



### De computational method van Michael Hansmeyer

Het werk van Michael Hansmeyer bevindt zich op het snijvlak van architectuur, kunst en wiskunde. Hij werkt op het Zwitserse Instituut voor Architectuur in Zürich als 'computational' architect (Eidgenössische Technische Hochschule Zürich). Op de Papier Biënnale Rijswijk waren delen van zijn computational, dat wil zeggen door de computer gegenereerde, zuilen te zien. Het lukt hem om in een TED talk van twintig minuten de ingewikkelde technieken achter zijn fantastische constructies uit te leggen.<sup>1</sup>  
**Monika Auch**

## Antieke pilaren en algoritmische zuilen

1



Michael Hansmeyer (Bonn, Duitsland, 1973) is architect en programmeur. Hij heeft een MBA-diploma van Insead Fontainebleau en een MA van de Columbia University op zijn naam staan. Hansmeyer heeft bij gerenommeerde bureaus zoals McKinsey & Company, J.P. Morgan en Herzog & de Meuron architecten gewerkt. Hij combineert zijn inzicht in driedimensionale constructies met een verfijnd gevoel voor esthetiek. Blijkbaar spelenderwijs maakt hij in zijn hoofd de overstap van de platte computer interface met de constructietekeningen naar driedimensionale modellen. Volgens hem verandert de architectuur in de toekomst volledig: 'Met de grote, krachtige computers van nu is het mogelijk om virtueel zeer complexe vormen te ontwerpen. De uitdaging bestaat eruit om ze ook in materiaal te realiseren. In de toekomst zal algoritmisch design een krachtige invloed op de rol van de architect en designer hebben. Het ontwerpen van een computergestuurd systeem en het ontwerpen van een gebouw of object zijn twee verschillende bezigheden en zouden door verschillende mensen kunnen worden uitgevoerd. Ik voorzie dat meer tijd en aandacht zal worden besteed aan het systeem dat ontwerpt dan in het produceren van het eindproduct.'

#### Computational method

Centraal in het maakproces van zijn zuilen staan begrippen uit de computertechnologie en de animatiefilmtechniek. Hansmeyer zegt: 'De combinatie van software en de nieuwste CAD/CAM laserfabricatietechnieken geven de mogelijkheid om tot nog toe onvoorstelbare vormen te maken. De software vereenvoudigt het tekenen van gecompliceerde geometrische vormen. De tekeningen zijn van geheel uiteenlopende afmetingen en ook nog met zulke fijne details dat zij met het blote oog haast niet meer waarneembaar zijn. Parallel hieraan kunnen CAD/CAM machines bijna elke vorm printen of laseren. Machines met een printvolume van vele kubieke meters kunnen niet alleen kleine architectuurmodellen, maar zelfs ook *full scale* onderdelen printen. Daardoor is een vorm met vele miljoenen verschillende oppervlaktes net zo makkelijk te printen als enkele unieke exemplaren. Samenvattend betekent het dat complexiteit geen belemmering meer is voor zowel het ontwerpen als de uitvoering. De uitdaging om grenzen te verleggen ligt besloten in de software die het voorstellingsvermogen en het crea-

tieve potentieel van architecten aanjaagt.' Waar voorheen veel objecten met de muis werden getekend, zouden de ingewikkelde objecten van Hansmeyer jaren van tekenwerk vergen. In plaats hiervan is de computational method<sup>2</sup> ontwikkeld. Hierbij gebruikt een softwareprogramma de ingevoerde algoritmen, data en parameters om zelfstandig met behulp van gevarieerde herhaling een object te ontwerpen. Het aantrekkelijke van dit proces is dat met een relatief eenvoudige input uitzonderlijk complexe vormen ontstaan. Het proces is niet 100 % gecontroleerd en de uitkomst is daarom enigszins onzeker. Anders gezegd: met een ingecalculleerd verrassingseffect! De ontwerper formuleert als het ware niet het object zelf, maar het proces en de variabele voorwaarden die een object laten ontstaan.

2

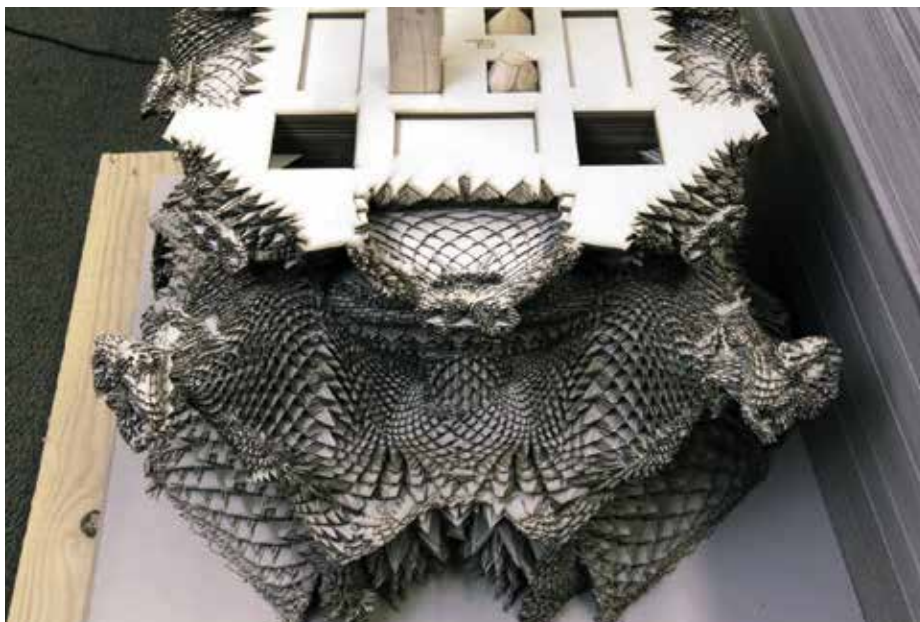
#### Subdivision algoritmen

Hansmeyer ontwerpt met een iteratief (= zich herhalend programma), het *subdivision algorithm*, dat wil zeggen: gebaseerd op eindige getallenreeksen wordt het oppervlak van een object steeds kleiner onderverdeeld. Het algoritme deelt een vierkant oppervlak op in vier kleinere oppervlaktes, die opnieuw worden onderverdeeld totdat de hoeken voor het blote oog als een holle of bolle vorm worden herkend, terwijl het in feite heel kleine veelhoeken zijn. De 3D animatie van mens- en dierfiguren in animatiefilms verloopt op deze wijze. Bijvoorbeeld het groene monster Shrek begint als vierkante, hoekige grafiek in een hoekig landschap. Pas als de virtuele film, het verhaal, klaar is, begint de afwerking in de vorm van het renderen van de figuren in organisch ronde vormen die dus in



**1** Prototypes van de zuilen, elk gemaakt van 2700 vellen, 1 mm dik, met de laser gesneden, hoogte 2,7 m, diameter 40-70 cm, 650 kg.  
Foto: Michael Hansmeyer.

**2** Dit prototype zuil is getoond op de *Self-Structure* tentoonstelling in Paris (2011), *Smallspace gallery* in Berlijn, *TED Global conference* in Edinburgh (2012), *Eidgenössische Technische Hochschule Zürich*.  
Foto: Michael Hansmeyer.



3



4



5

feite polygone, veelhoekige vormen zijn. De bewerking is voor elk beeld apart nodig en zeer tijdrovend. Met andere woorden: een dubbeltsteen wordt met behulp van het algoritme veranderd in een kogel, de hoeken worden zo lang afgeslepen totdat geen hoeken meer waarneembaar zijn. Maar om van het hoofd van Shrek geen saaie egale kogel te maken, worden de parameters van de algoritmen aangepast zoals bij de wenkbrauwen, de mond, et cetera, totdat een geloofwaardig gezicht ontstaat. Voor zijn zuilen gebruikt Hansmeyer deze technieken om prachtige, ornamentale, vloeiende vormen te maken. Zij hebben als basis of input een cilinder, de grondvorm van de Dorische zuil uit de antieke wereld. Uitgaande van de cilinder worden twee verschillende subdivision surface methoden voor de bewerking gebruikt, de *Catmull-Clark* of de *Doo-Sabin*. Elke stap voegt nieuwe details - oftewel informatie - toe aan de oorspronkelijke vorm. De eerste stap verandert de welvingen van de cilinder, de volgende stap bepaalt de oppervlakte, terwijl de laatste stappen textuur aan het oppervlak toevoegen.

Bij de *Catmull-Clark* methode worden herhaaldelijk óf in het middelpunt van hoeken óf in het middelpunt van vlaktes nieuwe hoekpunten toegevoegd. Reeds aanwezige hoekpunten worden verplaatst om scherpe hoeken af te zwakken. De *Doo-Sabin* methode daarentegen snijdt scherpe hoeken direct af, in tegenstelling tot de *Catmull-Clark* methode die toevoegt en verfijnd.

Met elke toepassing van deze subdivision methodes wordt het oppervlak interessanter en ingewikkelder. Hansmeyer past deze methodes voor zijn zuilen afwisselend en gevarieerd toe door de algoritmes telkens te veranderen. Op macro-niveau zijn de zuilen in het bovenste gedeelte zeer fijn, bijna fractal<sup>3</sup> van uitvoering, en in de lagere gedeeltes eenvoudiger.

De oneindige mogelijkheden van variatie en differentiatie zijn een ware speeltuin met een nieuwe vormtaal voor de architect. Het is in principe een eenvoudig proces om zeer complexe vormen te ontwerpen.

#### Omzetten in materiaal

Hoe is een dermate gecompliceerd ontwerp in materiaal uit te voeren? Zelfs 3D printers kunnen dit niet in zijn geheel produceren. Beperkingen in het printproces zijn de snelheid van de productie, de ruimtelijke capaciteit van de software en de prijs. Hansmeyers oplossing is om de virtuele zuilen met behulp van software in vele afzonderlijke lagen te verdelen. Elke laag wordt vervolgens met een laser uit 1 millimeter dikke, 70 x 50 centimeter grote vellen karton gesneden. Drie machines hadden hiervoor 255 uur nodig en de laserstraal legde een afstand van meer dan 19 kilometer af voordat de 2700 uitgesneden platen handmatig op elkaar konden worden gestapeld. Het eindproduct heeft een homogeen uiterlijk, op het eerste gezicht zijn de afzonderlijke kartonnen lagen niet zichtbaar.

Voor de stabiliteit van de uiteindelijk 2,7 meter hoge zuilen worden de 2700 kartonnen platen op stalen of houten staken gezet. Om het

gewicht te beperken, wordt precies berekend hoeveel materiaal uit de kern kan worden weggesneden. Elke zuil weegt maar liefst 650 kilo. Zowel de zuilen als ook de negatieve overgebleven restvormen zijn fascinerend om te zien. Hansmeyer heeft de zuilen ook uit ABS, een doorschijnend plastic, gemaakt. Als architect ziet hij ongekend veel mogelijkheden om deze prototype ontwerpen functioneel toe te passen bij bijvoorbeeld muren, bogen en gewelven. Op dit moment werkt hij aan een opdracht om een *Grotto* te ontwerpen. Het wordt een gebouw op ware grootte, geproduceerd met behulp van 3D printing.

Voor meer informatie: [www.michael-hansmeyer.com](http://www.michael-hansmeyer.com)

Monika Auch is redactielid van kM en beeldend kunstenaar.

- 1 [http://www.ted.com/talks/michael\\_hansmeyer\\_building\\_unimaginable\\_shapes.html](http://www.ted.com/talks/michael_hansmeyer_building_unimaginable_shapes.html)
- 2 Software gebruikt ingevoerde data en parameters om zelfstandig door herhaling een object te ontwerpen.
- 3 Meetkundige figuur dat is opgebouwd uit min of meer gelijkvormige vormen die op de figuur zelf lijken. Fractals hebben een oneindige hoeveelheid details, bij sommige komen motieven voor die zich op steeds kleinere schaal herhalen.

**Bronnen:**

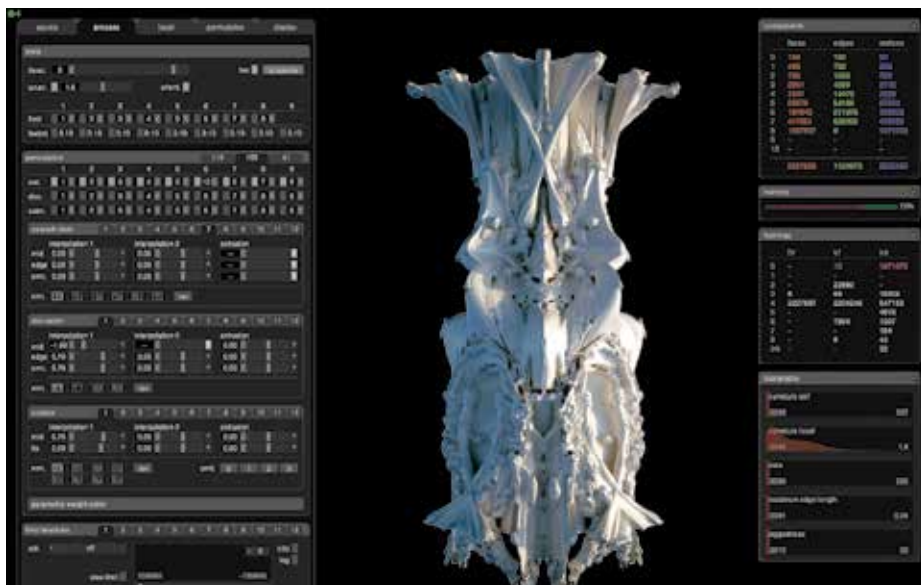
- Frame magazine #82, september/oktober 2011, p. 228-231.
- New Scientist, april 2011, p. 47.
- Frankfurter Allgemeine Zeitung, 8 mei 2011, p. 60.

**Websites:**

- <http://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/experimente-mit-3-d-grafik-fragile-formen-aus-einer-anderen-welt-a-751481.html>



6



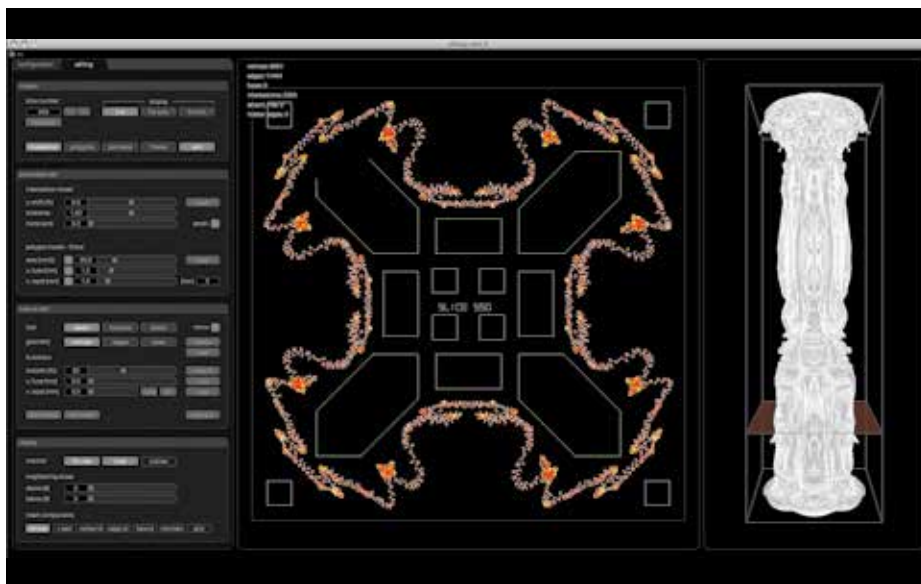
7

3, 4 en 5 Afbeeldingen van de fabricatie van de opeengestapelde vellen karton. Afbeelding 4 toont de buitenkant van de zuil, 5 en 6 de binnenkant, dat wil zeggen: de negatieve vorm. Foto: Michael Hansmeyer.

6 Detailbeeld van de prototypes van de zuil. Ze laten de oneindige hoeveelheid details zien die het subdivision proces tot stand kan brengen. Foto: Michael Hansmeyer.

7 Screenshot - toont de krommingsberekening van een detail. De mate van kromming wordt gebruikt om de verdere subdivision ratio van de volgende stappen te bepalen. Foto: Michael Hansmeyer.

8 Screenshot - laat het programma zien dat de verdeling van de zuil in 2700 afzonderlijke lagen berekend. De lagen kunnen op grond hiervan uit balsa hout, karton, plastic of ander materiaal met de laser worden gesneden. Foto: Michael Hansmeyer.



8