

De verbeelding van de ruimte

Jan Kraak j.kraak@rug.nl

Deel 1

Al een paar duizend jaar bestaan er methoden om de ons omringende driedimensionale ruimte in een plat vlak af te beelden, zodat we ons de ruimte later weer kunnen 'verbeelden'. Dit artikel geeft hiervan een overzicht: perspectief, stereofotografie, synthetische stereobeelden, virtual reality, autostereogrammen en tot slot de nog experimentele 3D-tv.

Ruurd Wiersma en het perspectief

Voor de naïeve kunst was het in 1965 een goede dag toen de oliëkachel van de 61-jarige melkvaarder Ruurd Wiersma (1904-1980) ontplofte in zijn woonkamer in het Friese dorp Birdaard ten noorden van Leeuwarden. De kamer raakte onder een dikke, vette laag roet. Op advies van een huisschilder beplakte hij de zwarte kamerwanden met wit behangpapier. Maar de zo ontstane grote, witte oppervlakte smeekte hem om kleur. Dus kocht hij penselen en potjes fietslak en schilderde - de zestig reeds gepasseerd - in vijf jaar tijd zijn veelkleurige levenswerk 'de vier jaargetijden' op de

muren van zijn kamer. Door dit unieke kunstwerk werd Ruurd Wiersma bekend bij liefhebbers van naïeve kunst. Verder heeft hij ongeveer 300 schilderijen gemaakt, waaronder één van de Elfstedentocht die door Birdaard komt (figuur 1).

Omdat Wiersma geen enkele scholing had, had hij moeite om diepte in zijn werk te brengen. Op de brug en de weg aan de linkerkant heeft hij de regels van het perspectief weinig overtuigend toegepast. Maar dat maakt tegelijk de charme van zijn werk uit, want zó zag Wiersma de wereld. Tegenwoordig wordt het Ruurd Wiersma Hûs¹ in Birdaard druk bezocht.



Figuur 1. De Elfstedentocht van Ruurd Wiersma.

Perspectief

Lang hebben schilders net als Ruurd Wiersma 'moeite' gehad met het verbeelden van de ruimte op het platte vlak van een schilderij. Prehistorische rotstekeningen hadden nog geen perspectief. Middeleeuwse Europese religieuze kunst ontbeerde eveneens het perspectief in de moderne zin. Tijdens de Renaissance herontdekten Italiaanse kunstenaars de principes van de optica die de Grieken 2000 jaar daarvoor hadden ontdekt. Schilders als Brunelleschi en Alberti vonden met behulp van deze kennis het lineaire perspectief uit met een eindig verdwijnpunt. Ook gingen ze met licht en schaduw werken. Hierdoor kreeg de toeschouwer de illusie van ruimte.

Het laatste avondmaal (figuur 2) van Leonardo Da Vinci (1452-1519) demonstreert het perspectief met het verdwijnpunt op ooghoogte op nadrukkelijke wijze, hierdoor krijgt Jezus Christus midden aan de tafel extra aandacht. Het gebruik van het perspectief voorzag in de grotere behoefte aan realisme in de religieuze kunst. In de bestseller 'De Da Vinci Code' van Dan Brown worden enkele opmerkelijke zaken genoemd die met dit meesterwerk te maken zouden hebben².

In Nederland maakten schilders via een boek van Hans Vredeman de Vries in 1604 kennis met de grondregels van het perspectief. Het boek diende als voorbeelden-

boek, met een staalkaart van aan de klassieke oudheid ontleende elementen.

Chinees perspectief

Zoals met méér uitvindingen het geval is, waren de Chinezen ons West-Europeanen vóór met het perspectief. Omstreeks het begin van onze jaartelling gebruikten ze al het zgn. axonometrisch perspectief met het verdwijnpunt in het oneindige, waarbij dus alle zichtlijnen evenwijdig lopen (figuur 3). Later ging men ook in Japan dit perspectief toepassen, dat overigens tegenwoordig veel wordt toegepast in de computergrafiek³.

Aan het einde van de 19e eeuw raakten Europese kunstenaars in de ban van Japanse kunst, ondermeer door het 'vreemde' perspectief en het ontbreken van schaduw. Vincent van Gogh verzamelde Japanse prenten. Spoedig na Van Gogh schaften aanhangers van het Kubisme en ander Ismen uit het begin van de 20e eeuw het perspectief af. Maar in de figuratieve kunst leefde het perspectief voort.

De regels van het perspectief worden verder toegepast bij toneeldecors. Tuinarchitecten hebben tegenwoordig veel te maken met de 'drang' naar diepte in de tuin. Een veel gestelde vraag is: 'Wij hebben een tuin van 12 meter breed en 6 meter diep meneer, en hoe krijgen we nou diepte in de tuin?'



Figuur 2. Het laatste avondmaal van Leonardo Da Vinci.



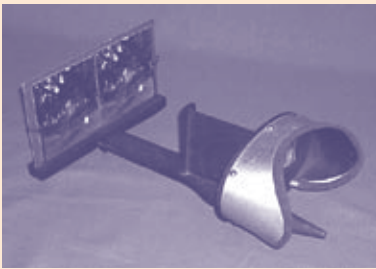
Figuur 3. Het Chinese perspectief, ook toegepast bij computer graphics.

Stereofoto's

Door perspectief te combineren met het stereo-effect kan men de ruimtebeleving van een vlakke afbeelding vergroten. Onze beide ogen zien de ruimte om ons heen met de daarin aanwezige objecten uit een iets verschillende hoek. Op de netvlies van onze beide ogen vallen zgn. stereobeelden die iets van elkaar verschillen. Ons brein interpreteert deze verschillen in termen van afstand, waardoor we gevoel krijgen voor waar de objecten zich bevinden. In de loop van de evolutie zal deze eigenschap zijn ontstaan: als een middel om te kunnen overleven in een vijandige wereld met 'achter elke boom een tijger'. Charles Wheatstone schreef in 1838 het eerste artikel over het stereo-effect.

Met een fotocamera met twee lenzen, die eenzelfde afstand van elkaar hebben als onze ogen, kan men twee iets verschillende stereofoto's maken. Door de foto's later met een houder (een stere-





Figuur 4. Stereoscoop



Figuur 5. Paarden hebben ogen aan weerszijden van het hoofd, en zien daarom maar beperkt stereo.

oscoop, zie figuur 4) voor de afzonderlijke ogen te plaatsen, ziet men de gefotografeerde omgeving weer terug in stereo. Soms kost het enige moeite om het stereo-effect te ervaren, terwijl sommigen het zonder stereoscoop kunnen, door de kijkrichting van de beide ogen te 'kruisen'. Vanaf de uitvinding van de fotografie in 1839 ontwikkelde zich ook de stereofotografie. Eerst vooral om schilderachtige landschappen en stadsgezichten in stereo te fotograferen. Tot in de twintigste eeuw kon men stereoscopen aantreffen in de huizen der welgestelden. Net zoals men later gezamenlijk vakantiedia's bekeek, was het vroeger niet ongebruikelijk om in gezelschap stereofoto's te bekijken en de stereoscoop aan elkaar door te geven.

Stereofotografie kwam ook in de wetenschap in zwang. In het depot van het Universiteitsmuseum bevindt zich een collectie stereocamera's en stereoscopen, alsmede een stereodiaprojector. Vanaf ongeveer 1950 was de Viewmaster, met cassettes voor stereofoto's, een populair kinderspeelgoed. Ook tegenwoordig kan men nog stereocamera's, waaronder digitale, kopen met bijbehorende stereoscoop.

Synthetische stereobeelden

In de tweede helft van de 20e eeuw werd de computer al snel toegepast om stereobeelden te genereren. Bela Julesz genereerde in 1962 in één figuur stereobeelden die waren opgebouwd uit rode en groene punten die zonder enige regelmaat (*random*) waren aangebracht. Bij zijn boek: 'Foundations of Cyclopean Perception'⁴ was een brilletje gevoegd met een rood en een groen glas, waarmee elk oog het daarvoor bestemde stereobeeld opving. Met deze beelden toonde Julesz aan dat een mens stereo kan ervaren zon-

der 'hulpmiddelen' als perspectief en schaduwen. Een stereoafbeelding waarvoor een roodgroene bril nodig is wordt ook *anaglyph* genoemd.

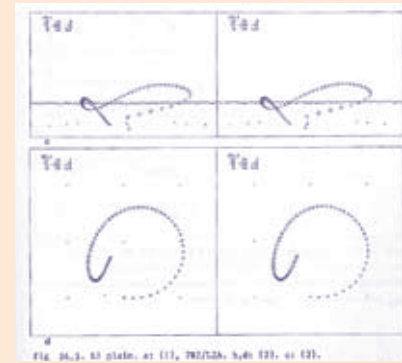
Stereo-zien is niet alleen voorbehouden aan mensen, ook dieren met overlappende gezichtsvelden zien stereo. Een paard heeft ogen aan weerszijden van het hoofd, daarom ervaart het de wereld anders dan een mens. Alleen wat in de driehoek recht voor het paard is, kan hij goed met twee ogen bekijken en met diepte zien (figuur 5). Het gevolg is dat een paard zijn hoofd naar iets toe moet draaien om goed te kunnen zien⁵.

Boemerangbanen

Felix Hess liet omstreeks 1970 stereobanen⁶ tekenen op de penplotter van het Rekencentrum in het kader van zijn bekende onderzoek naar de terugkeer van de boemerang, waarvoor hij als eerste een goed werkend model heeft opgesteld. Hij gebruikte aanvankelijk een ouderwetse stereoscoop van Herman Coster, die hem assisteerde bij het oplossen van technische problemen. Coster had de stereoscoop geërfd van zijn vader: de vroegere Groningse hoogleraar Fysica D. Coster. Hess' proefschrift bevat een groot aantal stereoafbeeldingen van boemerangbanen (figuur 6). Om die te kunnen bekijken, bevatte het lijvige proefschrift een los meegeleverde opklapbare stereoscoop. Tijdens de promotieplechtigheid in 1975 nodigde prof. Hendrik de Waard Hess uit om een boemerang te gooien in de Aula van de universiteit. Speciaal voor dat doel had Hess een boemerang gemaakt van lichtbalsa hout met een kleine draaicirkel, die paste bij de Aula.

Virtual reality

Ruimtelijk realisme is altijd belangrijk geweest in *computer graphics*.



Figuur 6. Boemerangbanen uit het proefschrift van Felix Hess (1975), een stereoscoop is nodig

Aanvankelijk paste men perspectief en schaduw effecten toe om ruimte te suggereren, maar stereobeelden zijn beter. Al deze opties zaten vanaf het begin van de jaren negentig in visualisatie-programmatuur, die was toe te passen op de beeldschermen van werkstations, bijvoorbeeld van SGI. Later werd dat ook mogelijk op huis-, tuin- en keuken-pc's.

Bij stereobeelden op één plat beeldscherm sta je *buiten* de weergegeven scène. Het is net alsof je naar een aquarium staat te kijken. Met de komst van de techniek die bekend staat als *virtual reality* (VR) werd het mogelijk om je binnen een synthetische driedimensionale werkelijkheid te wanen.

In 1996 kreeg de RUG zijn eerste VR-installatie. Deze was uitgerust met een *head mounted display* (HMD): een soort helm voorzien van twee piepkleine beeldschermjes met een resolutie van 240*230, waarop door een computer berekende stereobeelden voor beide ogen werden geprojecteerd.

In 2002 kwamen er in de Zernikborg VR-faciliteiten die geschikt zijn voor meerdere personen: de Reality Cube en het Reality Theatre⁷. Op de wanden van deze systemen worden in snelle afwisseling stereobeelden voor het



Figuur 7. Vanuit een skybox in de toekomstige Euroborg.

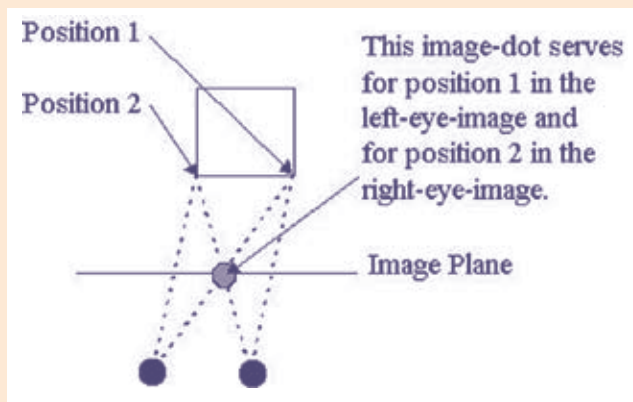
linker en het rechteroog geprojecteerd. Met zgn. *shutter glasses* krijgen de beide ogen afwisselend de voor die ogen bestemde stereobeelden beelden aangeboden, waardoor het stereoeffect ontstaat. Aanwezig is ook een draagbaar stereodisplay-systeem dat werkt met gepolariseerd licht⁸.

Een recente, commerciële, toepassing is de visualisatie van de Euroborg: het nieuwe voetbalstadion van Groningen. Een toekomstige huurder van een skybox kan al vast zijn skybox beoordelen en het fraaie uitzicht dat hij van daaruit heeft (figuur 7). De visualisatie van Groningen Seaports is een ander recent voorbeeld⁹.

Stereo zonder bril

Bij alle tot nu toe genoemde stereotoepassingen is een 'bril' nodig om stereobeelden samen te voegen. Rond 1990 werd het zgn. auto-stereogram uitgevonden waar de beelden voor beide ogen zodanig in één figuur zijn verwerkt, dat er geen bril meer nodig is – al is enige oefening vaak wel nodig om het gewenste effect te zien. Bela Julesz was reeds in staat om met behulp van een viewer stereo te zien in een uit random-punten opgebouwd beeld. Een auto-stereogram gaat een stap verder en is opgebouwd uit punten die zodanig in één figuur zijn geplaatst dat ze elk deel uitmaken van beide stereobeelden (figuur 8).

In de jaren negentig waren auto-stereogrammen, ook wel *sirds*



Figuur 8. Het over elkaar heenleggen van beelden voor het linker en het rechter oog in een auto-stereogram.

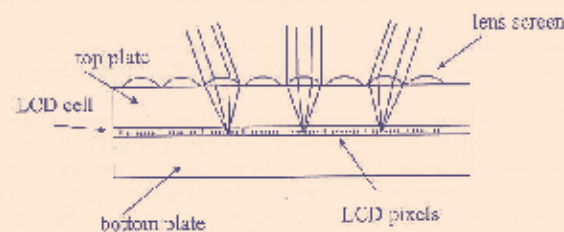
genoemd, erg populair, net zoals viewmasters en stereofoto's eerder. Op het web kan men veel programma's voor *sirds* vinden en ook veel voorbeelden.

Autostereoscopische beeldschermen

Er zijn ook autostereoscopische beeldschermen op de markt. Philips maakt bijvoorbeeld zo'n type beeldscherm bestaande uit een gewoon LCD-scherm waarover in verticale richting een groot aantal evenwijdige cilindrische lenzen zijn aangebracht (een *lenticular screen*) - het scherm is dus geribbeld. De brandpunten van de lenzen vallen samen met het LCD-scherm, (figuur 9). Onze beide ogen zien het beeldscherm onder een iets verschillende horizontale gezichtshoek. Ze ontvangen dus punten die in de horizontale richting iets ten opzichte van elkaar zijn verschoven. Door nu de ten opzichte van elkaar verschoven verzameling punten elk van een stereobeeld te voorzien, kunnen we stereo zien zonder een bril. Deze autostereoscopische beeldschermen hebben medische toepassingen¹⁰, maar er zijn veel andere toepassingsmogelijkheden.

Stereo-tv

Het zal duidelijk zijn dat 'stereo zonder bril' hoog op het verlang-



Figuur 9. Doorsnee van autostereoscopisch LCD-beeldscherm.

lijstje staat van de producenten van televisietoestellen. Want wat is er mooier voor velen dan om een voetbalwedstrijd in 3D te zien en precies de bal te kunnen volgen; of om in een krimi de boef achter een boom te kunnen zien staan? Zo'n twintig jaar geleden zijn er experimenten gedaan met 3D-tv, waarvoor een roodgroen brilletje nodig was. Dat was geen succes.

Op de grote *computer graphics*-conferentie SIGGRAPH in 2004 was een experimentele opstelling van een 3D-tv zonder bril één van de trekpleisters¹¹. Maar het zal nog wel geruime tijd duren voordat u thuis 3D-tv heeft.

noten

- 1 www.ruurdwiersma.nl
- 2 www.broodjeap.nl/codex.html
- 3 J. Krikke, A Chinese Perspective for Cyberspace?, www.iias.nl/iiasn/iiasn9/eastasia/krikke.html
- 4 B. Julesz, Foundations of Cyclopean Perception, The University of Chicago Press, 1971. Cyclopen waren wezens uit de Griekse mythologie met slechts één oog op het voorhoofd
- 5 www.sport.nl/boek.php3?artid=1384
- 6 F. Hess, Boomerangs, Aerodynamics and Motion, proefschrift Rijksuniversiteit Groningen, 1975
- 7 Centrum voor High Performance Computing & Visualisation, www.rug.nl/rc/hpcv
- 8 www.rug.nl/gvc/facilities/powerwall
- 9 www.rug.nl/rc/hpcv/nieuws/gseaports
- 10 Real-Time Auto-Stereoscopic Visualization of 3D Medical Images www.research.philips.com/technologies/display/3d/downloads/SPIE-3976-04-1459.pdf
- 11 W. Matusik, H. Pfister, 3D TV: A Scalable System for Real-Time Acquisition, Transmission and Autostereoscopic Display of Dynamic Scenes, proceedings SIGGRAPH 2004.