

# Geometrie

## DE VORMTAAAL VAN DE NATUUR

[ Carla Feijen ]

**Geometrie, de 'vormtaal van de natuur', speelt een grote rol in het werk van Carla Feijen, beeldend kunstenaar en ontwerper. Hoe groot haar fascinatie voor de schoonheid van de meetkunde ook is, op de middelbare school deed ze destijds geen eindexamen in wiskunde.**

### Essentiële kennis

Van mijn eigen schooltijd herinner ik me de dankbaarheid voor het aanreiken van het alfabet. Nadat ik alle letters geleerd had met de bijbehorende klanken, besefte ik gereedschap in handen gekregen te hebben om zelf iets te lezen, te leren en te kunnen schrijven.

Op de middelbare school verwachtte ik dat wiskunde ook zulke essentiële kennis zou zijn waar je van alles mee zou kunnen doen. Van mijn opa had ik spannende dingen gehoord over meetkunde zoals het construeren van een vijfhoek met alleen een passer en liniaal, maar dat soort kennis paste blijkbaar niet meer in de moderne wiskunde. Ik liep aan tegen het begrip 'wiskundig bewijs' en vroeg de leraar hoe je iets kan bewijzen binnen zijn eigen systeem. Voor veel wiskundeleraars misschien een vraag om blij van te worden, maar deze leraar stelde mijn eigenwijsheid toen niet op prijs. De fundamentele onenigheid die ik opbouwde met deze leraar, leidde er toe dat ik uiteindelijk geen eindexamen in wiskunde gedaan heb.

### Verbeeldingskracht

Bij scheikunde werd ik ook teleurgesteld. Het periodieke systeem vond ik prachtig, maar had graag zelf wat meer willen ontdekken. Toen we eens de vraag voorgelegd kregen hoe de molecuulstructuur van  $C_6H_6$  er uit zou moeten zien, ging ik enthousiast puzzelen en kwam ruim binnen de gestelde tijd uit op een cirkelvorm. Helaas ging de leraar er niet eens van uit dat iemand van de kinderen in staat zou zijn dit op te lossen. Hij kon niet wachten om de bekende anekdote te vertellen van de geleerde Kekulé, die zich suf gepeinsd had over deze structuur. In een droom zag hij een slang die zijn eigen staart opat en zo kreeg hij het vermoeden dat de benzeenmolecule wel eens een ring zou kunnen zijn. Verontwaardigd was ik, dat wij altijd op onze kop kregen als we zaten te dagdromen, terwijl nu toch weer bleek dat verbeeldingskracht zo belangrijk is bij het oplossen van vraagstukken.

### Gulden snede

Op de kunstacademie werd heel even de gulden snede genoemd, als ideale lengte-breedte verhouding, die in de Renaissance gebruikt werd voor een schilderij of de bladspiegel van een boek. Het werd ons afgeraden de gulden snede te gebruiken als een formule voor schoonheid. Ik vermoedde toch dat er meer achter zat. Deze verhouding bleef in mijn achterhoofd zitten als een spannend gegeven, evenals het gebruik van vaste verhoudingen in de Japanse architectuur, die ook heel even ter sprake kwam.

### Ontwerp breukenleermiddel

Verhoudingen speelden ook de hoofdrol in een ontwerp voor een breukenleermiddel dat ik als student bedacht vanuit het verdelen als handeling. Een onderwijzer die ik geraadpleegd had, adviseerde: 'Denk bij rekenen vanuit taal'. Het leermiddel bestond uit een serie vierkante transparante puzzels, waarvan de kleur van de zijanten als 'snijlijnen' de manier van verdelen en onderverdelen aangaven; zie *figuur 1*. Kinderen zochten al spelend zelf uit wat ze er van konden leren en schreven er boeiende verslagen over. Ze bleken er nog meer van te kunnen leren dan dat ik er in gestopt had. Hoewel er later verschillende uitgeverijen lovend waren over het concept, werd het nooit op de markt gebracht. Dat was zowel om technische redenen als vanwege het feit dat het in geen enkele rekenmethode paste. Ik verdiende er op de Kunstacademie wel een prijs mee, als 'veelbelovende' student won ik een reisbeurs



figuur 1 Prototype breukenleermiddel (ontwerp uit 1979)

waarmee ik naar Japan kon.

### Onderzoek, creatie, educatie

Deze ervaringen hebben mij de uitgangspunten aangereikt dat je als docent je studenten het plezier moet gunnen zelf dingen te ontdekken en hun ruimte kan geven voor eigen interesses binnen het vak. Vooral niet in de weg te gaan staan, maar de weg wijzen, als blijkt dat een student al meer weet of meer talent heeft dan jijzelf. Als ik les geef, probeer ik zoveel mogelijk essenties aan te reiken en stimuleer studenten te gaan spelen met deze gegevens om zelf meer te ontdekken en iets te creëren.

In de eerste plaats ben ik beeldend kunstenaar en ontwerper. Onderzoek is nodig om inspiratie en kennis op te doen. Educatie aan anderen dwingt mij kennis en vaardigheden zo helder mogelijk te presenteren. Maar eigenlijk zijn deze drie aspecten voor iedereen handig om mee bezig te zijn. Ook een leerling steekt meer op door zelf iets te creëren met wat hij geleerd of ontdekt heeft en vervolgens die kennis leert delen.

### Ruimte ervaren

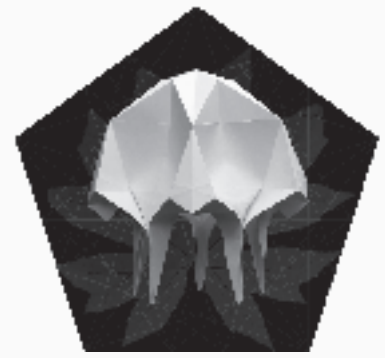
In 1997 kreeg ik een opdracht een ruimtelijk kunstwerk te maken voor een festival in een park. Ik wilde daarin gulden snede verhoudingen gebruiken, geen solide bouwwerk met starre lijnen, maar meer een ruimtelijke schets. Ik voerde het uit met sisaltouw en spande het tussen de bomen en de grond. Het werd een vijfzijdige piramide van 5 bij 5 bij 5 meter, vol pentagrammen. Toen ik het voor de eerste keer opbouwde, voelde ik een bijzonder fysiek effect terwijl ik in het midden stond, als of er aan mijn kruin getrokken werd en ik tegelijk steviger op de grond kwam te staan. In die tijd ontmoette ik verder weinig belangstelling voor dit soort effecten, maar bij een expositie zeven jaar later wilden veel



figuur 2  
Structuur van Water, onderzoek van Cees Kamp



figuur 3  
Spelen met geometrie



figuur 4  
Gevouwen ruimte T5-1 (2009)

mensen in het kunstwerk gaan staan om dit te voelen, alleen, of er in groepjes mee experimenteren.

Om meer te kunnen uitproberen maakte ik een bouwpakket met bamboe stokken in 7 verschillende lengtes, van 16,7 cm tot 3 meter, in gulden snede verhoudingen. De kleinste stokken waren om ontwerpen te maken, de langere om ze in het groot uit te voeren om de ruimtelijke werking te kunnen ervaren.

Waarom deze essentiële verhoudingen behulpzaam zijn bij het ervaren van ruimte, heeft volgens mij te maken met het feit dat je ruimte op zich niet kan zien. Wat je wel kan doen is je positie relateren aan punten in die ruimte en aan de verbindende lijnen en vlakken tussen die punten. De verhoudingen die in de natuur voorkomen, zitten ook in de structuur van ons lichaam en worden door sommige mensen ook in ons elektromagnetisch veld waargenomen. Aangezien ik geen wetenschapper maar kunstenaar ben, richt ik me niet op het proberen te bewijzen van deze vermoedens, maar om dergelijke waarnemingen als inspiratie te gebruiken voor het maken van ruimtelijke ontwerpen en die aan te bieden als ervaringskunst.

### Spelen met geometrie

Albert Einstein stelde dat er geen logische manier is om achter fundamentele wetmatigheden te komen. Intuïtie is volgens hem de enige manier, geholpen door een gevoel van 'orde achter de verschijningsvorm'. In 2004 organiseerde ik samen met een architecte een studiedag voor o.a. kunstenaars, architecten, yoga- en qi gong-leraren, allen mensen die zich goed bewust kunnen zijn van hun lichamelijke sensaties. Een van de oefeningen die we deden, was proberen waar te nemen wat er gevoelsmatig gebeurde als we ons opstelden in verschillende geometrische figuren. Iedereen vertelde welke fysieke veranderingen men voelde als deel van de figuur zijnde, als waarnemende buitenstaander, of als waarnemer binnenin de figuur. We raakten niet snel uitgespeeld, zo interessant was het

om er achter te komen dat je geometrische vormen samen heel goed kan voelen. Later heb ik in workshops dergelijke oefeningen herhaald. In verschillende groepen van mensen werd ongeveer hetzelfde gevoeld in de geometrische vormen. Zo wordt een vierkant algemeen als star ervaren: personen staan lijnrecht tegenover elkaar. Daarmee vergeleken werd een vijfhoek dan vaak als vrijer en dynamischer ervaren, de zeshoek weer steviger en statischer. Vooral de zevenhoek en een Keltisch vlechtwerk met 14 mensen gaf een zeer speciale sensatie. Onze taal schiet tekort om ervaringen bij zo een onderzoek uit te wisselen. Sommige mensen kunnen zich zeer poëtisch uitdrukken, maar welke woorden gebruik je om exacter uit te leggen wat je fysiek of emotioneel voelt? Daarnaast is de vraag: hoe noem je alle vormen, lijnen, verbindingen die je waarneemt? Je zou kunnen zeggen dat veel mensen 'vorm-analfabeet' zijn. Weinig mensen kunnen in één oogopslag zien of iets een vijfhoek of een zeshoek is. De platonische lichamen, als meest basale ruimtelijke vormen, zijn vaak onbekend, zelfs bij architecten en vormgevers. Het gebruik van rechte hoeken domineert in onze gebouwde omgeving en van de vijf platonische lichamen is alleen de kubus algemeen bekend. De andere vier hebben ook nooit een handigere naam gekregen dan de moeilijk te onthouden Griekse. Voor velen is het nog altijd een verrassing als je ze wijst op de geometrische structuren die zichtbaar zijn in natuurvormen.

### Taal van de creatie

Geometrie gaat over het indelen van ruimte. Het heelal bestaat, naast alle sterren en planeten, voor 99,9999% uit ruimte. Iedere atoom bestaat, naast de elektronen die om een kern draaien, voor 99,999% uit ruimte. Voor ieder deeltje van een deeltje geldt weer hetzelfde: grotendeels ruimte. De indeling daarvan is van wezenlijk belang. Niet los daarvan gaat geometrie ook over trillingsverhoudingen. Aangezien alles een elektromagnetische trilling is: licht, geluid, maar ook materie, is geometrie de basis-

kennis over de bouwstenen van alles in de natuur.

De geometrie van de natuur is echt een vormtaal. Als je de 'letters' (= getallen en verhoudingen) en de 'woorden' (= vormen-idiom) kent, kan je er zowel mee 'lezen' als 'schrijven'. Zelf iets creëren vanuit de basale kennis van deze geometrie leert je iets over de essentie van alle creatie, zowel van de natuur als in bouwkunst, vormgeving en muziek. Het maakt ook iets duidelijk over biodiversiteit, of waarom zoveel mogelijkheden tot eigenheid besloten liggen in één sterke basisvorm. Het is moeilijk om in de grilligheid van de natuur onderliggende structuren te ontdekken als je de geometrische vormtaal niet kent. Het is behulpzame kennis bij alle innovatie in techniek, kunst en wetenschap. Een voorbeeld. Plato koppelde de vijf ruimtelijke basisstructuren elk aan één van de vijf elementen. Moderne wetenschappers konden daar lange tijd niets mee. Nu wordt ontdekt (o.a. door Cees Kamp, Wageningen UR) dat clusters van watermoleculen inderdaad een structuur hebben met de icosaeëder als basis (*zie figuur 2*; zie ook [1]) en er is een studie (van Jean-Pierre Luminet, Laboratoire Univers et Théories, Parijs) naar de vorm van het heelal waar een model uitkomt dat de ruimte (bij Plato het element ether) er uitziet als een dodecaeëder.

### Geometrie in het onderwijs

De kennis van geometrie van de natuur lijkt mij zo essentieel dat het me verbaast dat het geen vaste plek heeft in het onderwijs in Nederland. In Mexico is dat bijvoorbeeld van oudsher wel het geval. Toch blijken individuele kinderen en studenten er wel degelijk interesse in te hebben, gezien het enthousiasme tijdens een pilot geometriedag buiten schoolverband voor kinderen van 8 tot 12. Deze groep kinderen stormde bij binnenkomst direct op de boeken met natuurvormen af en stortte zich gretig op het aangeboden geometrisch speelgoed. Het mooiste vonden ze het bouwen met de grote bamboestokken. In een zelfgebouwde ruimte kunnen gaan staan was voor hen net

zo interessant als ik dat zelf vind.

Bij een serie korte workshops aan middelbare scholieren bij een architectuurcentrum bleken een paar kinderen een fantastisch ruimtelijk inzicht te hebben. Binnen tien minuten construeerden ze een icosaeëder met stokken van ruim een meter (*zie figuur 3*). Ook de begeleidende natuurkundeleraar werd enthousiast. Hij was van oorsprong sterrenkundige en wist aanvullend te vertellen dat clusters van sterrenstelsels ook geometrische vormen hebben.

Sommige kinderen die in het gewone onderwijs hinder ondervinden van hun dyslexie, adhd of vormen van autisme, ontdekken door het spelen met geometrie de talentvolle keerzijde van hun 'stoornis'. Geometrie is een studie waarvoor je beide hersenhelften nodig hebt, met elkaar in balans. Het gaat om een evenwicht tussen logisch denken en intuïtie, tussen structuur en vorm, tussen waarden en relaties.

### **Van een 2d patroon naar een 3d gevouwen ruimte**

Mijn recente werk is een onderzoek naar gevouwen ruimte. Jaren geleden had ik me al eens verdiept in de Japanse kunst van het papiervouwen, naar aanleiding van een ontwerpopdracht voor een verpakking die in een kleine oplage met de hand gemaakt moest kunnen worden. De spelregels voor dit werk zijn dat je niets hoeft op te meten om de vouwlijnen te bepalen; iedere vouwlijn kan je afleiden van de vorige vouwen. Knippen en plakken is er ook niet bij. Het lijkt een enorme beperking om deze regels te hanteren, maar al doende blijkt deze manier juist veel mogelijkheden te bieden om tot een ruimtelijke vorm te komen. Kijk voor ongelofelijke origami op de website van Robert Lang<sup>[2]</sup> en naar zijn lezing bij *TED.com*<sup>[3]</sup>.

Twee jaar geleden begon ik architectonische vormen te ontwerpen: overkappingen, priëlen en paviljoens, gevouwen uit een plat stuk papier (*zie figuur 4*). Als je, geleid door enige kennis van geometrie, papier in de vorm van een vierkant of regelmatige vijf-, zes- of achthoek gaat vouwen, kom je vanzelf uit op de verhoudingen van de 'heilge geometrie'. Deze term klinkt wellicht wat beladen; 'heilig' betekent in feite 'heel' en het gaat om de geometrische structuur die je kan vinden in natuurlijke vormen. In verschillende tijdperken en culturen is deze geometrie gebruikt voor de bouw van tempels, kathedralen en moskeeën. Liever gebruik ik de term 'vormtaal van de natuur'. Deze manier van ontwerpen levert een logische structuur en tegelijkertijd een esthetische vorm op.

Bijzondere ruimtes, waarin o.a. de gulden snede, de  $(1:\sqrt{2})$ - en  $(1:\sqrt{3})$ -verhouding gebruikt zijn en die blijkbaar meespelen in de beleving van ruimte.

### **Wiskundeleraar**

Mijn eerste expositie met dit ruimtelijke vouwwerk was in het architectuurcentrum van dezelfde stad waar ik 36 jaar geleden op de middelbare school de wiskunde verruilde voor een vak dat mij totaal niet interesseerde, maar wel door een aardige leraar gegeven werd. Even kwam de gedachte in mij op: 'Stel, dat mijn oude wiskundeleraar nog leeft, en stel dat hij dit ziet?' Die gedachte was alweer weggezaakt, toen ik na een workshop, die ik in een naastgelegen zaaltje had gegeven, door de suppoost geroepen werd met de mededeling dat meneer O. er was. Hij was onder de indruk. Het was duidelijk dat dit niet de soort wiskunde was die hij zelf beheerste. Hij merkte licht schertsend op dat ik dus toch nog wat van hem geleerd had. Deze ontmoeting was bijzonder voor ons allebei. Hij kwam na ons afscheid nog even terug met een cadeautje. Ik realiseerde me welke rol hij onbedoeld heeft gespeeld in mijn pad naar zelfstudie op dit terrein, dat voor mij tot nieuwe uitkomsten en inzichten leidt. Maar ik denk dat, voor kinderen van nu, het aanbieden van basis-kennis van de 'geometrie van de schepping' heel waardevol zou kunnen zijn, zeker als dat op een creatieve en eigen manier verwerkt mag worden.

### **Aanbevolen literatuur**

- Prys Hemenway (2010): *De geheime code*. Kerkdriel: Librero Nederland b.v.
- Stephen Skinner (2006): *Geheime Geometrie*. Kerkdriel: Librero Nederland b.v.
- Michael S. Schneider (1994): *Ontdek en creëer zelf het universum*. Haarlem: Altamira-Becht.

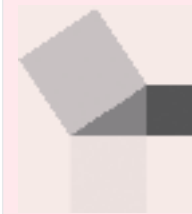
Meer aanbevolen boeken en websites staan op [www.carlafeijen.box.nl](http://www.carlafeijen.box.nl).

### **Noten**

- [1] [www.sbu.ac.uk/water/index.html](http://www.sbu.ac.uk/water/index.html) (website van Martin Chaplin)
- [2] [www.langorigami.com](http://www.langorigami.com)
- [3] [www.ted.com/talks/robert\\_lang\\_folds\\_way\\_new\\_origami.html](http://www.ted.com/talks/robert_lang_folds_way_new_origami.html)

### **Over de auteur**

Carla Feijen (1957) is beeldend kunstenaar en ontwerper, en organiseerde o.a. het kunst-educatieve project 'Dromenatlas' over de verbeeldingskracht van dromen en de workshops 'Spelen met geometrie'. E-mailadres: [carlafeijen@box.nl](mailto:carlafeijen@box.nl)



## **MEDEDELING / WISBASE.NL - EEN TOETSENBANK**

*WisBase.nl* is een website voor wiskundeleraars en door wiskundeleraars en is al ruim 10 jaar dé plaats waar wiskunde-toetsen uitgewisseld worden. Het delen van gemaakte toetsen staat centraal, maar er is ook steeds meer materiaal toegevoegd dat in lessen gebruikt kan worden.

Deelnemers van *WisBase* leveren bij inschrijving drie zelfgemaakte toetsen in, die vrij zijn van auteursrechten. Deze inschrijving geeft gedurende 1 jaar toegang tot al het materiaal in *WisBase*. Na dat jaar kan het lidmaatschap telkens verlengd worden door één nieuwe toets in te leveren. Vrijwilligers beheren de verschillende onderdelen van de website, en controleren de toetsen op authenticiteit.

Het komende jaar gaat er veel veranderen: er is een nieuwe website in ontwikkeling die het zoeken van toetsen eenvoudiger moet maken.

En, voor leden van de NVvW is er nu een *speciale aanbieding*: op de pagina <http://nvvw.wisbase.nl/> kunt u zich aanmelden voor gratis deelname tot 1 maart 2012! Indien u deelnemer wenst te blijven, levert u vóór 1 maart 2012 slechts twee toetsen in (natuurlijk vrij van auteursrecht).

Meer informatie? Schrijf daartoe een e-mailbericht aan de beheerder, Erik van den Hout ([evdhout@wisbase.nl](mailto:evdhout@wisbase.nl)).