

Detail van de zogeheten 'fan vaults' in het plafond van de kapel van King's College in Cambridge.

GRAFOSTATICA MAAKT GEBOUWEN EFFICIËNTER

Ouderwets ontwerpen

Architecten zijn dankzij computerprogramma's in staat om steeds ingewikkeldere ontwerpen te maken. Maar weten ze die ook efficiënt te realiseren? Nee, vindt prof.dr.ir. Philippe Block. Hij wil de mechanica van oude constructies begrijpen, de ontwerpmethode grafostatica een nieuw leven inblazen en daarmee betere gebouwen realiseren. tekst drs. Desiree Hoving

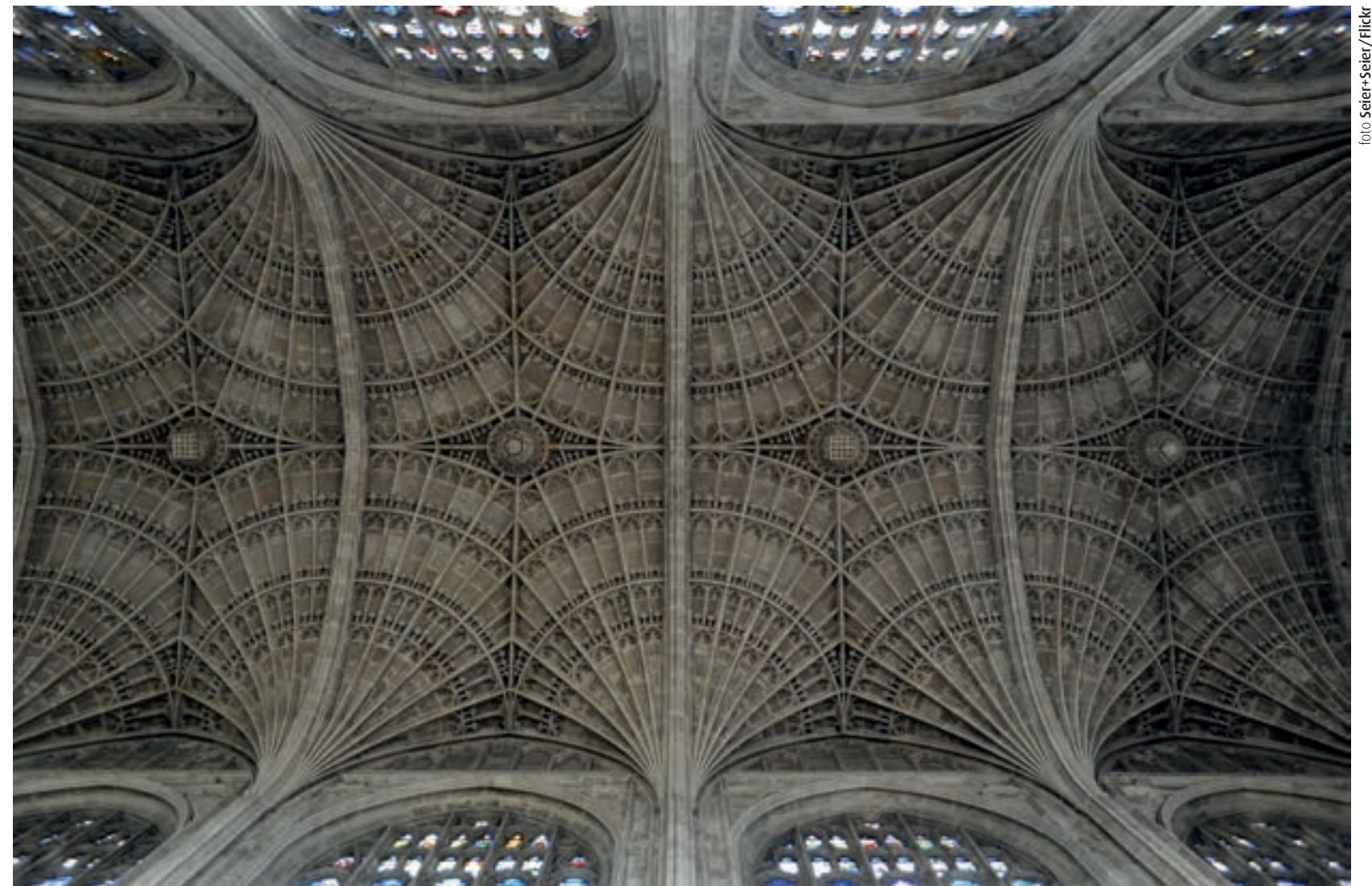


foto Seier+Seier/Flickr

Vraag hem naar een gebouw waarvan hij helemaal ondersteboven is en zonder aarzelen noemt prof.dr.ir. Philippe Block van de Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich de Oyster Bar, een restaurant dat beroemd is om zijn vis en zeevruchten. Het bevindt zich onderin Grand Central Station in New York en serveerde zijn eerste oesters toen de eerste trein in 1913 het station binnenreed.

Block bezocht de Oyster Bar voor het eerst in de tijd dat hij promoveerde aan het Massachusetts Institute of Technology (MIT) in Boston, wat er vlakbij ligt. Op het MIT had hij toen net John Ochsendorf ontmoet, een hoogleraar die zijn leven wijdt aan het analyseren van oude gewelven. De Amerikaan liet hem kijken naar zogeheten fan vaults, de waaivormige gewelven van de kapel van King's College, een onderdeel van de Britse University of Cambridge. Naar dergelijke vijftiende-eeuwse constructies ging de interesse van Block in eerste instantie niet uit. Hij had aan de Vrije Universiteit in Brussel een combinatie van architectuur en ingenieurswetenschappen gestudeerd en zich gespecialiseerd in *hightech and advanced engineering*. 'Ik heb me er lang tegen geweerd', zegt Block aan de telefoon vanuit

zijn Zwitserse kantoor aan de ETH Zurich, waar hij de Block Research Group leidt. 'Waarom ben ik in hemelsnaam naar die oude bakstenen gewelven aan het kijken, terwijl ik me het liefst bezighoud met hightech architectuur?' Toen hij de gewelven, die met een lengte van 88 m de grootste ter wereld zijn, echter beter observeerde, zag hij dat ze relatief niet dikker waren dan een eierschaal: 10 cm. 'Het is wel degelijk advanced engineering, realiseerde ik me voor het eerst.' Vanaf dat



De legendarische Oyster Bar, in de kelder van Grand Central Station in New York, met zijn met tegels bedekte gewelven.

foto Jazz Guy/Flickr

moment ging een hele nieuwe wereld open voor de Belg. Zo leerde hij dat middeleeuwse bouwers van gewelven al ingewikkelde vormen maakten die precies in evenwicht waren, zonder ze te versterken of te wapenen. Hoe ze dat deden, is nog steeds een raadsel. Zelfs de huidige software is niet in staat om eeuwenoude constructies te doorgronden, zoals het Pantheon in Rome.

Staal en beton

In een interview met het Amerikaanse populair-wetenschappelijke tijdschrift *Nautilus* bestemde Ochsendorf het Pantheon als geweldigste gebouw van de wereld. 'Wanneer je computersoftware het Pantheon laat analyseren, dan verschijnt in beeld: dit gebouw kan niet overeind staan, want het is niet veilig, het heeft wapening nodig. Maar als zo'n bouwwerk al twee millennia overeind staat, dan is er toch echt iets mis met de software.'

Daarom is er dringend behoefte aan een toepassing die de mechanica van oude structuren begrijpt, in plaats van overal maar staal en beton tegenaan te gooien. Dat laatste leren bouwkundestudenten nu, is zijn kritiek. 'Als hen gevraagd wordt een oud gebouw na te maken, dan denken

ze alleen in termen van staal en beton, want dat zijn de twee dominante bouwmaterialen.'

Waar computerprogramma's wel toe in staat zijn is het modelleren van steeds ingewikkelder driedimensionale vormen. 'Dit leidt tot een explosie van verkenningen in de architectuur en maakt het mogelijk om geheel nieuwe constructies te creëren', zegt Block. Op papier tenminste, want in de praktijk blijkt dat we voor het bouwen van die wilde ontwerpen een ongemakkelijke hoeveelheid materiaal nodig

'Computerprogramma's maken het mogelijk geheel nieuwe constructies te creëren'

hebben. En dat is volgens hem zowel intellectueel als architectonisch gezien onbevredigend. Block weet nog een reden waarom hij de wereld wil verbeteren. In zijn proefschrift uit 2009 schrijft hij: 'Bovendien wordt de wereld van vandaag geconfronteerd met de opwarming van de aarde en de snel afnemende natuurlijke hulpbronnen. Omdat de gebouwde omgeving voor ongeveer de helft verantwoordelijk is voor de uitstoot van broeikasgassen, hebben we als architecten een belangrijke verantwoordelijkheid voor het behoud van de planeet.'

Het hoogste gebouw ter wereld, de Burj Khalifa in Dubai, is als een van de weinige moderne gebouwen ontworpen met behulp van grafostatica.



foto Khalid Belhaj/Flickr

Niet verwonderlijk dus dat het motto van Blocks' onderzoekgroep luidt: *learning from the past to design a better future*. 'Een beetje cheesy', zegt hij haast verontschuldigend. 'Onze groep werkt aan eerlijkere constructiesystemen door historische ontwerpmethoden terug te brengen.' Block werkt aan het terugbrengen van de grafostatica, om precies te zijn. Dat is een grafische ontwerp-methode, die in de negentiende eeuw erg in zwang was. Het principe is dat je op hetzelfde papier zowel het ontwerp als alle krachten tekent. Daardoor is meteen te zien welke gevolgen bepaalde ontwerpkeuzes hebben voor de krachtenverdeling en is het ontwerp indien nodig meteen aan te passen. Dat gebeurt nu niet: als een architect een ontwerp heeft gemaakt, rekent een ingenieur uit of dat constructief haalbaar is. Hij adviseert een architect om heel lokaal bepaalde dimensies te vergroten of te verkleinen of voor stijver of slapper materiaal te kiezen. Een ingenieur doet doorgaans geen grote ontwerp-aanpassingen.

Papier

Met grafostatica kunnen ingenieurs en architecten beter samenwerken en tot optimalere constructies komen. Toch is de ontwerpmethode in onbruik geraakt. Waarom? Hoe ingewikkelder de constructie, hoe meer papier er nodig is. Bovendien moet voor elke belasting weer een nieuwe tekening worden gemaakt. Al met al een vreselijk tijdrovende klus. Nu de computer er is, vallen al die nadelen van de grafostatica echter in één klap weg. Daarom wil Block de techniek dolgraag terugbrengen. 'Toch durven moderne ingenieurs er nog niet mee te bouwen.'

Even terug naar de Oyster Bar in New York, waar langs de bogen van de lage gewelven honderden ouderwetse lampjes het restaurant verlichten. 'De plafonds zijn gebouwd volgens een Catalaanse gewelftechniek uit 1885. Ze lijken ter decoratie met tegeltjes bekleed, maar de tegels zijn zelf de constructie, ze hebben geen wape-ning nodig. Daar komt nog bij dat de gewelven een van de grootste hallen van Grand Central Station dragen, waar elke dag miljoenen reizigers overheen lopen. Ik schat dat 99,5% van alle ingenieurs in de wereld het niet zou vertrouwen als zo'n ongewapende structuur zo veel gewicht moet dragen. Hun natuurlijke reactie zou zijn om er onmiddellijk stalen balken in te zetten. Ik vind het ongelooflijk hoeveel weerstand en wantrouwen er is en hoeveel moeite we hebben om men-

sen te overtuigen dat dit soort bouwmethoden prima zijn', zegt Block. Er is maar één iemand die grafostatica in zijn dagelijkse werk gebruikt, en dat is Bill Baker. Hij is een van de meest spectaculaire ingenieurs van onze generatie, volgens Block, want met zijn architectenbureau bouwde Baker de Burj Khalifa, het hoogste gebouw ter wereld in Dubai. 'Dat een ingenieur met zo'n reputatie de methode in de praktijk gebruikt, is een grote kans om de kennis over grafostatica ook buiten de universiteit geaccepteerd te krijgen. Bill is zeer *eager*. Hij ziet de potentie van de methode en is in de positie om deze meteen in de praktijk te brengen', aldus Block.

Waarom is Baker eigenlijk zo enthousiast? 'Sinds een paar jaar kunnen we dankzij computersoftware als Rhino en Digital Project steeds betere vormen maken en die ook daadwerkelijk bouwen. Maar dat gaat vaak gepaard met hoge kosten en complexiteit. Ik had behoefte aan gereedschap dat zowel architecten als ingenieurs kan helpen om duurzamere ontwerpen te maken met elegantere vormen, die makkelijker en kosteneffectiever zijn te bouwen. Graphic statics maakt dat allemaal mogelijk', antwoordt de ingenieur vanuit zijn kantoor bij architectenbureau Skidmore, Owings & Merrill (SOM) in Chicago. Omdat hij graag wil laten zien hoe intuïtief de methode werkt, stuurt

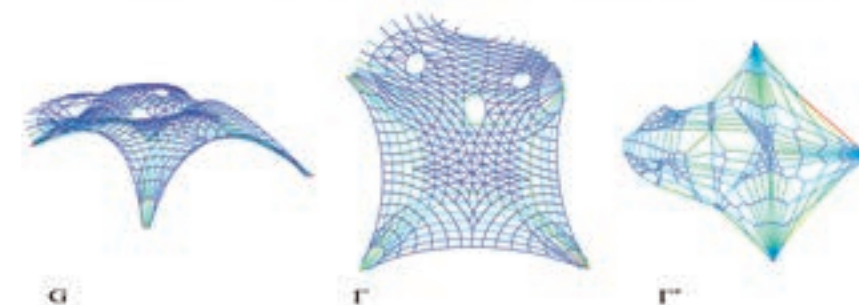
hij per e-mail een programma waarmee het mogelijk is op zijn computerscherm mee te kijken. 'Je ontwerpt eerst iets, dan optimaliseer je de krachten en past op basis daarvan het ontwerp aan. Dat kun je nog veel vaker doen, het is een iteratief proces', licht hij toe.

Op zijn computerscherm laat hij een voorbeeld zien van een structuur in China die hij

Philippe Block van de ETH Zurich organiseert samen met Corentin Fivet van het MIT de sessie 'Graphical Computation' tijdens het symposium IASS2015. IASS2015 Annual International Symposium on Future Visions, Muziekgebouw aan 't IJ, Amsterdam. Ma 17 t/m do 20 augustus. www.iass2015.org



illustratie RhinoVAULT



Met het softwareprogramma RhinoVAULT gemaakte draadmodellen (onder) en een artist's impression van een nieuw gebouw in het Martin Luther King Park in Austin, Texas.

hielp ontwerpen. Het is een ietwat saaie langwerpige rechthoek; het blijkt de eerste schets voor een congrescentrum. Met de grafostatica-methode berekent Baker welke vorm hij nodig heeft om zo efficiënt mogelijk te bouwen, dus met zo min mogelijk materiaal. Een grillig gevormd dak verschijnt in beeld. 'Niet handig', becommentarieert Baker, 'want als het regent, blijft het water op het dak liggen'. Daarom maakt hij de vorm vloeiend. Uit de berekeningen volgt dat hij nu net iets meer materiaal nodig heeft dan in de grillige vorm. Opnieuw besluit hij het ontwerp aan te passen. Hij pakt z'n muis en speelt met de diagonalen: hier en daar maakt hij ze krom. Nu is het bouwwerk weer bijna net zo efficiënt als de eerdere grillige constructie. 'Als architect zou je hier nooit zelf opkomen', zegt Baker. 'Maar doordat ik meteen in beeld krijg wat voor effect het spelen met de vorm heeft op de krachtenverdeling, zie ik meteen wat optimaal is.'

Block hoopt binnenkort meer inspirerende ingenieurs als Baker aan boord te krijgen. 'Want dan kan de acceptatie opeens heel snel gaan. Het zou een betere wereld zijn als iedereen onze constructiemethoden zou gebruiken', stelt hij.

Starchitects

Hoe die toekomstige betere wereld er dan uitziet? 'Ik denk dat onze fascinatie voor de *starchitects* en hun iconische gebouwen met complexe constructies gaat afnemen. We gaan geen dingen meer doen omdat ze er zo cool uitzien, want het is niet meer genoeg als het er totaal crazy uitziet. Ja, het is een mooie glimmende buitenkant, maar kijk eens hoe dik het is: is dat wat we werkelijk willen? Bovendien zullen de prijzen stijgen, terwijl de hoeveelheid grondstoffen daalt. Al met al heb ik het gevoel dat we naar een architectuur gaan die eerlijker, duurzamer en passender is', voorspelt Block.

Hij wil zelfs een stapje verder gaan en de *developing world* een voorbeeld laten zijn voor de *developed world*. 'In Afrika heeft onze groep met de lokale bevolking en materialen als samengeperste aarde prachtige dingen gedaan. Door de financiële beperkingen moeten ze daar wel creatief zijn. Doordat wij dat soort beperkingen hier niet kennen, vergeten we om efficiënt te bouwen. Maar als we alles blijven toestaan, brengen we onze planeet om zeep.' |