

Automatisch ontwerpen spaart kosten en draagt bij aan duurzaamheid

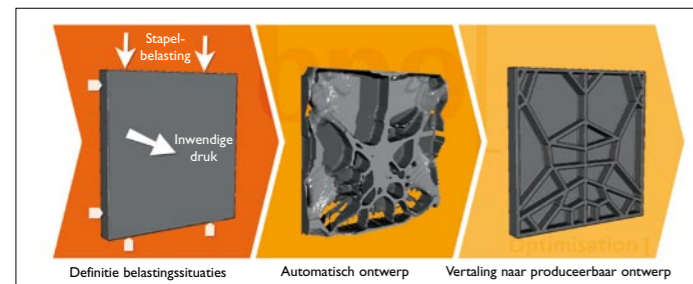
# Computer Aided Optimization helpt het optimale ontwerp te bepalen

Het streven naar perfectie is inherent aan de mens. Vanaf het allereerste begin is de mensheid op zoek naar manieren om het leven te vergemakkelijken en uiteindelijk te perfectioneren. Daarbij is de natuur een grote inspiratiebron. Veel van de producten die we dagelijks om ons heen zien, zijn te herleiden tot principes uit de natuur. Ook binnen de productontwikkeling wordt gestreefd naar perfectie. Hier gaat het veelal om materiaal- en daarmee kostenbesparing. Wie met behoud van sterkte en stijfheid een product lichter weet te maken is niet alleen kostenbewust bezig, maar draagt bovendien bij aan het wereldwijd omarmde concept van duurzaamheid. Recent heeft de productontwikkelaar een nieuw gereedschap voorhanden om het optimale product te ontwerpen: Computer Aided Optimization. Hiermee kan automatisch een optimaal ontwerp bepaald worden.

Het mag niet verwonderen, ook hier was de natuur ons voor. Automatisch ontwerp gebeurt dagelijks in de natuur. De botten in ons lichaam zijn niet sterker dan nodig. Als ze minder belast worden, past het lichaam zich aan. Een boom verbetert in de loop van jaren de interne en externe structuur en past zich aan aan nieuwe belastingen. Een kerf zal zo snel als dat gaat hersteld worden, zodat de boom weer is opgewassen tegen de volgende storm. Analooog aan deze biomechanische optimalisatie zijn wiskundige algoritmes ontwikkeld. Deze algoritmes leggen de basis voor Computer Aided Optimization.

## Eerst het optimalisatieprobleem definiëren

Bij deze binnen de automobiel- en vliegtuigbouw veelvuldig toegepaste software, valt of staat alles bij de definitie van het optimalisatieprobleem. Zo'n probleem is typisch opgebouwd uit drie elementen. Ten eerste is er een bepaald doel of optimalisatiecriterium. Voor mechanische constructies is dat veelal een situatie waarin de weerstand tegen vervorming voor alle belastingssituaties zo hoog mogelijk en het gewicht van de constructie minimaal is. Het tweede element is de ontwerprijheid, kortom de ruimte waarbinnen de constructie moet worden gerealiseerd. In de praktijk is dit sterk afhan-



Proces van Computer Aided Optimization voor de zijwand van een kunststof opslagcontainer.



Automatisch gegenereerde geometrie van een kunststof pallet. De voor Computer Aided Optimization kenmerkende organische vormen zijn hier mooi terug te zien.

kelijk van het moment dat de software in het productontwikkelingsproces wordt ingezet. Naarmate het proces vordert wordt de ontwerpruimte ingeperkt. Het laatste maar zeker niet onbelangrijkste component van een optimalisatieprobleem wordt gevormd door de randvoorwaarden en door de belastingen.

Nadat het optimalisatieprobleem volledig is gedefinieerd, kan Computer Aided Optimization de meest optimale geometrie bepalen. Wat de software doet is simpelweg binnen de ontwerpruimte een geometrie aanleggen en deze doorrekenen voor de opgegeven belastingssituaties met de bijbehorende randvoorwaarden. De oplossing wordt vervolgens getoetst aan het optimalisatiecriterium. Het proces evolueert door de slechte oplossingen te verwijderen en door verder te gaan met de betere oplossingen. Door dit proces van 'survival of the fittest' ontstaat uiteindelijk een optimale oplossing.

## Kunststof opslagcontainer

Hoe ziet dit er nu in de praktijk

uit? Stel we willen een kunststof opslagcontainer ontwerpen. De binnenzijde moet daarbij glad zijn, zodat de container makkelijk gelegeerd kan worden. Daarnaast moet de bak tijdens het gebruik bestand zijn tegen stapelbelastingen en tegen inwendige druk. De container mag onder deze belastingen uiteraard slechts minimaal vervormen. Nu is de vraag hoe de ribben aan de buitenzijde van dit spuitgietproduct moeten worden verdeeld, om een zo groot mogelijke vormvastheid te verkrijgen.

Om deze vraag snel en efficiënt te kunnen beantwoorden, is een zijwand met behulp van Computer Aided Optimization van een ribbenpatroon voorzien. Daartoe is de zijwand als ontwerpruimte gedefinieerd en zijn de belastingssituaties op dit blok materiaal aangebracht. De software heeft vervolgens de materiaaldichtheid binnen de ontwerpruimte net zolang gevarieerd tot er een optimaal ontwerp ontstond. Door de gebieden met een hoge materiaaldichtheid te selecteren ontstaat de afgebeelde organische vorm.

Met name in detail is dit verrassend. De analogie met de natuur mag duidelijk zijn. Op basis van deze uitkomst, is met de nodige creativiteit en kennis een eerste aanzet tot een produceerbaar ontwerp gemaakt.

Uiteraard worden in deze vertaalslag van theorie naar praktijk concessies gedaan. Lossingsrichtingen en wanddiktes bepalen voor een belangrijk deel het uiteindelijke productgewicht. Ook daarbij kan Computer Aided Optimization assisteren, door een primaire lossingsrichting of restricties aan de materiaaldikte mee te nemen. Zo loont het zich om na het bepalen van de globale geometrie van de opslagcontainer een wanddikte-optimalisatie uit te voeren. Hiermee kan het ribbenpatroon verder geoptimaliseerd worden.

## Invloed van productietechnieken

Soms zijn productietechnieken zo sterk bepalend voor de vormgeving, dat de zojuist beschreven aanpak zeer moeizaam tot een bevredigend resultaat leidt. Zo zijn bij processen als vacuümvormen of rotatiegieten ribben geen optie en zal het product met rillen versterkt moeten worden. Door plaatselijk de geometrie op te hogen of te verlagen, kan een aanzienlijke winst in sterkte en stijfheid gerealiseerd worden. Er zijn echter oneindig veel mogelijkheden voor deze rillen, waardoor het optimalisatieproces een tijdrovende klus wordt. Ook met deze optimalisatieproblematiek kan Computer Aided Optimization uit de voeten. In zo'n geval wordt niet de materiaaldichtheid maar de geometrie gevarieerd.

Hoe gaat dit nu in zijn werk? Laten we daarvoor dicht bij de kunststof opslagcontainer

blijven. Uiteraard heeft deze container een afdichting in de vorm van een deksel nodig. Dit deksel willen we graag door middel van vacuümvormen produceren. Kortom, er zijn geen ribben toegestaan. Toch dient de deksel tegen het nodige bestand te zijn, zoals het uitbuigen van de opening van de container. Daarbij mag de deksel uiteraard minimaal vervormen. In de software zijn het toelaatbare gebied, de richting en de maximale hoogte van de 'deuken' aangegeven. Door plaatselijk de geometrie te variëren, ontstaat een interessante structuur aan verstijvingsrillen. Een vergelijking met de oorspronkelijke geometrie tientallen procenten beter presteert.

## Essentiële tijdswinst

Het mag inmiddels duidelijk zijn dat Computer Aided Optimization een krachtig gereedschap is om de productontwikkelingstijd en daarmee de 'time to market' te minimaliseren. Dit kan voor de productontwikkelaar het verschil maken tussen succes of mislukking. Vooral bij complexe belastingen bewijst de software zijn waarde. Het creëert oplossingen die anders met veel ervaring of door vele optimalisatieslagen bereikt werden. Daarnaast is de mogelijkheid om in een vroeg stadium de consequenties van een bepaalde productietechniek te bepalen uitermate interessant. Hiermee is het voor spuitgietproducten mogelijk om het effect van verschillende lossingsrichtingen op de sterkte en stijfheid in kaart te brengen. Aangezien een lossingsrichting het ontwerp sterk bepaald, helpt de software om in een vroeg stadium de juiste beslissing te nemen om niet later onaangenaam verrast te worden. Ook bij het uiteindelijke detailleren van een ontwerp, kan Computer

Aided Optimization een nuttige bijdrage leveren in de vorm van wanddikte- of lokale vormoptimalisatie.

## Expertise van ingenieur

Alhoewel het verleidelijk is te denken dat deze software het antwoord op alle ontwerp vragen geeft, blijft het een stuk gereedschap. Alles valt of staat bij het juist bepalen van de belastingcondities, de randvoorwaarden en de optimalisatiecriteria. Impactbelastingen kunnen niet direct worden meegenomen. Daarvoor zal een statisch equivalent bepaald moeten worden. Het uiteindelijke resultaat moet vervolgens vertaald worden naar een produceerbaar ontwerp. Kortom, er blijft voldoende ruimte voor de expertise van de ingenieur. Sterker nog; die blijft een absoluut vereiste.

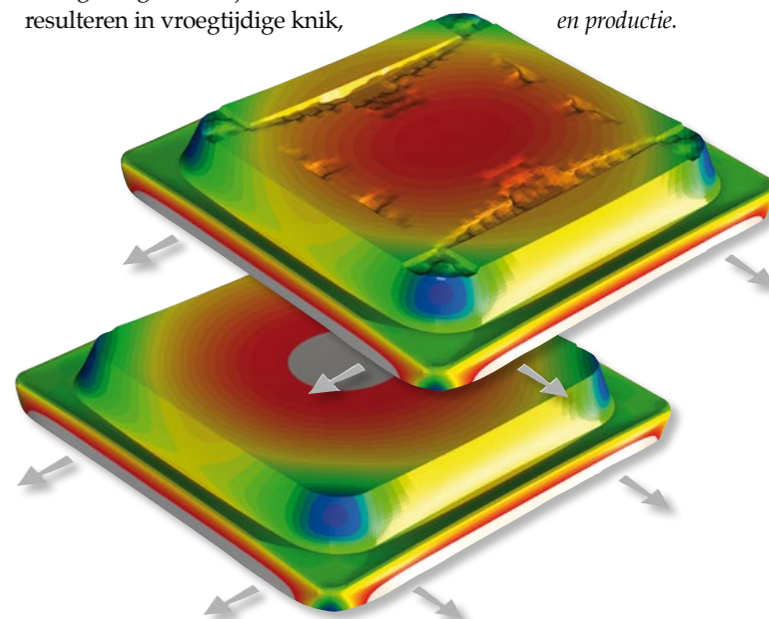
Met betrekking tot kunststof productontwikkeling, wordt mogelijk nog meer een beroep gedaan op het vakmanschap van de ingenieur. De huidige optimalisatiesoftware rekent namelijk lineair, terwijl kunststoffen typisch een niet-lineair gedrag vertonen. Dit niet-lineaire gedrag kan bijvoorbeeld resulteren in vroegtijdige knik,

op plaatsen waar de optimalisatiesoftware geen problemen voorziet. Het is daarom uitermate belangrijk de automatisch gegenereerde oplossingen met een kritisch oog te bekijken. De oplossingen kunnen met behulp van een eindige elementen pakket, die inmiddels al geruime tijd niet-lineair rekenen, gevalideerd worden.

## Een ijzersterk gereedschap

Met Computer Aided Optimization heeft de productontwikkelaar een ijzersterk gereedschap in handen. Vanaf het allereerste idee tot het detailontwerp bewijst het zijn waarde in de vorm van respectievelijk nieuwe inzichten en een optimale geometrie. Daarmee is Computer Aided Optimization de volgende stap in onze zoektocht naar perfectie. ■

*Dit artikel kwam tot stand in nauwe samenwerking met Wim van 't Hul van BPO Nederland BV. Dit vooraanstaande ingenieursbureau uit Delft combineert sinds meer dan twintig jaar de deskundigheid van ingenieurs uit verschillende disciplines van productontwikkeling: ontwerp, constructie, materialisatie en productie.*



Verplaatsing van de deksel onder invloed van een naar buiten gerichte kracht. Door de rillen in de geoptimaliseerde geometrie, neemt de vervorming in het midden van de deksel met tientallen procenten af.