen in welke mate we iets kunnen produceren door gebruik te maken van deze software. Solidworks blijft een pakket dat bedoeld is voor de veel-er mechanische ontwerpwereld en voor de productiewereld.

Deze test zal dus uitwijzen of de kwaliteit die wij voor ogen hebben ook verkregen kan worden door een directe shortcut van 3ds max via STL export naar een freesprogramma als PowerMill. Is dit niet zo, dan weten we dat een tussenstop via Solidworks noodzakelijk is.

Uiteindelijk heeft meneer Mielnik gebruik gemaakt van de STL-bestanden om zijn freesbanen te genereren. Hij had echter schrik voor de oppervlakte-kwaliteit van de mal, doordat de facetten van het oorspronkelijke model uit 3ds Max mee overgedragen zouden worden in het freesproces.

35 spline: curve, kromme



134 - rechterhelft van de tweedelige mal



135 - linkerhelft van de tweedelige mal



5.Keuze materiaal van de mal

Na een kort gesprek met Jeroen Maes werd uiteindelijk beslist om met ongehard staal te werken. Aluminium zou een te groot risico vormen daar het materiaal zou reageren op de hoge temperatuur en de temperatuurschokken tussen de oven en het atelier.

Hout had een optie kunnen zijn, maar omdat het omwille van het machinaal frezen om droog fruithout³⁶ gaat, was er kans op vervorming van de mal en als dusdanig ook, van het model.

Daardoor werd er geopteerd voor staal. Het zou geen verschil uitmaken of dit gehard of ongehard staal zou zijn. Het frezen van gehard staal is wel een kostelijk werk, om wille van de grotere slijtage van de freestools. Als we ons dan realiseren dat er een groot percentage aan materiaal weggehaald moet worden, komen we op een hoge kostprijs. Resultaat is de keuze voor ongehard staal.

36 Fruithout wordt vaak gebruikt als materiaal bij malblazen. Hierbij gaat het om nat hout, hout dat dus pas gekapt is. Deze mallen worden meestal manueel gemaakt, dit ook omdat glasblazen nog een sterk ambachtelijk karakter heeft. Het enige grote productieproces van glasblazen zijn de flessen.

Andere materialen voor mallen zijn klei, plaaster [gips], staal [uiteraard worden deze mallen altijd gemaakt door gebruik te maken van frezen, draaibanken..

6. Uitvoering mal - computermodel

Bij Sirris wordt er gekozen voor UHB11³⁷ als materiaal. Dit is ongehard staal³⁸.

Naar uitvoering zal de mal ten op zichte van het computermodel lichtjes veranderen. Tussen idee en praktijk is er nog een verschil.

Zo zal voor het ontluchtingsgat, langs de holle zijde aan de binnenkant, het gaatje met diameter 1mm, 5mm diep worden uitgeboord. Langs de vlakke zijde, de buitenkant wordt het ontluchtingsgat, tot op die 5mm met diameter 3mm uitgeboord, wat eenvoudiger is, en wat tot minder slijtage leidt van het gereedschap.

De pen-en gatverbinding moet conisch of piramidiaal van vorm zijn zodat die gemakkelijk in mekaar past, ondanks de temperatuurfluctuaties. Doordat een piramidale vorm leidt tot moeilijker frezen, kans op botsingen, zullen de pen-en gatverbindingen veranderd worden in een conische vorm, met een hellingsgraad van ongeveer 5%, en een hoogte van 5 à 6 mm hoog. Anders zou de machine veel te veel materiaal moeten wegnemen.

Het blokje wordt eerst voorbereid, dit wil zeggen, het blokje wordt eerst op maat geslepen uit een groter blok.

Hierna tekent meneer Mielnik op het geleverde STL-model, de banen. Die worden uiteindelijk de freesbewegingen die uitgevoerd zullen worden op dat blokje staal.

Richtanalyse %	C	Si	Mn	S
DIN-norm	0.5	0.3	0.6	0.04
Werkstoff-Nr.	1.1730			
Leveringstoestand	ca. 60 - 75 kg/mm ²			

UHB 11 is een eenvoudig te bewerken koolstofstaal.

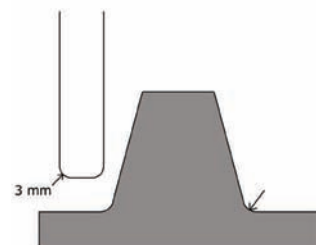
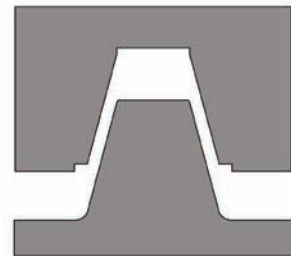
Kenmerkende eigenschappen:

- Goed te bewerken
- Redelijk slijtvast
- Goed mechanische sterkte

UHB 11 is in beginsel bedoeld om te worden gebruikt in leveringstoestand (natuurhard). Warmtebehandelingen dienen uitsluitend te worden uitgevoerd voor speciale toepassingen.

Toepassingen:

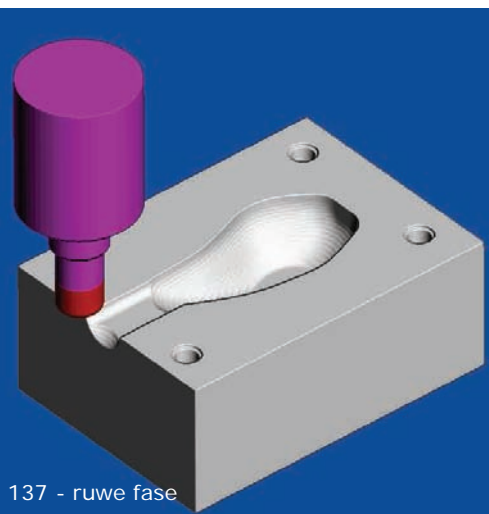
- Houders voor ponsgereedschap
- Matrijshouders
- Geleideplaten
- Steunplaten
- Sjablonen
- Opspangereedschap
- Eenvoudig buiggereedschap
- Eenvoudige konstruktiedelen



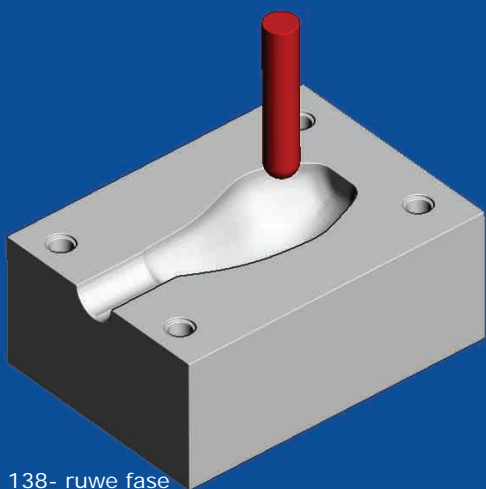
37 UHB11: is een eenvoudig te bewerken koolstofstaal.
C = 0.5% Si=0.3% Mn=0.6% S=0.04%

38 Staal is eigenlijk ijzer met een laag koolstofgehalte. Ijzer met minder dan 1,9% koolstof wordt staal genoemd. Constructiestaalproducten zoals plaat, profielen en ook betonstaal bevatten zeer weinig koolstof; het percentage ligt bij de producten globaal tussen 0,1% en 0,2%. Deze lage percentages koolstof geven de nodige taaiheid. Iets hogere percentages verhogen wel de sterkte, slijtvastheid en hardheid van een staalsoort maar maken het staal brosser en verminderen de lasbaarheid en de smeedbaarheid. bron:

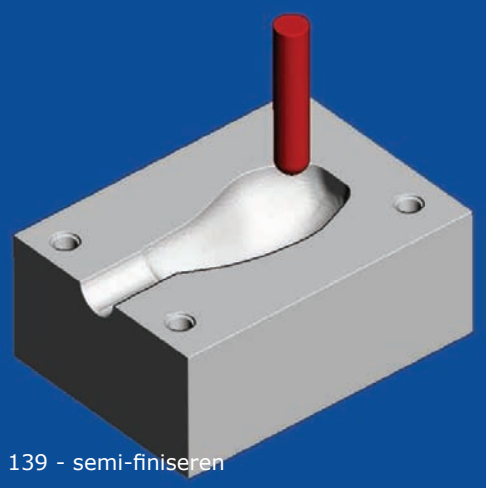
M.W. Verver,; Materiaalkunde.



137 - ruwe fase



138- ruwe fase



139 - semi-finiseren

De fabricatie van de mallen verloopt in verschillende fasen:

1. Ruwe fase
2. Semi-finiseren
3. Finiseren

Deze zijn onderling nog op te delen in verschillende stappen.

1. Ruwe fase

- a. Torische frees 16 mm cornerradius 3
- b. Nabewerking met een bolfrees 12 mm. Deze kijkt naar de vorige banen³⁹, zodat zo weinig mogelijk lucht-bewegingen maakt. De banen van dit proces baseren zich op de banen van het vorige proces.

2.Semi-finiseren

- a. Near the shape, kort bij het afgewerkte vorm. Veiligheidshalve blijft er nog een beetje extra materiaal, ten opzichte van het computermodel, hangen. Na deze fase wordt er eerst gekeken of het model al dan niet al voldoende afgewerkt is. Zo niet, is er nog een afwerkingsfase, de finiseerfase.

3.Finiseren

Hier gaat met nog eens met een bolfrees over het model. Men kijkt naar de vorm van het jeneverglasje, en gaat die nog eens volledig frezen. Hierdoor worden alle kleine, vergeten deeltje weggeveegd. Na deze fase kan de mal als afgewerkt beschouwen.

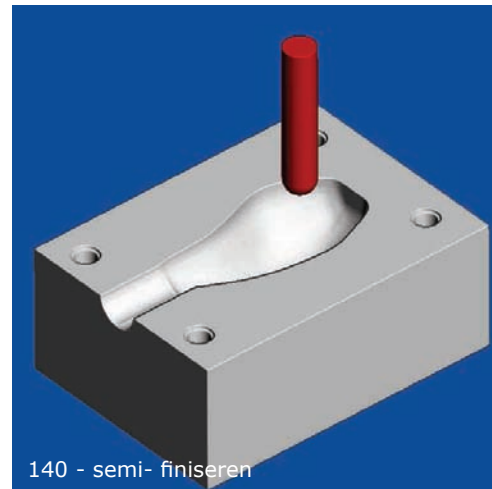
De kwaliteit van het oppervlak is zeer goed, het heeft namelijk door deze laatste fase een zeer glas oppervlak bekomen.

Op de pen-gat verbinding zit een zeer kleine speling. Deze fout komt doordat Krist in de plaats van mijn piramidale verbindingen, conische afgeknotte kegels heeft geplaatst. Er is tijdens het programmeren evenwel een

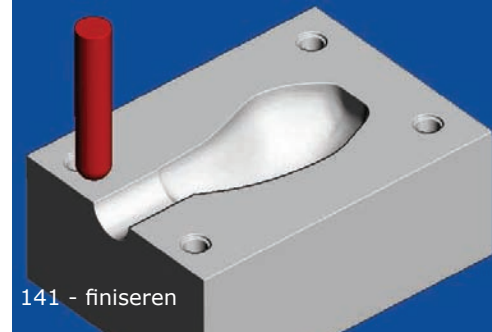
³⁹ banen: Dit zijn de af te leggen trajecten van de frees over het oppervlak. Dit moet een enkele curve zijn, zonder een onderbreking. Elke onderbreking of snijden met een andere baan leidt tot botsingen.

kleine fout binnengeslopen. Wat ik niet wist bij het ontwerpen wat dat piramidale deeltje moeilijker te frezen zijn, het vraagt meer programmeer en instelwerk. Een conische vorm is rond en laat hierdoor de freesbewegingen beter toe.

Om zo'n vorm te programmeren naar de CNC-machine, moet men voor elke verschillende geometrie binnen diezelfde vorm, een andere strategie kiezen. Zo zal met wat de organische vorm van het glaasje betreft, de banen zo tekenen dat de frees draaiende bewegingen maakt. In tegenstelling tot de inblaasmond die cilindrisch is, waardoor de frees eerder horizontaal op en af bewegen. Dit opsplitsen in verschillende delen, doet men natuurlijk om botsingen⁴⁰ te voorkomen.



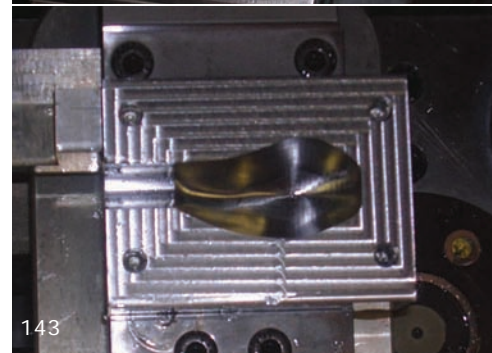
140 - semi- finiseren



141 - finiseren



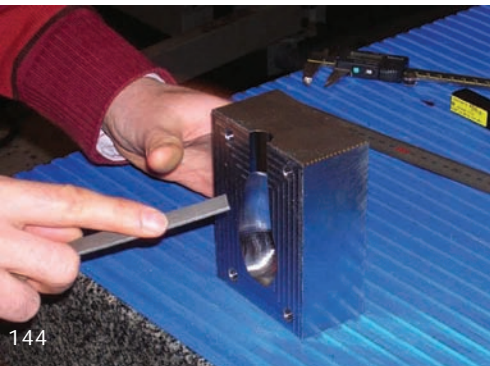
142



143

FICHE van de vijfassige frees die de tweedelige mal heeft

40 Botsingen, is wanneer de banen waarop de frezen zich voortbewegen botsen met elkaar. Het proces stopt op dit punt.



gefreesd.

HERMLE C800U

Kenmerken machine:

Maximaal toerental: 16.000tr/min

Werkgebied 800mm x

600mm x 500mm

Vermogen aan de spil 15kW

Nuttige koppel (bij 1100 tr/min) 130 Nm

Ijlgang X/Y/Z –as 35 m/min

Freeshouder HSK 63A

Gereedschapsmagazijn 30 posities

Klemsysteem opspantafel System 3R

3D elektronische meettaster Heidenhain

Besturing Heidenhain

TNC 430

Online-Offline programmering

Inzet machine

5 assig geïndexeerd frezen

-haalbaarheidsstudies

-afnamestukken

°definitie vormgeving en bewerkingsvolg-

orde

°analyse nauwkeurigheid

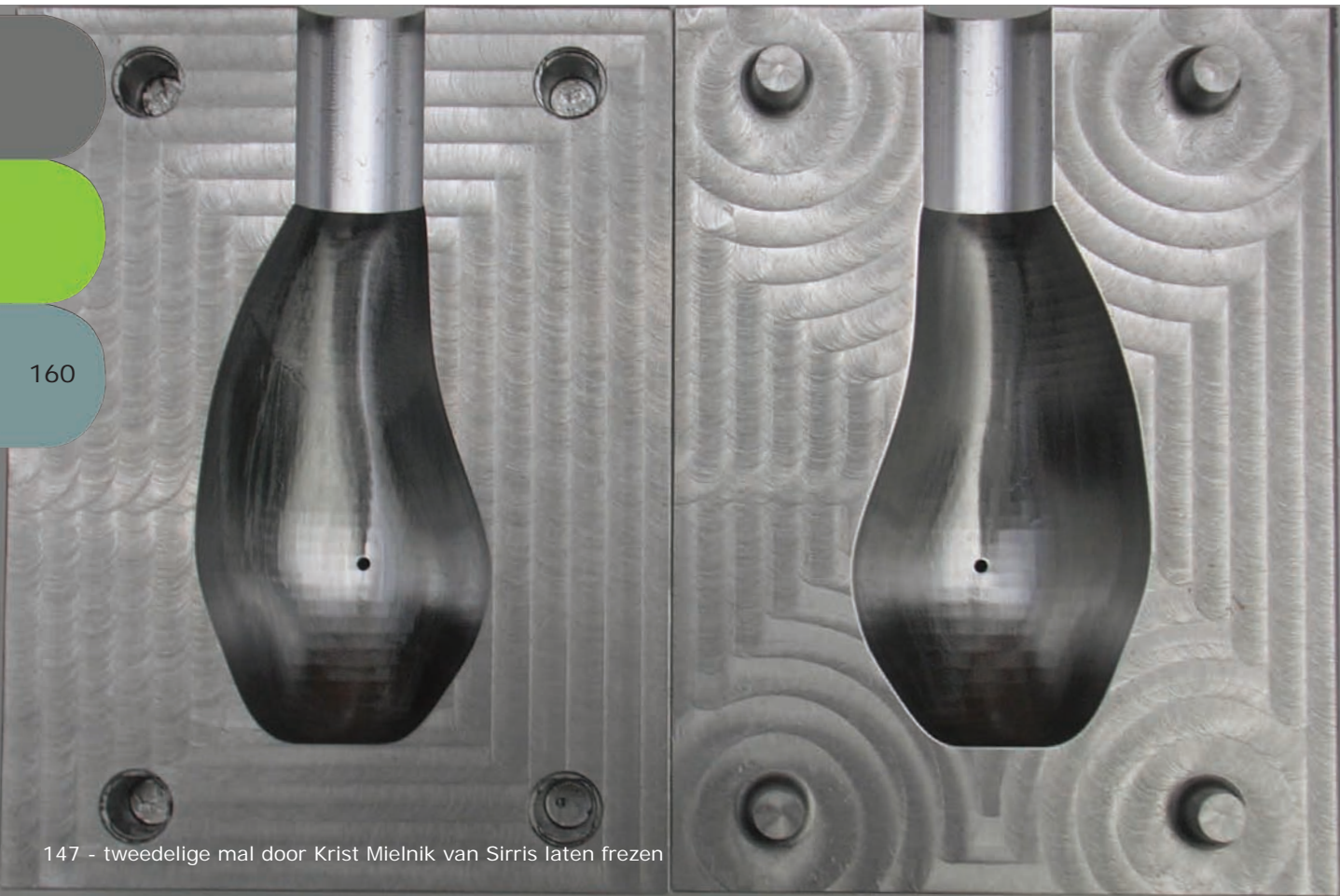
5 assig simultaan frezen

-haalbaarheidsstudies

-afnamestukken

Studie naar implementatie van 5 assig frezen

Prototypes



7. Productie in glas



In een volgende fase stappen wij met de tweedelige mal naar het Glazen Huis in Lommel. Daar zal een glasblazer, die gespecialiseerd is in laboratoriumglas, dit glaasje produceren. Dit glaasje wordt dus uit hetzelfde glas gemaakt als de labo-flesjes of als dit glazen schoentje.

Voor glasblazen worden drie ovens gebruikt. De eerste, de smeltoven⁴¹, bevat het gesmolten glas dat dag en nacht op 1120° verhit wordt.

De tweede oven is de inwarmoven⁴², die gebruikt wordt voor het heropwarmen van het glas tijdens het productieproces. De derde oven is de afkoeloven⁴³. In deze oven worden de geblazen objecten langzaam afgekoeld gedurende enkele uren of dagen [afhankelijk van de grootte en de dikte). Door dit gecontroleerd afkoelen worden de stukken 'ontspannen'. Doen ze dit niet, dan zullen de objecten barsten.

Het gereedschap.

Tot het instrumentarium van de glasblazer behoren blaaspijpen⁴⁴, punties⁴⁵, jacks⁴⁶, pincet, marver, houten vormblokken en –plankjes, en verschillende scharen.

Het proces.

1. Met een blaaspijp wordt het glas met een draaiende beweging uit de smeltoven geplukt.
2. Al draaiend wordt het vloeibare glas gecentreerd en gevormd op de marver [metalen plaat] of met natte houten lepels uit fruithout of met een natte krant. Door



41 Smeltoven Furnace 1120°

42 Inwarmoven Glory-hole 1000°

43 Afkoeloven Annealer 510°

44 Blaaspijp: Een lange, holle, metalen buis. Aan het einde wordt er het glas geplukt en langs het andere uiteinde wordt de lucht in het glas geblazen.

45 Punty: Een gesloten metalen staaf. Deze wordt gebruikt voor het overzetten van objecten, voor het aanbrengen van glas en voor het maken van presse-papiers en sculpturen.

46 Jacks: Pincetvormig instrument met lange benen waarmee het glas wordt ingesnoerd en gevormd.

de pijp wordt lucht ingeblazen in het vloeibare glas waardoor er een luchtbel ontstaat en het object groeit.⁴⁷

3. Door telkens meer glas te 'plukken' wordt de massa vergroot en kan de bel verder worden uitgeblazen.

4. Het glas wordt gevormd met een vochtige krant, met de marver of met de jacks. Vervolgens wordt er met de jacks een kerf gemaakt vlak achter het uiteinde van de blaaspijp. Op dit punt zal de vorm later van de blaaspijp afbreken. Eénmaal de vorm van het glas is bepaald wordt de bodem afgevlakt.

5. Als de vorm klaar is, wordt door een assistent met een klein stukje heet glas een stalen staaf [punty] tegen de bodem gekleefd. De glasblazer koelt de kerf en met een tik breekt de vorm van de blaaspijp af. De glasvorm wordt nu slechts gedragen door de punty. Dit overzetten gebeurt om het bovenste gedeelte van het object te vormen.

6. De opening van het object kan na opwarming afgewerkt worden. Met de jacks kunnen we de opening vergroten en met de sofietta kunnen we extra lucht in de vorm blazen.

7. Als het model klaar is wordt deze van de punty afgetikt en gaat het object de koeloven in.

Er bestaan verschillende mogelijkheden om patronen en kleur aan te brengen op of in het glas. De kleuren worden gemaakt met metaaloxides en zijn in verscheidene vormen te verkrijgen: staven, poeders, korrels. Via malen en gereedschappen kunnen verschillende patronen en vormen verkregen worden.



⁴⁷ Glasblazersbank: Dit is de werkbank waarop de glasblazer het object vormt. Op twee evenwijdige rails wordt de blaaspijp of de punty heen en weer gerold.

02. Parametrisch Jeneverglas

1. Scripting van het jeneverglaasje

De wedstrijd van Hasselt voor het ontwerp van een nieuw jeneverglaasje, leek me de ideale opdracht om het parametrisch ontwerpen voor de eerste keer uit te proberen.

Het is nu volledig gemodelleerd. Maar mijn ideeën reiken verder, en ik wil het geparametriseerd zien. In de begin stadia dacht ik dat het op deze manier moest. Niet dus. Ik zal deze vorm helemaal opnieuw moeten maken, maar nu door middel van scripting.⁴⁸

2. Parametrisatie

Het eerste idee was: men begint met een raster van punten. De buitenste punten van dit raster doet men snappen aan een curve die een doorsnede is van het glaasje op een gegeven hoogte.

Om alvast een basis van scripten in Max mee te geven, leg ik eerst een klein script uit, waar een stereotiep huisje uit voortvloeit.

In het script op de volgende bladzijden zie je dat ik het huisje beschrijf als een plugin. Het script wordt dan ook gekopieerd in de plugin map in de 3ds Max bestandsmap. Elke plugin heeft een nummer, zoals wij ook allemaal een rijksregisternummer hebben. Dit nummer is uniek, en wordt vanaf nu gekoppeld aan deze plugin.

In de parameterblok, beschrijf ik elk afzonderlijk de verschillende parameters.

In Rollout koppel ik deze parameters aan de schuifbalken die in de rechterkolom in 3ds Max zullen verschijnen en waarmee je de waarden van deze parameters kan ver-

⁴⁸ Andre Houdart en Kristiaan Van Weert spoorden me aan om mijn case te wijden aan scripting.

```

plugin simpleObject Huis
name:"Huis"
category:"Davy F-Objects"
classID: #(54321, 77)
(
  parameters main rollout:params
  (
    b      type:#float    ui:b      default:100
    l      type:#float    ui:l      default:100
    ha     type:#float    ui:ha     default:33.33
    haa    type:#float    ui:haa    default:66.66
    h      type:#float    ui:h      default:100
  )
  rollout params "Huis Parameters"
  (
    spinner b "Breedte" range:[-1000,1000,100] align:#right fieldwidth:60
    spinner l "Lengte" range:[-1000,1000,100] align:#right fieldwidth:60
    spinner ha "Hoogte 1" range:[-1000,1000,33.33] align:#right fieldwidth:60
    spinner haa "Hoogte 2" range:[-1000,1000,66.66] align:#right fieldwidth:60
    spinner h "Hoogte" range:[-1000,1000,100] align:#right fieldwidth:60
  )

on buildMesh do
(
  vert_array = #()
  face_array = #()
  vert_array[1]= [-b/2, -1/2, 0]
  vert_array[2]= [-b/2, 1/2, 0]
  vert_array[3]= [b/2, 1/2, 0]
  vert_array[4]= [b/2, -1/2, 0]

  vert_array[5]= [-b/2, -1/2, haa]
  vert_array[6]= [-b/2, 1/2, haa]
  vert_array[7]= [b/2, 1/2, haa]
  vert_array[8]= [b/2, -1/2, haa]

  vert_array[9]= [0, -1/2, haa + ha]
  vert_array[10]= [0, 1/2, haa + ha]

  -- build faces
  append face_array[1,2,4]
  append face_array[3,4,2]
  --
  append face_array[1,4,5]
  append face_array[8,5,4]
  --
  append face_array[8,4,7]
  append face_array[3,7,4]
  --
  append face_array[6,7,2]
  append face_array[3,2,7]
  --
  append face_array[1,5,2]
  append face_array[6,2,5]
  --

```

```

    append face_array[8,7,9]
    append face_array[10,9,7]
    --
    append face_array[5,9,6]
    append face_array[10,6,9]
    --
    append face_array[5,8,9]
    --
    append face_array[7,6,10]
    -- finished building faces
    --
-- create mesh with all these vertices and faces
setMesh mesh verts:vert_array faces:face_array

for i = 1 to mesh.numfaces do setFaceSmoothGroup mesh i 0

-- Set diagonal edges invisible so we have proper quads
for i = 1 to (12*8) by 2 do
(
    setEdgeVis mesh i 2 false
    setEdgeVis mesh (i+1) 1 false
) -- end for
) -- end build mesh

-- hierachter een bounding box die de build mesh omgeeft

tool create
(
    on mousePoint click do
    (
        case click of
        (
            1: nodeTM.translation = gridPoint
            3: #stop
        )
    )
    on mouseMove click do
    (
        case click of
        (
            2: (b = abs gridDist.x; l = abs gridDist.y)
            3: h = ha + haa = gridDist.z
        )
    )
) -- end on mouseMove
) -- end create tool
) -- end plugin

```

anderen.

Na deze inleidende regels kan ik eindelijk de vorm van het huisje zelf beschrijven. Ik heb hier geopteerd om elk puntje apart te beschrijven.

Eerst open ik een rij [zoals ik eerder heb vermeld bij het script van de parametrische toren in het hoofdstuk parametrisch ontwerpen]. Die vul ik met de data van de punten van het huisje.

Bv. `vert_array[1] = [-b/2, -l/2, 0]`

Dit is het eerste punt dat als X-coördinaat $-b/2$ heeft, als Y-coördinaat $-l/2$ en als Z-coördinaat 0.

Na deze lijst van punten, worden per drie punten vlakken gemaakt. Door middel van de scriptregel:

```
append face_array = [1,2,4]
```

Nadat alle faces zijn toegekend, wordt de mesh gecreëerd door:

```
setMesh mesh verts: vertices faces: face_array
```

In de scriptregels hierna zorg ik dat het beeld dat van de vlakken gegeven wordt in 3ds Max mooi egaal is, en dat de diagonalen onzichtbaar zijn.

Wat mij nu nog rest, is er voor te zorgen dat 3ds Max weet wat hij moet doen wanneer ik op de knop Huis klik en op mijn scherm klik met de muis.

Bij de eerste muisklik bepaal ik het eerste coördinaatspunt.

```
on mousePoint click do
```

Wanneer ik nu met mijn muis beweeg, terwijl ik mijn linkermuisknop ingedrukt houd, worden de b , l en h parameters bepaald door:

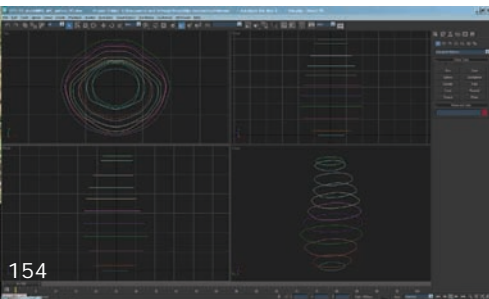
```
on mouseMove click do  
  Case click of
```

```
(
    2: (b= abs griddist.x; l= abs griddist.y)
    3: h= abs griddist.z
)
```

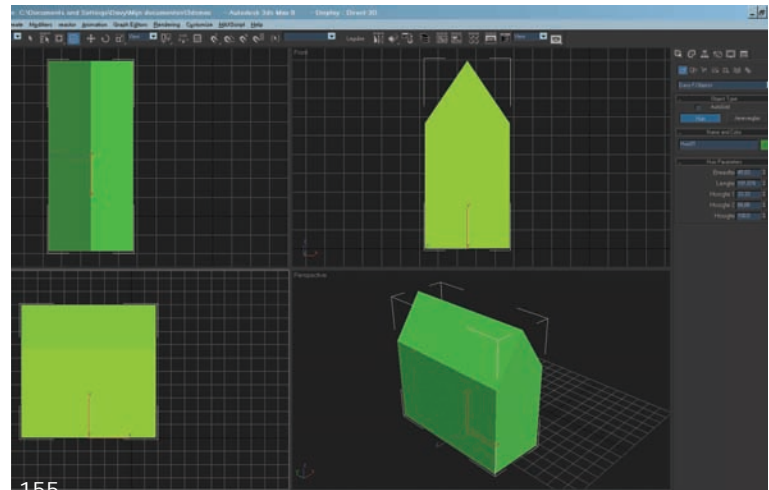
Dit kan opgevat worden als een standaardscript om een parametrisch element te tekenen. In dit geval is het huisje niet echt parametrisch, omdat er geen parameters ten opzichte van elkaar afhankelijk zijn, zoals dit wel het geval is in het script van de toren.

Om nu verder te gaan op het parametriseren van het glaasje, stoten we op het probleem van de curves, de doorsneden van het glaasje. Deze curves zijn niet uit te drukken in wiskundige formules. Waardoor het parametriseren van het glaasje moeilijk wordt.

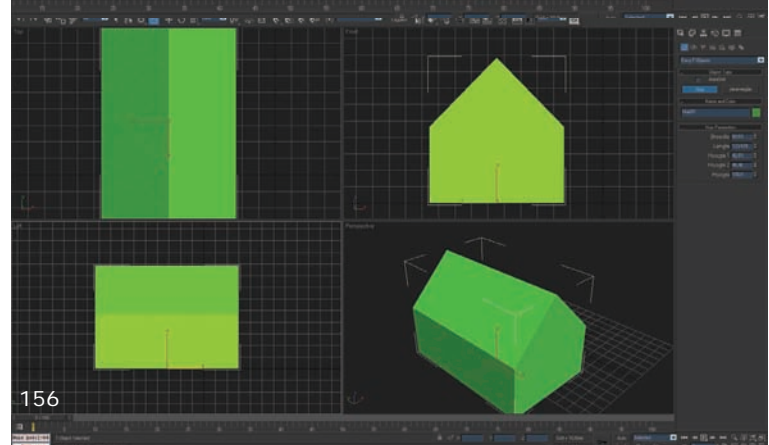
Ik heb er echter wel voor gezorgd dat deze doorsnedes, die de basis vormen voor het glaasje, keer op keer kunnen hertekend worden. Dit door middel van een script. Dit tien pagina lange script laat ik hier in verkorte versie



154



155



156

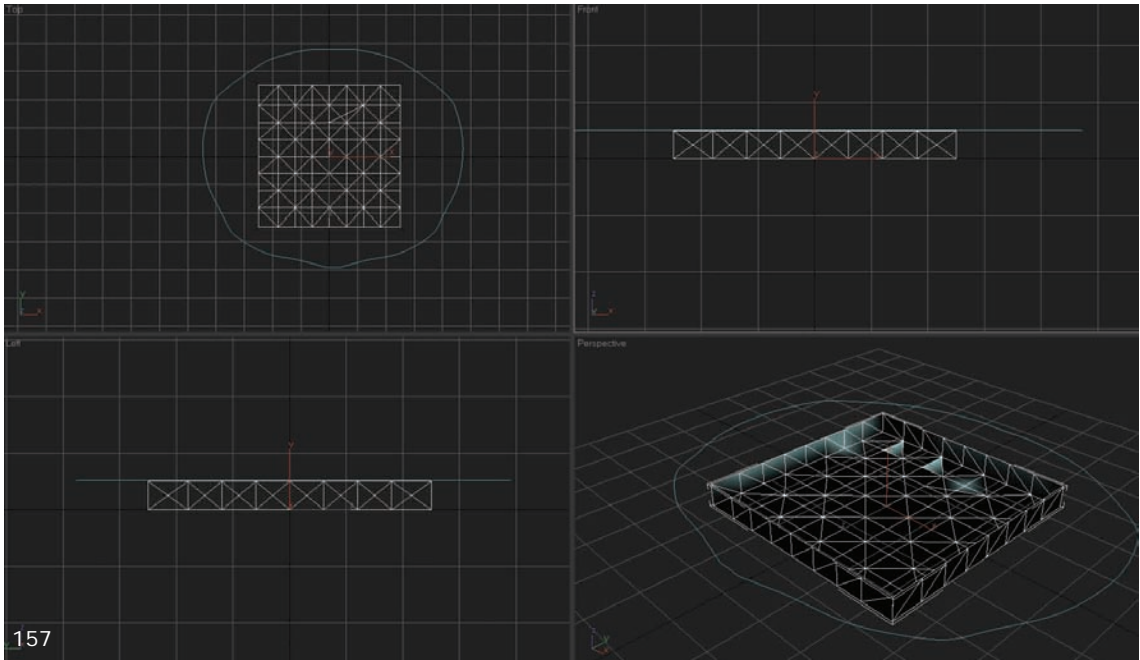


167


```

6452,-1.22664e-005] [3.9797,37.6452,-1.22664e-005];
    addKnot ln splIdx #bezier #curve [9.43911,37.6452,-1.22664e-005] [6.73828,38.
0413,-1.23954e-005] [13.8607,36.9969,-1.20551e-005];
    addKnot ln splIdx #bezier #curve [22.4792,34.5325,-1.12521e-005] [18.285,36.
0749,-1.17547e-005] [25.583,33.3912,-1.08802e-005];
    addKnot ln splIdx #bezier #curve [31.1267,29.6699,-9.6677e-006] [28.3395,31.
4496,-1.02476e-005] [33.4845,28.1645,-9.17716e-006];
    addKnot ln splIdx #bezier #curve [37.8856,24.6954,-8.0468e-006] [35.6839,26.
4211,-8.6091e-006] [39.1997,23.6654,-7.71118e-006];
    addKnot ln splIdx #bezier #curve [41.6659,21.4092,-6.976e-006] [40.5344,22.
637,-7.37607e-006] [42.658,20.3326,-6.6252e-006];
    addKnot ln splIdx #bezier #curve [44.2121,17.8305,-5.80991e-006] [43.7031,19.
2032,-6.25719e-006] [45.4814,14.4071,-4.69444e-006];
    addKnot ln splIdx #bezier #curve [46.9273,7.21911,-2.35228e-006] [46.4386,10.
8373,-3.53125e-006] [47.3454,4.12457,-1.34395e-006];
    addKnot ln splIdx #bezier #curve [-28.6267,29.6699,-9.6677e-006] [-30.9845,28
.1645,-9.17716e-006] [-25.8395,31.4496,-1.02476e-005];
    addKnot ln splIdx #bezier #curve [-19.9792,34.5325,-1.12521e-005] [-23.083,33
.3912,-1.08802e-005] [-15.785,36.0749,-1.17547e-005];
    addKnot ln splIdx #bezier #curve [-6.93911,37.6452,-1.22664e-005] [-11.3607
,36.9969,-1.20551e-005] [-4.23828,38.0413,-1.23954e-005];
    close ln splIdx;
    updateShape ln;
    convertToSplineShape ln;
    ln.wireColor = (color 28 149 177);
    ln.name = uniqueName "Lus01";
    select ln;
    return ln;
)
createLus01Shape()

```



Om nu de punten naar die curves [of lussen zoals ik ze noem] te verplaatsen, moet er een nieuw deel gescript worden. Daarin doe ik Max het eerder getekende object selecteren en daarvan de buitenste punten [vertex]. Deze selectie stop ik in een rij p. De curve noem ik Motif. In de eerste regel van de for loop⁴⁹, schrijf ik dat de geselecteerde punten [rij p] zich moeten verplaatsen naar het dichtstbijliggend punt aan de curve Motif.

```

select $Object01
obj1 = $Object01
$.EditablePoly.SetSelection #Vertex #{31..33, 40, 42, 49..51, 133, 136, 220, 226}
p = for i=1 to obj1.selectedverts.count collect obj1.selectedverts[i].index
Motif = $Lus01_offset04Shape

for i in p do
(
  polyop.setvert obj1 i (lengthInterp Motif (nearestPathParam Motif (polyop.getvert
obj1 i)))
  subobjectlevel = 1
)

X=0
Y=0
Z=0
for i=1 to p.count do
(
  X = X + p[i].pos.x
  Y = Y + p[i].pos.y
  Z = Z + p[i].pos.z
)
AvPos = [X/p.count,Y/p.count,Z/p.count]
Motif.pos = AvPos

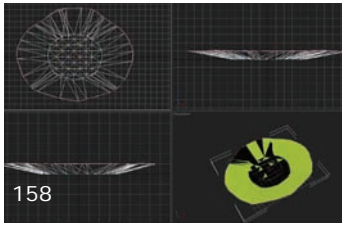
delete obj

```

De nieuwe positie van elk punt wordt daarna nog specifieker bepaald in de volgende for loop, waar ik punten hun nieuwe positie koppel aan de XYZ-coördinaten van de curve.

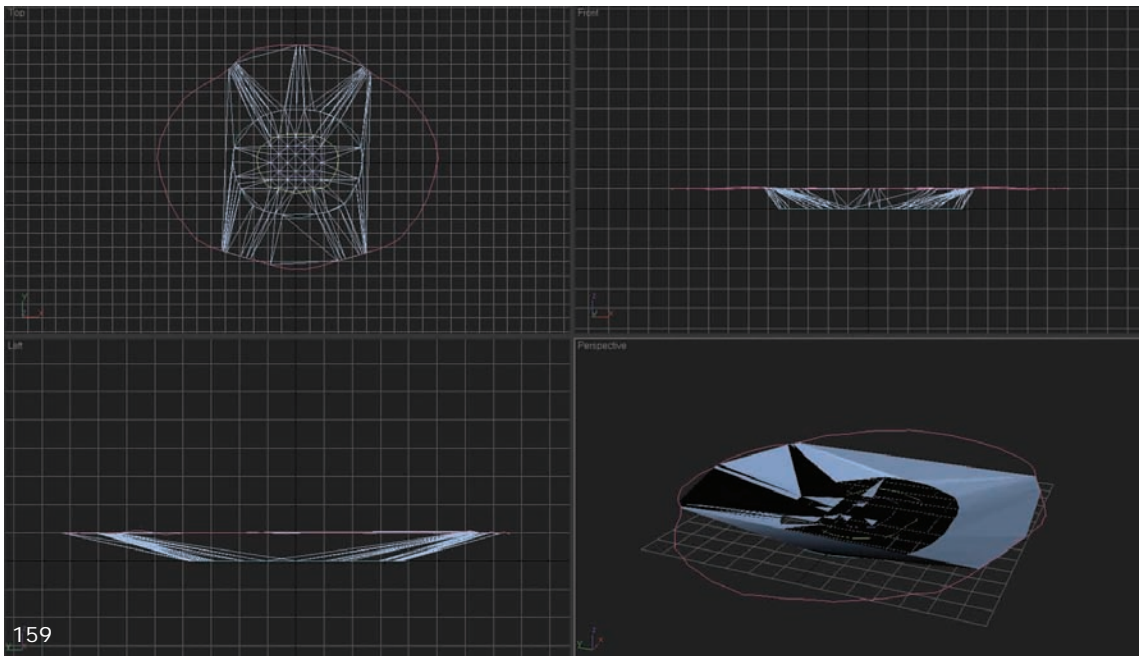
Kortom, in het eerste deel verplaats ik de punten naar een nieuwe positie, die ongeveer overeenkomt met de positie van de curve. Deze positie wordt achteraf in de tweede for loop verbeterd zodat het punt bovenop de

⁴⁹ for loop: bv. `for i = 1 to p.count do`



curve komt te liggen.

Zoals u in de afbeelding kunt zien, verplaatsen de punten zich naar de curve. Het probleem echter is dat de punten de kortste weg kiezen. Omdat de curven geen cirkels zijn, is deze kortste weg vaak verschillend. Hierdoor verplaatsen de punten zich op de manier die ik voor ogen had. Ik heb deze vraag meerdere malen op een het forum van cgtalk gesteld, maar spijtig genoeg kreeg ik geen passend antwoord.



Het tweede idee was om de punten van de curven zelf te gebruiken. Hierdoor worden die punten overgedragen aan de rij met punten waar later de mesh van het glaasje wordt van gemaakt.

Als je er nu van uit zou gaan dat alle curves hetzelfde aantal punten⁵⁰ zouden hebben, dan zou je met deze wetenschap een scriptje kunnen opstellen.

Bijvoorbeeld:

Je hebt 5 gesloten curves met telkens 10 knots, die elk op andere Z-hoogtes gelegen zijn. Het aantal vlakken zou dan $[5 * 10 * 2]$ zijn.

Het volgende scriptje heb ik echter nog niet kunnen toepassen, daar ik dit idee pas zeer recent heb gekregen.

```
f=1
for x=1 to 5 do
for y = 1 to 10 do
setface mesh f [x,(10+x), (10+x+1)]
setface mesh f+1 [(10+x+1), (x+1),x]
f = f+2
```

Het derde idee tracht van het model een databestand van punten te maken. Deze data kunnen in het script geïmporteerd worden.

Dit principe is te vergelijken met de methode van ONL bij de schil van de Helsing Cockpit en Geluidswal. Het probleem hier is dat ik de punten niet geparametriseerd krijg. Het importeren van de punten lukt wel.

Het eerste script genereert een data bestand van de coördinaten van de punten en de vlakken van het geselecteerde object.

Het tweede script is een klein deeltje van dat databestand.

En het derde script kan dat databestand lezen en weer omvormen naar de eigenlijke vorm.

50 De punten van een curve [spline] worden knots genoemd in 3dsmax.

```

tmesh = snapshotAsMesh selection[1]
out_name = ((GetDir #export)+"/halfjeneverglasmesh.dat")
out_file = createfile out_name
num_verts = tmesh.numverts
num_faces = tmesh.numfaces
format "%,%\n" num_verts num_faces to:out_file
for v = 1 to num_verts do
(
  vert = getVert tmesh v
  format "%," vert to:out_file
)
format "\n" to:out_file
for f = 1 to num_faces do
(
  face = getFace tmesh f
  format "%," face to:out_file
)
close out_file
edit out_name

```

3342,6480

```

[0.996118,3.92285,0],[1.72899,7.98867,0.588372],[2.7825,12.1733,4.36746],[3.76997,17.3542,13.1
41],[2.90209,3.87448,0],[4.20059,7.4644,0.560194],[4.91629,3.7986,0],[6.36708,6.54352,0.544713
],[8.82799,9.8492,3.8525],[5.64899,11.3752,3.95375],[6.69218,3.76352,0],[8.07633,5.57174,0.565
976],[11.7049,8.05655,3.97786],[9.43977,3.8243,0.52962],[9.34557,4.88433,0.723557],[13.2428,6.
16016,3.89844],[14.2101,4.25487,4.02478],[11.2163,13.4854,12.7884],[7.43744,15.9717,13.0005],[
15.1915,10.7205,12.8946],[17.6367,8.07985,12.8099],[19.2518,5.17336,12.6769],[0.625348,1.52731
,0],[2.22722,1.52974,0],[4.25618,1.51826,0],[6.42797,1.54867,0],[9.79715,1.60528,0.528058],[14
.7417,1.71755,4.30653],[20.1846,2.03948,12.6519],[0.394663,-0.519231,0],[2.02606,-0.528989,0],
[4.08408,-0.543315,0],[6.32905,-0.512553,0],[9.79671,-0.512007,0.528058],[14.7412,-0.717069,4.
30653],[20.2032,-0.751875,12.6519],[0.387067,-2.50315,0],[2.04399,-2.51638,0],[4.10841,-2.5315

```

```

vert_array = #()
face_array = #()
in_name = ((GetDir #export)+"/testmesh.dat")
in_file = openfile in_name
if in_file != undefined then
(
  num_verts = readvalue in_file
  num_faces = readvalue in_file
  vert_array.count = num_verts
  face_array.count = num_faces
  for v = 1 to num_verts do
  (
    vert = readvalue in_file
    vert_array[v] = vert
  )
  for f = 1 to num_faces do
  (
    face = readvalue in_file
    face_array[f] = face
  )
  close in_file
  new_mesh = mesh vertices:vert_array faces:face_array
)

```

De ontwerpers bij ONL hebben namelijk ook eerst een vorm gecreëerd, dit weliswaar in Rhino. Daarna is deze vorm, een dubbel gekromd oppervlak, geëxporteerd naar 3ds max. In 3ds max hebben ze zegge de vorm laten snijden met een raster. De snijpunten hebben ze op een dergelijke manier gescript zodat elk punt zijn positie bepaald ten opzichte van haar burens. Als er dus aan een punt getrokken wordt, zodat het van positie verandert, dan zullen de omliggende punten in een zekere verhouding meereageren en op hun buurt hun burens aanspreken.

Besluit

Laten we dan even terugkijken naar het ontwerp van mijn jeneverglasje. Er is dus een dubbel gekromde vorm ontstaan in 3ds max, de vorm van het jeneverglasje. In eerste fase heb ik op verschillende hoogtes secties gemaakt, waaruit gesloten curves zijn ontstaan. Deze curves of splines wou ik ook parametriseren zodat je van het model dat ik voor ogen had, ook bijvoorbeeld een type fluitglas kon maken.

Daarnaast moest het model ook verstelbaar zijn naar lengte, breedte en hoogte. Alsof dit alles nog niet genoeg was, was het volume ook een gevraagde parameter, zodat het jeneverglas van 3 cl plots een wijnglas of whiskyglas kon worden van 2 dl.

Het probleem bij het scrijpen was dat de inwendige typologie van splines niet compatibel is aan die van een mesh, het oppervlak. Ik trachtte maandenlang een mesh te vormen op basis van de knots. Dit wou echter niet lukken, zelfs de Masters in Maxscript, die ik consulteerde op verschillende fora, wisten er geen raad mee.

Nu echter denk ik dat ik het ook op een andere manier kan. Dit maal door elk punt zijn positie te laten bepalen door zijn burens.

Hieruit kan men besluiten dat het scripten meer vraagt dan enkele maanden toewijding. Allereerst moet je vertrekken vanuit een duidelijke strategie, een rode draad, die de basis kan vormen van het script. Daarna volgt het scripten zelf, wat een opeenvolging is van codes en vergelijkingen. Wat ik hier echter vergeet te zeggen, is dat het een juiste opeenvolging moet zijn. De kleinste fout wordt afgestraft en resulteert in een foutmelding, een kleine crash van 3ds max of gewoon niets.

Een bevriend student informatica beweert ook, dat bij het programmeren men vaak per twee werkt. Een iemand die continu programmeert en de ander die naast hem zit en continu de bugs eruit haalt. Dit zou leiden tot een zeer rendabele vorm van programmeren. Of dit haalbaar is binnen het vakgebied van architectuur, is zeker de vraag. Mijn interesse binnen dit vakgebied is echter dankzij deze thesis enkel groter geworden en ik raad daarom dan ook elke student aan om architectuur niet te eng te bekijken. Durf barrières en grenzen oversteken, denk grensoverschrijdend.

Ik heb dankzij deze thesis niet enkel veel bijgeleerd op het gebied van scripten, maar ook op het gebied van planning. Een juiste coördinatie en planning is haast even belangrijk als een goed 3D-model.

De lange zoektocht, die deze thesis was, het traject van de virtualiteit naar de maakbaarheid, zal hopelijk resulteren in de uitvoering van het jeneverglaasje. Mij rest nu enkel het geloof en de hoop op de creatie en realisatie van organische vormen in de toekomst.





