

# Reverse engineering

*Het proces van reverse engineering steunt op het principe dat van een bestaand en tastbaar voorwerp een virtueel model wordt gemaakt.*

*De gebruikelijke gang van zaken is dat van deze virtuele uitwerking een tastbaar prototype wordt gemaakt. Als dit een verkortende factor kan zijn in de termijn van de productontwikkeling, dan wordt het interessant. Deze techniek is nog niet altijd doorgedrongen of bekend in de uiteenlopende sectoren.*

ing. Bart Grimonprez

Binnen de unieke opleiding Master (industriële ingenieur) Industrieel Ontwerpen van de Hogeschool West-Vlaanderen Departement PIH, wordt traditioneel aan toegepast onderzoek gedaan. Het onderzoek is altijd in opdracht van de industrie. Waar mogelijk wordt innovatiesteun van IWT-Vlaanderen (Instituut voor Innovatie door Wetenschap & Technologie) aangevraagd. Vooraanstaand in het Vlaams onderzoeklandschap is de onderzoeksgroep Optical3Design. Deze onderzoeksgroep richt zich op reverse engineering met behulp van optische scantechneken. Klassiek is het meten met een tactiele tastprobe via een CNC-coördinatenmeetmachine. Door middel van een sleeptaster of aantotsende taster wordt contact gemaakt met het voorwerp. Uit deze data kunnen geometrische elementen zoals vlakken, cilindermantels, ribben enzovoorts gehaald worden. Bij vrije vormen (dit zijn vormen die niet te vatten zijn in geometrische modellen) kunnen data van het oppervlak als coördinaten van punten verkregen worden, wat leidt tot een zogenaamde puntenwolk.

Meer en meer komt echter het optisch meten op de voorgrond met als belangrijkste voordeel dat er geen contact is met het object. Dit laat toe vervormbare voorwerpen ook in te scannen en neemt het risico van kleine verplaatsingen bij het aanraken weg. Bij het optisch meten worden ongeveer 20.000 punten per seconde opgenomen. Bij een tactiele aantotsmeting is dit circa twee punten per seconde. Optisch meten geeft dus een aanzienlijk sneller resultaat dan tactiel meten, maar er wordt vooral ook veel meer informatie opgenomen. Het raster dat de punten vormen bij een optische meting kan dan ook sneller fijngezet worden, bij het tactiele meten neemt dit verfijnen erg veel tijd in beslag. Het doel van optisch meten is uit te splitsen in twee processen. Er wordt telkens een fysische vorm ingescand. Wat met die data wordt gedaan, is afhankelijk van het

doel van de meting:

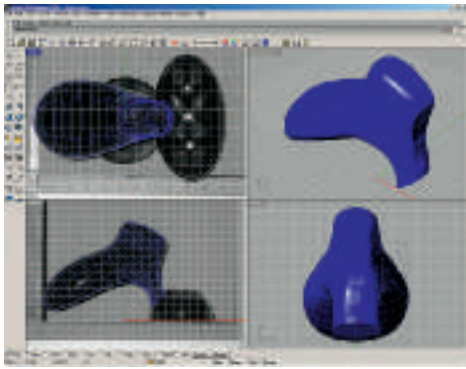
- Kwaliteitscontrole als de kwaliteit van het oppervlak en het model bekeken moet worden.
- Reverse engineering als er een CAD-model moet worden gemaakt van een tastbaar model.

## **Reverse engineering**

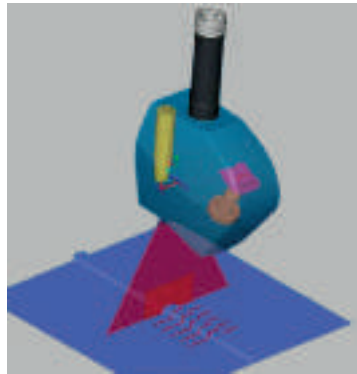
De term 'reverse engineering' verklaart zichzelf: een omgekeerde werkwijze om in eerste instantie tot een CAD-model te komen. Dit virtuele CAD-model kan uiteenlopende doelen hebben:

- kopie via rapid prototyping van een manueel gemaakte vormmaquette
- kopie van onderdelen waarvan CAD-data verloren gegaan zijn
- een matrijs voor serieproductie
- een onderlegger voor een eigenlijke CAD-verwerking
- visualisatie
- technische uitwerking van een globaal tastbaar model (lossingshoeken, shells, snapverbindingen, design gaps)
- modellering van een aangepast model (bijvoorbeeld een ruw gepolijst CNC-freesstuk waardoor de geometrie dus gewijzigd is ten opzichte van het oorspronkelijke CAD-model)
- ergonomische benaderingen (inscannen van reële menselijke vormen voor een perfecte ergonomische vorm)
- digitaliseren van manueel gevormde modellen (gevoelsmatige designlijnen)
- een matrijs voor een tweede spuiting bovenop een bestaand onderdeel dat een bepaalde krimp is ondergaan na de eerste spuiting

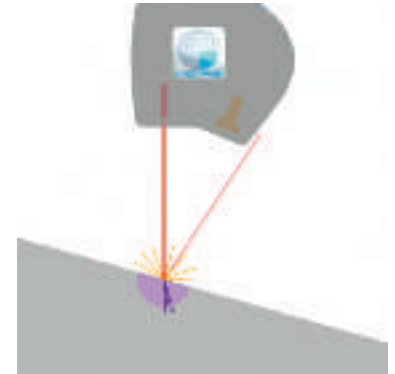
In principe is het meten met een schuifmaat van een voorwerp ook een vorm van reverse engineering. Met enkele verhoudingen kan vaak een bruikbaar model worden verkregen, vooral als het om geometrische primitieven gaat. Wanneer het vrije vormen betreft dan wordt het moeilijker, vooral wanneer hetzelfde resultaat verkre-



Figuur 1



Figuur 2



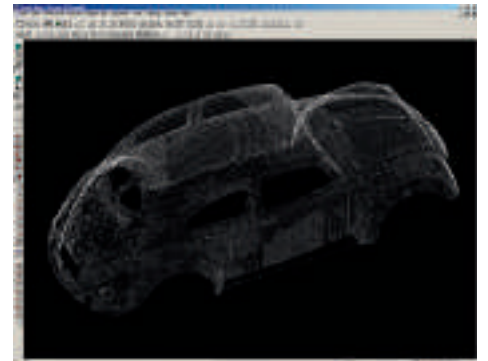
Figuur 3



Figuur 4



Figuur 5



Figuur 6

gen moet worden als het tastbare model dat goed 'aanvoelt' bij de ontwerper. Een tussenstap die goede resultaten oplevert, is het werken met foto's en uit verschillende gezichtspunten te modelleren (zie figuur 1). De techniek die meer nauwkeurigere resultaten aflevert, is het 3D-scannen. Met behulp van een optische laserscanner wordt de vorminformatie opgeslagen. In de voorbeelden gaat het om een 3D-scanner die gemonteerd is op een PH10-kop van een coördinatenmeetmachine.

Het scannen is gebaseerd op triangulatie. Een laserstraal wordt via een alternerende spiegel geprojecteerd als lijn. Deze lijn valt op het te meten voorwerp als een profiel-lijn. Onder een hoek in de scanner is een camera opgesteld die het lijntje als profiel

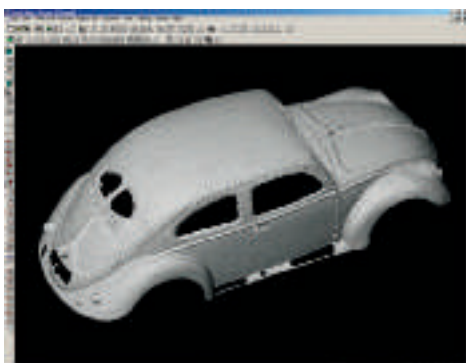
ziet. Via driehoeksmeting kan de exacte positie in de ruimte worden bepaald van elk ruimtelijk puntje waaruit de laserlijn is gevormd (zie figuur 2 en 3).

De laserlijn beweegt over het voorwerp volgens manueel ingestelde rechtlijnige banen. De punten op de laserlijn en de laserlijnen naast elkaar vormen een raster op het voorwerp. Afhankelijk van hoe fijn deze afstanden zijn ingesteld, wordt meer informatie verkregen in de vorm van meer meetpunten.

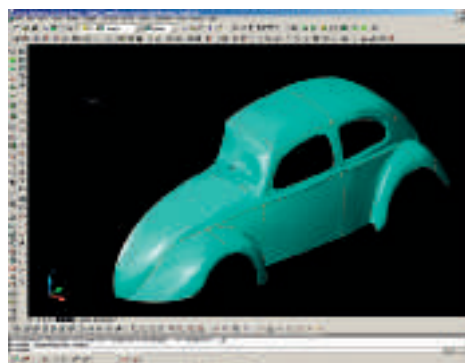
De procedure wordt uitgelegd aan de hand van een voorbeeld. Het model wordt ingescand (zie figuur 4), waaruit een puntenwolk wordt verkregen (zie figuur 5 en 6). De puntenwolk bestaat uit verschillende stukken die worden samengevoegd (merge

pointclouds), gefilterd en waar een mesh doorheen wordt gelegd. Een mesh is een verbinding van alle punten door driehoeken, waardoor een visueel beeld wordt verkregen (zie figuur 7) en het bestand bruikbaar is voor verdere bewerking.

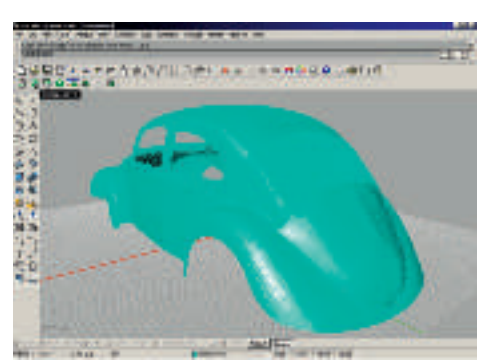
Deze mesh is op zich al geschikt om een tastbare kopie te maken, maar wordt ook gebruikt om een oppervlaktemodel te maken van het ingescande voorwerp. Een mogelijkheid hiervoor is door in gedachten het oppervlak op te delen in een 'lappendeken'. Door een netwerk van wires op de mesh te projecteren, wordt deze opgedeeld in 'patches' (lappen). Tijdens deze stappen is een hele reeks parameters in te stellen om het oppervlak strakker aan te spannen rond de mesh of net lossier te laten en op die manier



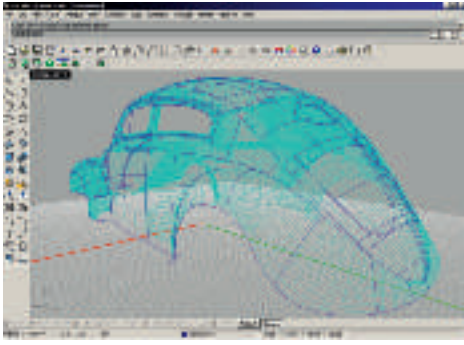
Figuur 7



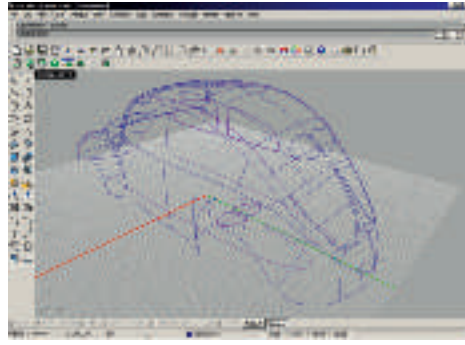
Figuur 8



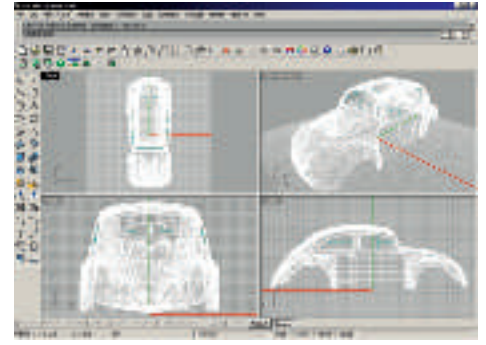
Figuur 9



Figuur 10



Figuur 11



Figuur 12

beter te laten aansluiten bij de gemeten puntenwolk. Dit kan vergeleken worden met een rubber vel dat over kippengaas wordt gespannen.

Eerst worden de randcurves van die patches naar wens geprojecteerd op de mesh. Worden deze erg strak aangetrokken, dan verdwijnen eventuele rimpelingen uit de mesh. Tot op een bepaald niveau vervloeit ook de detailvorm van de mesh. Hiervoor wordt dus telkens een compromis gezocht. Als alle patches zijn gemaakt, worden deze met behulp van een 'stitch'-commando samengevoegd om alle spleten dicht te krijgen en dus een aansluitend oppervlak te verkrijgen (zie figuur 8). Bij het maken van de randwires wordt ook de invloedzone voor het stitchen vastgelegd. Hiermee wordt uitgemaakt of de rakende patches op die plaats G0, G1 of G2 continu worden. Bij het creëren van de patches zijn vergelijkbare parameters in te stellen. Het detailniveau duidt aan in hoeverre de patch naar de puntenwolk toe getrokken moet worden. Is dit erg hoog, dan worden eventuele rimpels door de meting ook in het oppervlak meegenomen. Is dit te laag, dan worden alle details gewoonweg vlak getrokken. Opnieuw is dus een compromis nodig afhankelijk van het gestelde doel. Het oppervlak dat zo wordt verkregen, is te exporteren en onmiddellijk bruikbaar. Maar de kwaliteit ervan is zelden zonder meer bruikbaar vanwege rimpels, zichtbare

grenzen van de patches en vervaagde designlijnen. Hierbij is het interessant slechts stukken van de gepatchte oppervlakken te gebruiken of de patches als onderlegger te gebruiken en via klassieke oppervlaktemodellering een goed model te verkrijgen. In dit voorbeeld zijn lijnen geprojecteerd op de patches volgens de ontwerplijnen die teruggevonden kunnen worden op de vorm. De op deze manier verkregen 3D-curves worden dan verder onder handen genomen. Het aantal controlepunten wordt verminderd, rimpelingen worden vloeiend gemaakt en de oppervlakken worden gemaakt om een geheel model te verkrijgen dat geometrisch voldoet.

Deze relatief omslachtige methode kan anders worden aangepakt afhankelijk van de software die ter beschikking staat. Het is bijvoorbeeld mogelijk om onmiddellijk lijnen te projecteren op de mesh, wat een polyline oplevert. In de praktijk kan hiermee dan een spline worden gecreëerd die dienst kan doen om oppervlakken te tekenen. Op deze manier kan indien nodig een raster van wires worden verkregen (zie figuur 16). Als de kwaliteit van het model een kleinere rol speelt, omdat er bijvoorbeeld enkel een visualisatie nodig is, dan kan er gewerkt worden met een aantal tools om plaatselijke fouten te herstellen (zie figuur 17). Als er primitieven of delen van primitieven voorkomen in de te modelleren vorm, dan kunnen deze ook gedetecteerd worden. Het

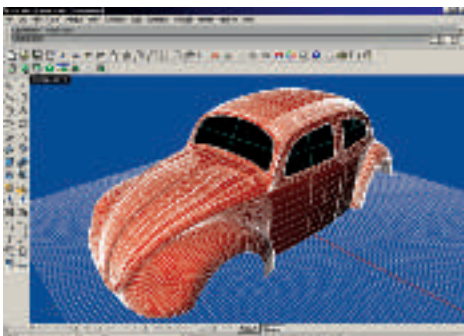
is ook een manier om een dichte benadering van de symmetrieassen te krijgen. Hiervoor worden dan primitieven gepast in een puntenwolk die niet moet beantwoorden aan die primitieven. Het is altijd een zo goed mogelijke benadering.

Het is ook mogelijk om het gemodelleerde te vergelijken met wat oorspronkelijk gescand is. Dat geeft een beeld over de afwijkingen in bepaalde zones. Als het gaat om een getrouwe tekening, dan zijn slechts erg nauwe toleranties toegelaten (enkele tientallen millimeters). Meestal is het kader waarin gewerkt mag worden iets breder en wel zodanig dat er vrijheid is om de oppervlakken beter te krijgen. Al is dit telkens ten koste van het oorspronkelijke 'juiste' vormmodel. «

**Voor meer informatie:**

ing. Bart Grimonprez  
 Hogeschool West-Vlaanderen,  
 departement PIH  
 Graaf Karel De Goedelaan 5  
 8500 Kortrijk (België)  
 Internet: [www.optical3design.be](http://www.optical3design.be)  
 E-mail: [bart.grimonprez@howest.be](mailto:bart.grimonprez@howest.be)

*Bart Grimonprez is sinds twee jaar medewerker van een onderzoeksproject op het gebied van parameters bij het optisch scannen. Hij verleent zijn diensten aan verschillende bedrijven in het kader van optisch scannen (reverse engineering en kwaliteitscontrole) en industrieel ontwerpen in het algemeen.*



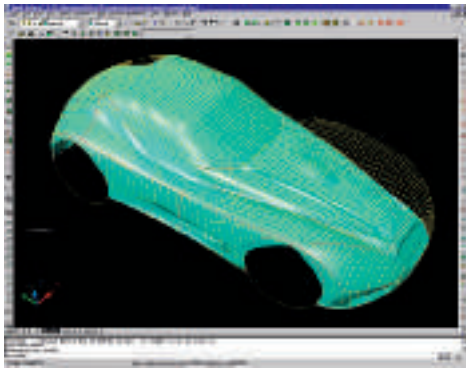
Figuur 13



Figuur 14



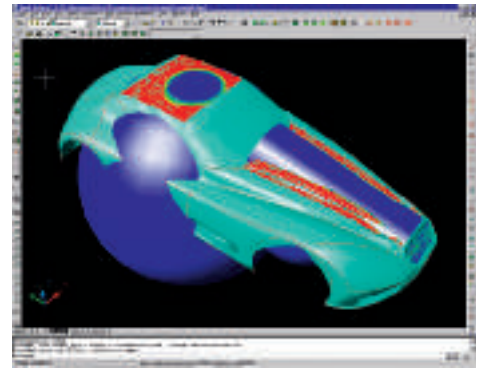
Figuur 15



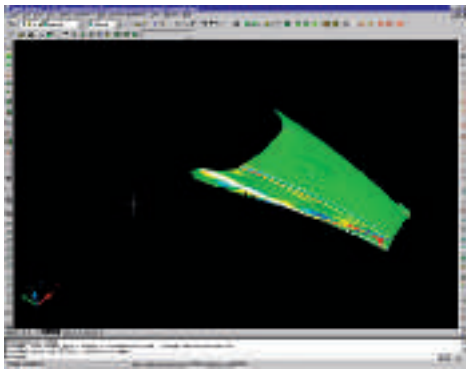
Figuur 16



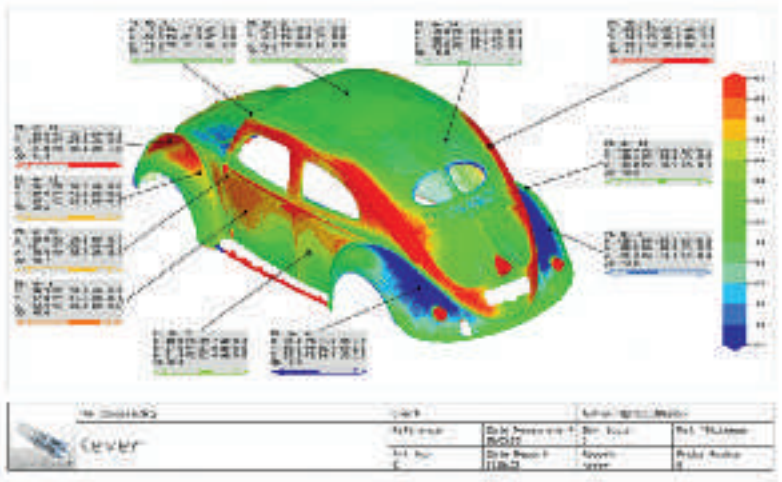
Figuur 17



Figuur 18



Figuur 19



Figuur 20

# PRODUCTONTWIKKELING DOE JE NIET ALLEEN!






Code-P Zuid BV  
Hooge Zijde 31  
5626 DC Eindhoven  
tel. (040) 297 60 00  
fax (040) 297 60 01  
E-mail: info@code-p.nl

Code-P West BV  
Smelterij 4  
2211 SH Noordwijkerhout  
tel. (0252) 34 61 62  
fax (0252) 34 67 27  
E-mail: info@code-p.nl

**THE ART OF CO-DEVELOPMENT AND PRODUCTION**



*Kunnen beantwoorden aan het ontwikkeltempo in de industrie is een kunst op zich. Nieuwe ontwerp-, productie- en assemblagetechnieken resulteren in steeds kortere doorlooptijden en lagere kosten. De focus ligt op core-business, nevenactiviteiten worden steeds vaker uitbesteed aan een co-maker.*

## NIET ALLEEN!

*Code-P vervult hierin een creatieve en probleemoplossende rol. Code-P richt zich op de ontwikkeling en productie van geassembleerde producten, opgebouwd uit onderdelen van o.a. metaal, kunststof en elektronica. Met kennis van materialen, technieken en een netwerk van 'developing-partners', zorgt Code-P voor innovatieve, klantgerichte oplossingen.*

De vele mogelijkheden die Code-P u biedt, zijn niet in een advertentie samen te vatten. Wij nodigen u daarom graag uit voor een persoonlijke kennismaking.

WWW.CODE-P.NL