Ingewikkelde vlakken

Eenvoudige modelleerfuncties in 3DCAD zijn direct terug te voeren op de productietechniek waarvan ze zijn afgeleid. Als je voorwerpen ontwerpt die op een draaibank gemaakt gaan worden, ligt het voor de hand dat de revolve of lathe functie in CAD analogie vertoont met de draaibank. Voor de meest geavanceerde dubbelgekromde organische vormen ligt dat natuurlijk anders. De beschrijving met NURBS is keiharde abstracte wiskunde en informatica. Het heeft van oorsprong niets met ambachtelijke werkwijzen te maken. Toch?

Ing. Alfard Jansen

Tot halverwege de zeventiende eeuw bouwde men schepen vooral op het oog van de meester. Een ervaren scheepsbouwer bepaalde met huidplanken de vorm van de romp waarbinnen vervolgens spanten werden gebouwd. De ontwerper kon zo snel de basis leggen voor een nieuw schip. Er hoefde niets berekend te worden, de bouwmeester kon flexibel inspelen op de wisselende beschikbaarheid van hout. Voor de opdrachtgever was het vooraf een verrassing hoe het schip eruit zou gaan zien, men was overgeleverd aan de persoonlijke kwaliteit van de ontwerper. Met het groeien van de VOC groeide de behoefte aan standaardisatie.

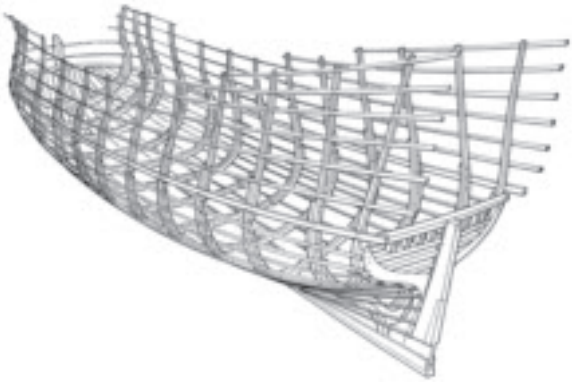
Spanten eerst

Door uit te gaan van de belangrijkste spanten en het geraamte daarna te bekleden, komt er al vroeg inzicht in het te verwachten eindresultaat. Op deze manier werd snel een grote vloot van constante kwaliteit gebouwd. In 1697 beschreef Cornelis van Yk de achterliggende methoden en formules. De 'spanten eerst methode' is nog steeds gangbaar voor scheeps- en vliegtuigrompen. De maten zijn per spant vastgelegd in referentiepunten. Die kunnen worden overgenomen door bijvoorbeeld spijkers op de juiste positie in een plank te tikken. De vorm van de doorsnede ontstaat door een flexibele houten strip langs de spijkers te vlechten. Je hebt veel vloeroppervlak nodig om dit voor een complete romp te doen. Tijdens de Tweede Wereldoorlog gebeurde dit vaak op de bovenverdieping van fabriekshallen (in Amerika heet dit een loft). Een dunne flexibele lat die zich gemakkelijk langs pinnen laat buigen heet in het Engels een spline. Het is een werkbare manier om een complexe 3D vorm veelvuldig te kopieren, maar als er een bom op je loft valt, heb je toch een probleem. Vanaf kort na de oorlog is er hard gewerkt aan de wiskundige beschrijving van splines, zodat de vormen overal en altijd eenduidig te reproduceren zijn. Ingenieurs bij vliegtuig- en autofabrikanten gingen verder waar van Yk gebleven was. Referentiepunten en het gedrag van de houten strip werden vertaald naar regels en formules. Pierre Bézier van Renault was een van de eersten die hierover publiceerden. Zijn complexe curven staan bekend als Bézier splines.

NURBS

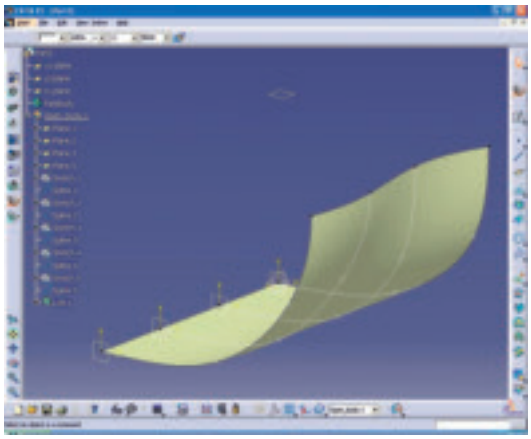
Om de vorm van autocarrosserieën vast te leggen, is het principe van door punten gestuurde tweedimensionale lijnen doorgevoerd naar driedimensionale glooiende vlakken. Het uiteindelijke resultaat is de wiskundige beschrijving van NURBS: Non Uniform Rational Bézier Splines. De toevoegingen Non Uniform en Rational geven aan dat het de meest universeel denkbare beschrijving van Bézier Splines is. Het is keiharde wiskunde, maar de essentie blijft analoog aan het buigen van flexibele strips langs spijkers.

NURBS is een universele taal waarmee zowel de simpelste lijn als de meest ingewikkelde organische vorm nauwkeurig beschreven wordt. De achterliggende theorie mag dan ingewikkeld zijn, dit raffinement zorgt ervoor dat de computerfiles juist relatief klein zijn. NURBS objecten worden snel gemanipuleerd op het scherm (zoomen, pannen, roteren), en natuurgetrouw fotorealistisch gerenderd. Hoe meer programma's de NURBS taal spreken, hoe gemakkelijker het wordt om 3D modellen onderling uit te wisselen. NURBS objecten worden beschreven door hun complexiteitsgraad en het aantal referentiepunten. Hoe hoger de graad,

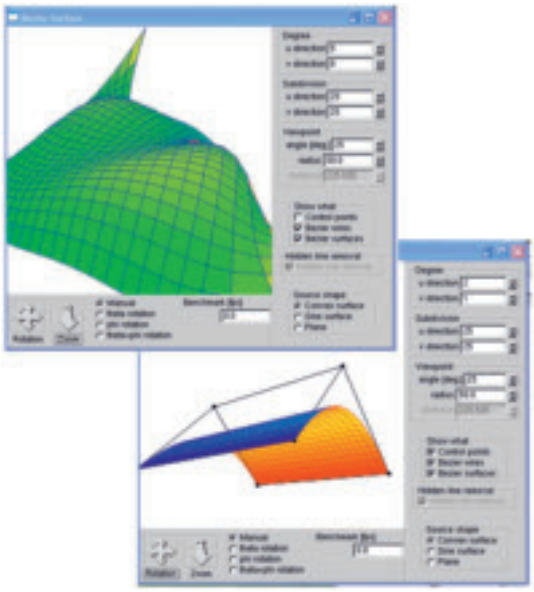


De spanten bepalen de uiteindelijke buitenvorm van het schip (de Zeven Provinciën, Bataviawerf Lelystad)

Ambachtelijk loften: houten splines worden langs referentiepunten gevlochten (www.iyrs.org).



Een loft CATIA: Splines beschrijven de vorm van veschillende opeenvolgende doorsnedes –Eddy van den Bos, BPO.



Zelf spelen met Bézier surfaces, hoe hoger de graad, hoe ingewikkelder de vorm (mizuno.org).

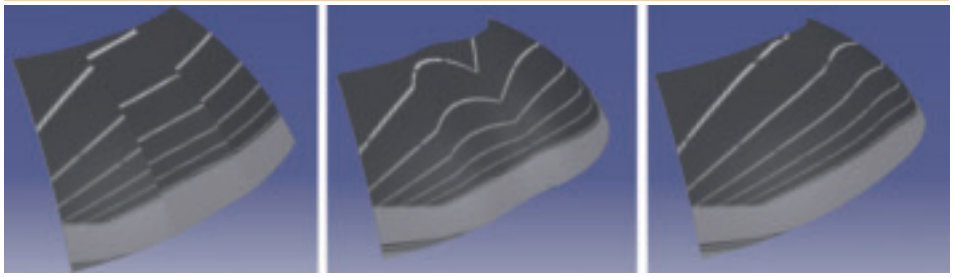
hoe ingewikkelder de vorm. Lijnen zijn van de eerste graad, cirkels zijn tweedegraads. Een complexe kromme is derde- of vijfdegraads. Het is mogelijk om simpele objecten volgens een hoge graad te beschrijven, maar de graad kan niet ongestraft omlaag. Dit gaat ten koste van de subtiliteit van de beschrijving en resulteert in een vereenvoudigde vorm. De geometrische kwaliteit wordt dus begrensd door de maximale NURBS graad die het CAD pakket aankan. Een beetje serieus CAD pakket kan overweg met vijfdegraads en hoger.
Referentiepunten bepalen de route van een curve. Het aantal punten is minimaal de graad+1. Voor een eerstegraads lijn volstaat het begin en eindpunt, een cirkelboog (tweedegraads) wordt gedefinieerd door drie punten. Eventueel kan de invloed van diverse punten op het verloop van de curve met een weegfactor worden bijgestuurd. Steeds meer pakketten hebben een eenvoudige intuïtieve bediening. De ontwerper kan de gewenste vorm kneden zonder na te denken over de achterliggende algoritmes.
Voor wie toch gevoel wil ontwikkelen voor de theorie zijn er diverse bronnen op internet waarin de basisbeginselen worden verhelderd in interactieve presentaties.

G0, G1, G2...

Het ontwerp van driedimensionale objecten wordt samengesteld uit vele surfaces. Het volstaat niet om afzonderlijke complexe vlakken perfect te beschrijven. De losse vlakken moeten aan elkaar vast zitten en naadloos in elkaar overvloeien. De kwaliteit waarmee vlakken op elkaar aansluiten wordt beschreven met de term continuïteit.
Als twee vlakken aan elkaar vast zitten, heet dit positionele continuïteit (G0). Het maakt niet uit onder welke hoek ze bij elkaar komen, er mogen scherpe randen en vouwen in het object zitten, zolang er maar geen gat valt. Meestal is het wenselijk dat het volgende vlak in dezelfde richting vertrekt als waarin het vorige vlak eindigde. Dit heet tangentiële continuïteit (G1). In veel gevallen is dit afdoende om een product er netjes uit te laten zien. Toch zijn tangentieel in elkaar doorlopende G1 vlakken altijd herkenbaar als afzonderlijke vlakken. Je ziet precies waar het ene vlak eindigt en het volgende begint.
Soms wil je verschillende vlakken zo vloeiend in elkaar laten doorlopen dat de overgangen in het eindresultaat onzichtbaar zijn. Niet alleen de positie en de richting, ook de kromming bij de aansluiting moet dan gelijk zijn. Dit heet curvature continuïteit (G2). Een G2 continu object is een vloeiend geheel. Het is niet zichtbaar of voelbaar waar de afzonderlijke vlakken beginnen en eindigen. Een nog hogere continuïteit is denkbaar, maar biedt nauwelijks meerwaarde.
De gedegen wiskundige beschrijving van surfaces zorgt dat de vorm en het gedrag tot op de overgangen goed stuurbaar is, en biedt mogelijkheden om dit te analyseren. Ontwerper en opdrachtgever worden niet voor verrassingen gesteld.«

Alfard Jansen is teamleider bij BPO in Delft.

Oppervlaktekwaliteit wordt genadeloos zichtbaar door de weerspiegeling van een plafond vol TL balken. Met een Zebra analyse òf door real time rendering in CAD, is evaluatie tijdens het ontwerpen mogelijk. G0 -vlakken raken in willekeurige richting: de lijnen zijn onderbroken. G1 -tangentiele vlakken: De weerkaatsing loopt door maar vertoond een knik. G2 -continue kromming, de lijnen lopen door zonder knik.



Links

www.bpo.nl
www.bataviawerf.nl

Zelf spelen met NURBS:
http://www.mizuno.org/gl/bs/
http://ibiblio.org/e-notes/Splines/Intro.htm

CAD software
http://www.rhino3d.com
www.openfx.org