
Jan Kraak

Pionieren op het Rekencentrum

*Van ZEBRA tot
informatievisualisatie*

Met een voorwoord van Jan Hemel



Jan Kraak

Pionieren op het Rekencentrum

Van ZEBRA tot informatievisualisatie

Met een voorwoord van Jan Hemel

University of Groningen Press

Groningen 2022

Colofon

Pionieren op het Rekencentrum

Uitgegeven door University of Groningen Press
Broerstraat 4
9712 CP Groningen

Voor het eerst gepubliceerd in Nederland © 2022 University of Groningen Press

Met een voorwoord van Jan Hemel

Auteur: Jan Kraak
Eindredactie: Frank den Hollander en Kristien Piersma
Omslagontwerp en opmaak: Hans Miedema

ISBN print: 978-94-034-2944-1
ISBN ePDF: 978-94-034-2945-8

DOI 10.21827/61b0b6f6eb5e5



Dit werk is verschenen onder de Creative Commons licentie:
NietCommercieel-GeenAfgeleideWerken 4.0 Internationaal (CC BY-NC-ND 4.0).

De volledige licentievoorwaarden zijn beschikbaar op
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>

Inhoud

4	Voorwoord	2
6	Vooraf	3
7	Pioniers	
	Pioniers	
10	1 Pioniers van de ZEBRA aan de Reitdiepskade 1959-1964 * (2001)	
17	2 Donald W. Smits, de eerste directeur * (1998) <i>(door Leo van der Weele)</i>	
21	3 Het Rekencentrum aan de Groote Appelstraat, 1964-1972 * (2002)	
30	4 Een dag bij 'echte' computerpioniers * (2000)	
34	5 Pioneering Software in the 1960s * (2006)	
	Twee werelden van programmeren	
42	6 De programmeertaal ALGOL 60 * (2010)	
45	7 Gestructureerd programmeren volgens E.W. Dijkstra * (2002)	
51	8 Elementaire deeltjes fysica met schoonschip van M.J.G. Veltman * (2010)	
	Zoektocht Informatievisualisatie	
56	9 Zoektocht naar de oorsprong van de grafische voorstelling * (1998)	
60	10 Waarom werkt informatie visualisatie zo goed? * (2005)	
67	11 Informatievisualisatie met tree maps * (2003)	
73	12 Wanden vol pictogrammen * (2008)	
	Veertig jaar visualisatie op het Rekencentrum rug	
78	13 De plottertijd met komplot * (2004)	
86	14 Wetenschappelijke visualisatie en Virtual Reality * (2004)	
	Andere visualisatietoepassingen	
94	15 De informatisering van kristallografie * (2009)	
101	16 Schelpen seksen en modelleren * (2007)	
107	17 Computerkunst(jes) * (2006)	
113	18 Geografische Informatie Systemen * (2004)	
119	19 Segmentatie bij medische visualisatie met Amira (medvis) * (2001)	
	De verbeelding van de ruimte	
126	20 Afbeelding van de ruimte op een plat vlak * (2005)	
132	21 Kijken in de N-dimensionale ($N > 3$) ruimte * (2005)	
137	22 Visualisatie van documenten c.q. de heilige graal (visdoc) * (2001)	
	'Grote sommen' berekenen en visualiseren	
146	23 Seymour Cray, de vader van supercomputing (cray) * (2003)	
150	24 Grand challenges: de virtuele Titanic * (2003)	
	De ontwikkeling van datacommunicatie	
158	25 Vooraf aan de aansluiting op internet in 1989 * (2005)	
165	26 De aansluiting op internet en e-mail in 1989 * (2005)	
171	27 Het World Wide Web (www) * (2005)	

Voorwoord

door Jan Hemel

Leuk om zo'n uitgebreide geschiedenis te lezen van een vak waarin het verleden geteld wordt in jaren in plaats van in eeuwen. Toch verdienen enkele aspecten naar mijn mening extra aandacht, ondanks dat Jan Kraak ze niet onvermeld laat.

Allereerst is dat Jans eigen aandeel in deze geschiedenis. Gedurende meer dan een decennium (of waren het er twee?), en deze jaren tellen in de automatisering meervoudig, net als hondenjaren, was hij de ontwerper en bouwer van een toonaangevend programma op het gebied van grafieken maken, Komplot.

Iemand die een grafiek wil maken heeft doorgaans de indruk dat hij of zij zeer bescheiden wensen heeft. "Ik wil gewoon een simpel grafiekje van... ." Meestal blijkt echter dat er tientallen latente wensen zijn die men zich niet realiseert. Dit maakt het bouwen van een grafiekenprogramma dan ook tot een uitdaging. Gebruikers blijken als puntje bij paaltje komt moeilijk tevreden te stellen.

Het was in de tijd dat grafische monitoren nog voorbehouden waren aan een elite, printwerk door regeldrukkers werd gedaan die slechts hoofdletters kenden, en de eerste plotters opkwamen, die met een soort mechanisch handje een viltstift over een vel papier stuurden. Muizen werden beschouwd als ongedierte of proefdieren, en ook klikken had een andere betekenis dan tegenwoordig.

Komplot werd dan ook bediend door het typen van commando's. Met speciale CHANGE-commando's kon je het uiterlijk van de grafiek aanpassen aan je wensen. Deze CHANGE-commando's hadden een codenummer voor

elke uiterlijke wijziging. Destijds ging de service van het Rekencentrum nog zover dat je een extra CHANGE-variant kon aanvragen als je wensen had die nog niet door Komplot gerealiseerd konden worden. Jan heeft er verscheidene voor mij bijgebouwd. Dit was de enige periode dat ook ik komplotdenker was, met vele anderen. Maar wel met een k natuurlijk.

Dat brengt mij op een tweede verschil met de dienstverlening van nu dat aandacht verdient.

De dienstverlening was nagenoeg onbeperkt. Als het maar naar automatisering reikte, dan stond men bij het Rekencentrum klaar om het aan te pakken. Ik herinner me niet dat er rekeningen voor werden verstuurd. Als student heb ik me er vaak over verbaasd dat ik programmeerles kon krijgen en de centrale computer gebruiken zoveel ik wilde, dat men op verzoek een tape voor mij verwisselde en prints voor mij klaarlegde, dat er deskundigen aan de telefoon werden gehaald nadat ze via de intercom waren opgeroepen, zonder dat er ooit over geld is gepraat.

Zo gaat dat in de begintijd van nieuwe voorzieningen, als het nog niet storm loopt en de verwachtingen nog niet gemanaged hoeven te worden.

Had je, als student of medewerker, een probleem met bijv. SPSS, Komplot, of met een programma dat je zelf aan het maken was? Bij het Rekencentrum was tot 's avonds laat de Consultatiedienst bemenst met iemand die van IT-wanten wist. Je kreeg dus inhoudelijke hulp, niet alleen bedieningshulp. Ik prijs mezelf gelukkig dit niveau van ondersteuning nog te hebben meegemaakt van beide kanten, als gebruiker en later ook als dienstverlener.

Velen zouden het liefste deel uitmaken van de pioniersperiode van iets nieuws, als de grenzen van de dienstverlening nog onbepaald, en stippen op de horizon nog niet aan de orde zijn. En er dan aan ongelovige oren over vertellen.

Het is Jan gelukt.

Van de redactie

Jan Kraak was programmeur bij het in 1959 opgerichte Rekencentrum van de Rijksuniversiteit Groningen, later het Centrum voor Informatie Technologie (CIT). In het ICT-magazine Pictogram schreef Kraak jarenlang artikelen over zijn werk; van het eerste Zeer Eenvoudige Binair Reken Apparaat (ZEBRA) tot en met de laatste ontwikkelingen op het gebied van informatievevisualisatie en uiteindelijk de komst van het world wide web.

In 2006 ging Jan Kraak met pensioen, maar hij bleef schrijven voor Pictogram. Dit boek bevat een door hemzelf gemaakte selectie van zijn meest interessante artikelen; een boeiende geschiedenis van een halve eeuw universitaire rekenfaciliteiten.

Bij de eindredactie van de artikelen viel het ons op, hoeveel er in slechts enkele decennia is gebeurd in de wereld van de informatietechnologie. Kraak beschrijft met verve de pionierstijd op het Rekencentrum, de fietstassen vol ponskaarten, de meterslange ponsbanden en de verbluffende resultaten die wekenlange rekensessies met een computergeheugen dat nu op een USB-stickje zou passen, toch nog opleverden.

Omdat Kraaks laatste bijdrage aan Pictogram ook alweer van enkele jaren terug dateert, is het goed ons te realiseren dat deze artikelen vooral een goed beeld geven van de tijd waarin ze zijn geschreven. De nieuwste ICT-ontwikkelingen die de auteur enthousiast beschrijft, komen ons slechts enkele jaren later voor als vertederende kleine stapjes op de weg naar steeds snellere en geavanceerdere computertoepassingen.

Een mooie vertelling over de beginjaren van het werken met computers, zo kan dit boek dus het best beschreven worden; Jan Kraak als de contemporaine getuige van een ontwikkeling die nog in de kinderschoenen stond. Maar ook een tijdperk waarin nog niet alles snel en gehaast moest, zo schrijft hij: 'Je moest je levenstempo erop afstemmen en alleen mensen met veel geduld voelden zich er helemaal gelukkig bij.'

Dat geluk spreekt uit elk verhaal in deze sympathieke bundel.

Frank den Hollander
Kristien Piersma

februari 2022

Pioniers waren we tijdens de eerste jaren van het in 1959 opgerichte Rekencentrum. Veel moest er nog worden uitgevonden. Door de trage verwerking van de programma's en de gebrekkige programmeerhulpmiddelen ging alles moeizaam en traag. Je moest je levenstempo erop afstemmen en alleen mensen met veel geduld voelden zich er helemaal gelukkig bij.

Programmeren gebeurde eerst in machinecode. De eerste directeur, dr. Donald W. Smits, noemde dat 'een heel gedonder' en vergeleek een programmeur met een schrijver uit de Middeleeuwen. Toen ik in 1969 op het Rekencentrum kwam waren de ergste kinderziekten al voorbij. Je kon al programmeren in de zogeheten hogere programmeertalen ALGOL en FORTRAN, wat een grote vooruitgang was op machinecode.

Na de ponsband bracht de ponskaart als drager van programma's en data een grote verbetering. Maar soepel interactief computergebruik liet nog wel twintig jaar op zich wachten. Vooral op het gebied van toepassingsprogrammatuur, zoals statistische programma's en teksteditors, viel er nog veel te ontwikkelen.

Van Smits kreeg ik de gelegenheid om na mijn studie wis- en natuurkunde mijn eigen weg te vinden in de ontwikkeling van het grafiekenprogramma KOMPLOT, waar ik lang aan werkte. Hiermee werd het ontdekken van verborgen patronen in grote hoeveelheden data een stuk simpeler. KOMPLOT stond voor het bevel 'Kom plot'. Achteraf gezien heb ik veel te lang aan KOMPLOT gewerkt, maar de zucht naar perfectie paste toen bij de door Smits gestimuleerde bedrijfscultuur op het Rekencentrum.

De gestencilde RC-mededelingen werden later het magazine InteRCom, en dat werd vanaf 2009 het ICT-magazine Pictogram, onder gezamenlijke redactie van het CIT (zo heette het Rekencentrum inmiddels) en de Universiteitsbibliotheek.

In Pictogram schreef ik over allerlei facetten van mijn werk, zoals programmeren, gebruikersvriendelijkheid, visualisatie en datacommunicatie. Dat deed ik op een losse, essayistische manier, die mij het beste beviel.

Over een periode van ruim 10 jaar, nog tot na mijn pensionering in 2006, schreef ik ruim 30 essays met de nadruk op het pionieren. De vaak met lange tussenpozen van elkaar geschreven essays (zie pag. 156 *De ontwikkeling van datacommunicatie*) bleken later wonderwel te ordenen tot één geheel, op enkele doublures en niet geheel consistente hoofdstuktitels na. Blijkbaar zat de opbouw, zonder dat ik dat zelf besepte, al vroeg in mijn hoofd.

Jan Kraak

augustus 2020

Pioniers

1 Pioniers van de ZEBRA

aan de Reitdiepskade, 1959-1964

Voor het volgen van colleges Wiskunde kwam ik in het begin van de jaren zestig dikwijls in een voornaam pand met een souterrain aan de Reitdiepskade in Groningen. Daar was toen het Mathematisch Instituut van de Rijksuniversiteit Groningen in gevestigd. Het was een voormalig woonhuis met onder de monumentale hoofdtoegang een wenteltrap, vroeger bestemd voor het dienstpersoneel. Het was nog in de tijd vóór de grote democratiseringsgolven wij als studenten werden niet geacht door de hoofdingang, maar via de souterraintrap naar de op de bel-etage gelegen collegezaal te gaan.

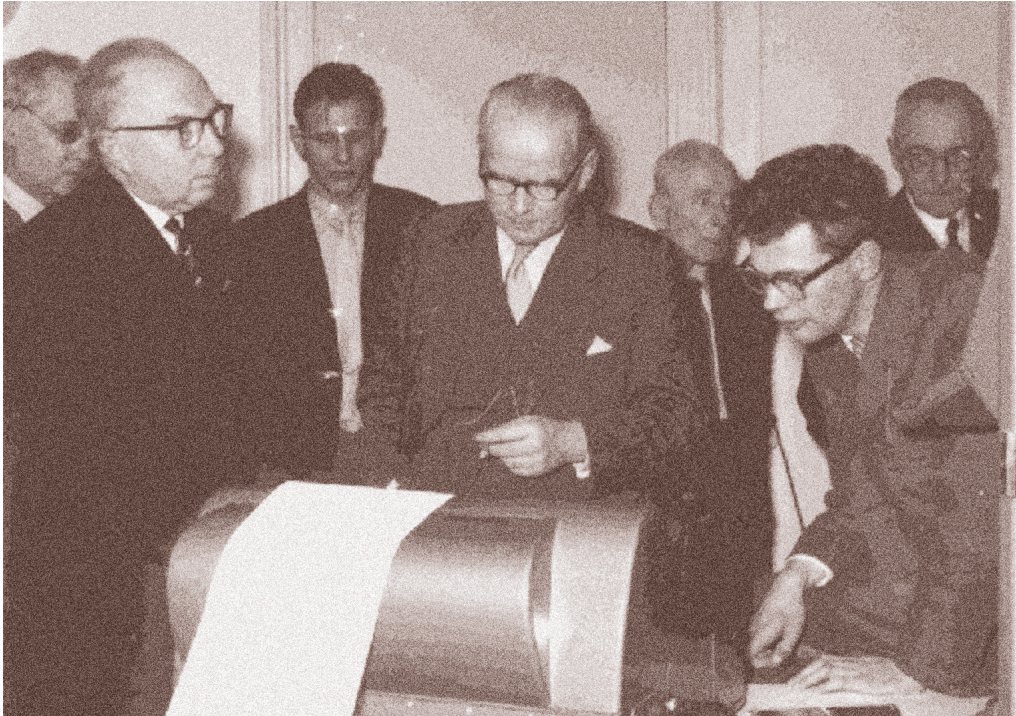


*Het Mathematisch Instituut
aan de Reitdiepskade, tweede
gebouw van rechts.*

In het souterrain bevond zich naast de kapstokken een deur die toegang gaf tot een geheimzinnige kamer, waarin zich de eerste computer van Groningen zou bevinden, de ZEBRA. ZEBRA stond voor **Z**eer **E**envoudig **B**inair **R**eken **A**utomaat. Dit soort namen waren toen in de mode. Met eigen ogen heb ik die computer toen nooit gezien. Wel herinner ik me dat door de kieren van de deur zich gele ponsbanden naar buiten persten als waren het kwaadaardige gezwollen.

Nobelprijswinnaar Zernike bij ingebruikname ZEBRA in 1959 • Bij de officiële ingebruikname van de Groningse ZEBRA in 1959 waren enkele prominenten aanwezig, waaronder burgemeester J. Tuin (in het midden met een sigaartje in de hand) en rechts achter hem Nobelprijswinnaar professor F. Zernike (1988-1966), hoogleraar Natuurkunde. Hij was de uitvinder van de fasecontrastmicroscop, die een aanvulling was op de gewone microscoop waarmee het inwendige van cellen zichtbaar kon worden gemaakt. Terwijl de andere mannen vol aandacht waren voor het belangrijke moment, leek het erop alsof Zernike geen belangstelling had. Maar blijkens zijn aanwezigheid op het symposium over Moderne Rekenmachines in 1949 in het Mathematisch Centrum in Amsterdam, had Zernike wel degelijk interesse in de mogelijkheden van moderne rekenmachines.

Rechts van Zernike staat Henk Buurema die, te oordelen naar de stand zijn hand, de ZEBRA in werking heeft gesteld. Pas in 1997 zag ik in het echt een ZEBRA op de tentoonstelling *Rekenwonders en superbreinen* in het Groninger Universiteitsmuseum, die was ingericht door historicus Lammert Doedens.



Omdat ik iets wilde weten over de ZEBRA, had ik op een vinnig koude middag in januari 2001 een gesprek met Leo Th. van der Weele, die toen al bij het RC werkte, en met dr. Jan Luyten die al ongeveer tien jaar met pensioen was. Alvorens ik in ga op hun persoonlijke geschiedenissen, vertel ik eerst iets over de technische kant van de ZEBRA.

Ponsband • Gezien door de ogen van vandaag was de zebra een zeer primitieve en trage machine (een optelling duurde 30 milliseconden), maar toentertijd was het een geweldige vooruitgang vergeleken met de via een zwengel te bedienen handrekenmachines. De ZEBRA was toen 'state of the art'. Allerlei tot op dat moment onoplosbare problemen konden toen worden berekend. In zijn tijd was de zebra een prima computer. In- en uitvoer ging via ponsband: een smalle opgerolde papierstrip met daarin coderingen via gaatjescombinaties. Alle programmeurs konden de gaatjescoderingen vlot lezen: nu een lang uitgestorven kunst. Grote programma's vergden tientallen meters ponsband, die na inlezen weer moest worden opgerold. Daarbij kon van alles misgaan. Programmacorrecties vergden allerlei priegelwerk, het begrip *editor* bestond nog niet. Nog in 1965 was er een soort duplicerapparaat, waarmee je de band kon dupliceren tot vlak voor de fout. Dan bracht je met een speciaal apparaatje de goede ponsgaten aan, waarna je de rest van de ponsband dupliceerde. Via een soort printer kon je een leesbare afdruk op papier van de ponsband maken.

Puzzeltrucologie • Vergeleken met binair coderen, met nullen en enen, was programmeren in *Simple Code* al erg geriefelijk. Met de instructie 'H x' haalde je bijvoorbeeld een getal uit de locatie 'x' van het geheugen over naar het rekenregister en met de instructie 'A y' telde je het getal in locatie 'y' op bij de huidige inhoud van het

rekenregister. Soortgelijke instructies had je voor vermenigvuldigen en delen. De geheugenplaatsen bevonden zich in de vorm van magnetische ladingen op de buitenkant van een ronddraaiende trommel, vandaar de naam trommelgeheugen. Het was de kunst om er voor te zorgen dat, als je het getal uit de locatie 'x' van het geheugen wilde halen, die locatie op de trommel ook net voorbij de leeskop kwam, anders moest je een draaicycclus wachten. De ZEBRA had een meter die de gemiddelde wachttijd aangaf. Het hoofdgeheugen van 32 kB was erg beperkt, het vergde veel vernuft, ook wel puzzeltrucologie genoemd, om een probleem binnen het beschikbare geheugen te programmeren. Men kon maximaal een matrix van 30×30 inverteren. Behalve enkele goniometrische functies, had je geen numerieke bibliotheek.

Sollicitanten voor de functie van programmeur werd toen gevraagd of ze goed konden puzzelen.

Jan Luyten uit Leiden • Jan Luyten (1926) was die middag **niet** in een geriefelijk automobiel met de verwarming op de hoogste stand naar het RC gekomen zoals dat een heer van zijn stand zou betamen, maar gewoon op de fiets, zoals hij zijn hele leven al was gewend. Zijn lange, door zijn vrouw Griet gebreide rode shawl zal wel alle kanten hebben opgewaaid. Als ik dat tafereel zag, vreesde ik altijd dat de shawl in zijn spaken zou komen.

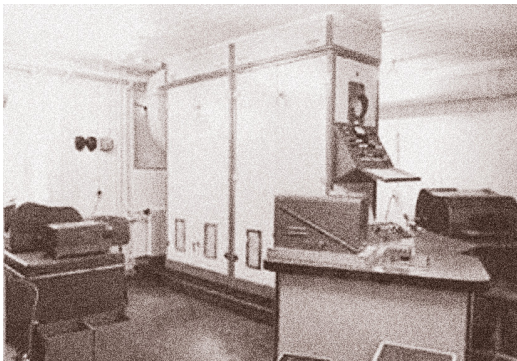
In 1943 deed hij eindexamen, maar omdat in de Tweede Wereldoorlog de universiteiten waren gesloten, ging hij door op het Gymnasium. Toen heeft hij veel piano gespeeld om de tijd door te komen. Het laatste oorlogsjaar kwam hij niet op straat, om niet opgepakt te worden. Na de oorlog ging Luyten Theoretische Natuurkunde in Leiden studeren. Als een echte 'Leenaar' liet hij nog steeds de 'd' weg als hij Leiden uitsprak. Op zijn afdeling, waar veel prominente fysici waaronder Einstein hadden gewerkt - en iets van die roem straalt altijd af op de anderen - werd al vlak na 1945 over computers gesproken, waarover men geruchten uit Amerika had vernomen. Het zelf maken van computers zat toen kennelijk 'in de lucht', maar in Groningen was men nog lang niet zo ver... Luyten was vlak na de oorlog in een grimmige tijd principieel dienstweigeraar. Voor vervangende dienstplicht was hij drie jaar verpleger in een psychiatrische inrichting. Na afloop kon hij maar moeilijk weer aan het studentenleven wennen.

In 1960 volgde Luyten, inmiddels afgestudeerd, zijn promotor professor Tolhoek naar Groningen. Toen hij voor zijn promotieonderzoek een golf functie moest uitrekenen, nam hij contact op met een numericus van het Mathematisch Instituut. Die analyseerde eerst je probleem en deed daarna zelf de programmering of delegeerde die aan een programmeur.

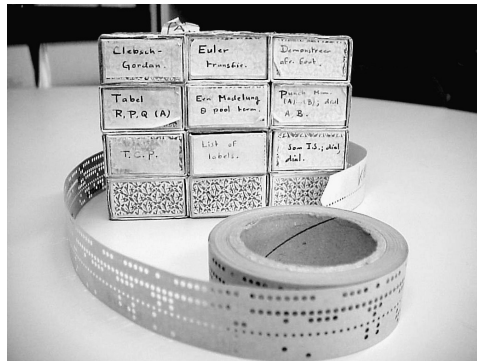
Clebsch-Gordo • Toen Jan Luyten afscheid van het RC nam, liet hij op zijn kamer een batterij van twaalf netjes aan elkaar gelijmde medicijndoosjes achter, waarin hij vroeger ZEBRA-ponsbanden had bewaard. Op de doosjes zaten labels met wonderlijke teksten als Clebsch-Gordon, Euler transie en



Harm Schurer aan het werk met de ZEBRA



De ZEBRA



*Ponsband en medicijnendoosjes waarin Jan Luyten
ZEBRA-ponsbanden bewaarde.*

Een Madelung 8 pool term. Die doosjes heb ik bewaard en ik had nu eindelijk de kans om hem daar wat over te vragen. In elk zat nog een klein ponsbandje. Toen ik vroeg wat hij daarmee berekend had, rolde hij het bandje af en probeerde het te lezen; maar die kunst was hij ondertussen kwijt.

Hij vertelde dat op de ponsbandjes subprogramma's stonden. Je liet je hoofdprogramma stoppen, las zo'n subprogramma uit een doosje in om bijvoorbeeld een Clebsch-Gordon-coëfficiënt uit te rekenen, en vervolgde na afloop ervan weer het hoofdprogramma. Voor subroutines had je later *software libraries*, maar toen kon het niet anders.

Beëdigd hoffilosoof • Sommigen herinneren zich Jan Luyten nog van zijn contrasterende, studentikoze en onconventionele levensstijl: zijn charme. Om de stilte op



Jan Luyten probeert een ponsband te lezen



*Leo van der Weele,
de eerste programmeur*

zijn kamer te verdrijven, had hij een wekker zonder wijzers op zijn kamer voor de 'gezelligheid'. Luyten voerde - misschien had hij het zelf niet eens door - gemoedelijke gesprekken met zijn computer, soms hoorde je hem 'schatteboutje' zeggen. 'Oef' en 'zoef' waren zijn stopwoorden. Als hem iets niet zinde of als hij een probleem signaleerde, dan schreef hij soms een mild filosofisch stuk, zoals 'De nieuwe kleren van de Keizer of waarom de planning nooit klopt' (J.R. Luyten, beëdigd hoffilosoof), dat nog steeds ter zake is. Een ander verhaal, J.R.L.: *Pa Pinkelman in de politiek*, ging over de soms te hoog gespannen verwachtingen van gebruikers die zich niet in technische details wilden verdiepen. Luyten, die in 1964 bij het RC kwam en in 1968 promoveerde, zou bij fysici bekend worden door een programma dat 'Mössbauer-spectra' analyseerde. Verder heeft hij veel aan signaalanalyse en TeX gedaan.

Leo Th. van der Weele • Van der Weele, geboren in Singapore (1936), bracht zijn vroege jeugd door in het voormalige Nederlands-Indië; in de oorlog zat hij in een Jappenkamp. Na de oorlog bezocht hij evenals Luyten de HBS in Overveen, waar hij de toen gevierde Anton Pieck als tekenleraar had. Hij ging in Groningen Wiskunde studeren, vooral statistiek had zijn belangstelling. In tegenstelling tot Jan Luyten, die al in het begin van zijn studie had gehoord over computers, werd daar in Groningen zelden over gepraat. Pas na de komst van de ZEBRA in 1958 werd Van der Weele zich daar van bewust. Jaren na de intrede van de computer werden de practica Numerieke Wiskunde nog steeds met handrekenmachines met een zwengel ('koffiemolens') gedaan. Toen er voor de ZEBRA werkstudenten werden gevraagd voor f 2,25 gulden per uur, greep Van der Weele die kans. Studenten van allerlei studierichtingen volgden zijn voorbeeld.

Werkstudenten • De grootste klus voor werkstudenten was het promotieonderzoek van sterrenkundige H. van Woerden, die de zgn. '21 cm



*Rekencentrum-medewerker nr. 1 Louis van Zwet (r) en
oud-directeur Henk van Linde tijdens de reünie van 2018*

waterstof spectraallijn', opgenomen door de radiotelescoop in Dwingeloo, analyseerde in termen van 'Gauss-krommen'. De werkstudenten moesten beginschattingen voor het Gauss-programma maken. Nadat het programma enige tijd had gerekend, moesten ze beoordelen of het *curvefitting-proces* wel de goede kant op ging. Zo neen, dan moest er worden 'bijgestuurd', waar lang niet iedereen even goed in was. Het betekende: even iets doen, en dan weer een kwartier wachten. En dat ging zo maar door.

De werktijden 's nachts en in het weekend waren erg lang, soms zestien uur achtereen. Er bestond nog geen ARBO-dienst en het was dan ook, vooral laat in de nacht, geen pretje om daar in de kelder met de ZEBRA te moeten werken. Het was er erg lawaaiig vanwege de koeling van de honderden radiobuizen. Verder was het er 's winters koud, aangezien de centrale verwarming alleen overdag aan was; 's nachts was er een nietig straalkacheltje. Je was er in je eentje met een krakende radio. Alleen Radio Luxemburg zond toen populaire muziek uit, zoals van Elvis Presley, Fats Domino en Buddy Holly.

Nachtbrakers • In de drie ZEBRA-logboeken die Van der Weele heeft bewaard, dringt soms iets door van het lange vervelende werk voor de werkstudenten, maar ook van hun grote plichtsbetrachting. Ik kwam de naam tegen van Doekele Stavenga, later hoogleraar Natuurkunde aan de RUG. Desgevraagd kon hij me boeiende aanvullingen geven op dit verhaal. Zoals over de nu bijna niet meer te bevatten wanhoop als een tientallen meters lange ponsband in de knoop zat. Hij vertelde smakelijk over nachtbrakers van diverse pluimage die op het licht in het ZEBRA-souterrain afkwamen, het trapje af wankelden, en dan weer weggewerkt moesten worden. Bij het drinken van oudbakken koffie moet hij nog steeds aan de nachtelijke uren met de ZEBRA denken.

Allereerste programmeur • In 1961 ging Van der Weele als programmeur werken bij het Neher-laboratorium, het research centrum van de PTT in Leidschendam waar Van der Poel de ZEBRA had ontworpen. Hij maakte daar kennis met de pas ontworpen programmeertaal ALGOL 60, waarvoor nog geen compiler was. In 1962 keerde hij terug naar Groningen als de eerste programmeur op de ZEBRA. Van der Weele heeft eens uitgelegd hoe je een polynoom op de ZEBRA programmeerde in Simple Code. Door de formule te herschrijven, kon je het

aantal vermenigvuldigingen verkleinen en omzetten in optellingen, die minder tijd kostten. Van der Weele ging statistische programma's in ALGOL 60 schrijven. Samen met anderen ontwikkelde hij later het statistische pakket WESP, wat staat voor **W**aarlijk **E**envoudig **S**tatistisch **P**akket – op dit soort namen had men in Groningen het patent! Het geven van statistische adviezen heeft hem door de jaren heen veel voldoening gegeven. Dit resulteerde in veel publicaties. In 1998 werd hem op grond van zijn grote verdiensten voor het universitaire computergebruik een koninklijke onderscheiding verleend.

Eerste medewerker • Louis van Zwet was de eerste medewerker van het Rekencentrum in 1958. Smits was nog geen directeur en Van Zwet werd aangenomen door een elektronicus bij Natuurkunde. Hij was aanwezig bij de reünie van oud-RC-medewerkers in 2018, waar hij een praatje hield over zijn begintijd op het RC. In 1965 vertrok hij naar het bedrijfsleven, waar hij 2.5 maal zo veel kon verdienen. Daarom had hij nu zo'n goed pensioen, vertelde hij trots.

Van Zwet was hardware specialist en zijn voornaamste taak was het onderhoud van de ZEBRA en later de TR4, waarvan de elektronica geregeld moest worden vervangen. Het opsporen van fouten in de hardware was soms lastig. Een keer viel het op dat de ZEBRA het steeds begaf op een vast tijdstip aan het einde van de werkweek. De verdenking viel op een elektrische puls, maar waar kwam die vandaan? Uiteindelijk bleek dat de puls werd veroorzaakt door het uitschakelen van een apparaat in een naburig pand.

Af en toe kon Van Zwet een verbetering aanbrengen in de werking van de ZEBRA. Zo werd de nul eerst door een punt weergegeven, die moeilijk leesbaar was. Door een handigheidje verbeterde Van Zwet dat. Wat opviel was zijn beleefde taalgebruik. Hij was al voor de democratiseringsbeweging van de jaren zestig vertrokken. Daarom had hij het niet over 'Donald' of 'Smits', maar sprak hij keurig van 'dr. Smits'. Aan het slot kreeg hij een welverdiend applaus.

2 Donald W. Smits

de eerste directeur

16

17

De eerste directeur dr. D.W. Smits (1919-1998) was een man van statuur die een eigen hoofdstuk verdient, dat is geschreven door iemand die hem lang en goed heeft gekend. Daarom maak ik hier graag gebruik van het In Memoriam dat Leo van de Weele schreef bij zijn overlijden in 1998. [Passages tussen vierkante haken zijn aanvullingen van J.K.]

Door Leo van der Weele

DWS • Smits was één van de grondleggers van het universitaire rekenen in Groningen en later hoogleraar 'programmering van rekenmachines'. Enthousiasme, kennis van zaken, lef, zuinigheid en wilskracht waren kenmerkend voor Donald Smits. Hij onderschreef zijn briefjes altijd met dws. Dat staat voor *Door Wilskracht Sterk*, net als die Amsterdamse voetbalclub, legde hij graag uit. Donald Smits was een man van uitersten. *Groot is goed* was zijn motto: de rug moest de grootste computer van het land hebben en is inderdaad altijd bekend geweest vanwege het 'groot rekenen'. Maar ook was hij vermaard om zijn gevoel voor het detail. Zijn grootste momenten beleefde hij als hij na een nacht zwoegen kans had gezien een programma 1 instructie korter te maken. In deze tijd, waarin we rekenkracht meten in teraflops, klinkt dat absurd, maar in de tijd van de ZEBRA kon dat vele minuten rekentijd uitsparen. En dat vond hij belangrijk en de moeite waard.

[Hard, maar fair ... • Smits was in mijn tijd heer en meester op het rc. Publicaties van medewerkers verschenen aanvankelijk zonder hun naam. *Dat is niet nodig*, zei Smits eens, *want alles is toch van mij afkomstig*. Legio zijn de verhalen over zijn grondige correcties van door ons ingeleverde stukken. Toen ik bij het Rekencentrum solliciteerde noemde iemand hem 'hard, maar fair', al dacht niet iedereen zo over hem. Als studenten leefden we toen nog in de geest van de vrije jaren zestig en ik moest wennen aan de harde en strikte kant van Smits. Maar gaandeweg kreeg ik steeds meer oog voor zijn 'faire' kant. En nu na zoveel jaren vind ik 'Hard, maar fair' een goede karakteristiek van Smits en kan ik zijn harde kanten in de tijd plaatsen. Het begin van zijn studie viel namelijk samen met het begin van de Tweede Wereldoorlog. Hij zat gevangen in Duitsland en daar schijnt hij de intocht van de Russen in Berlijn meegemaakt te hebben. Daar sprak hij echter zelden over, maar daar zal zijn harde en soldateske kant mee te maken hebben gehad.

Smits zeilde graag, daarom werd er op personeelsuitjes altijd in Friesland gezeild. Het kwam niet bij hem op om te vragen naar de voorkeur van zijn personeel. Uiteraard zat Smits dan aan het roer van één van de gehuurde zestien kwadraat zeilboten. Omdat ik in Friesland al veel had gezeild, was ik ook stuurman. Dat was een keer aanleiding voor een



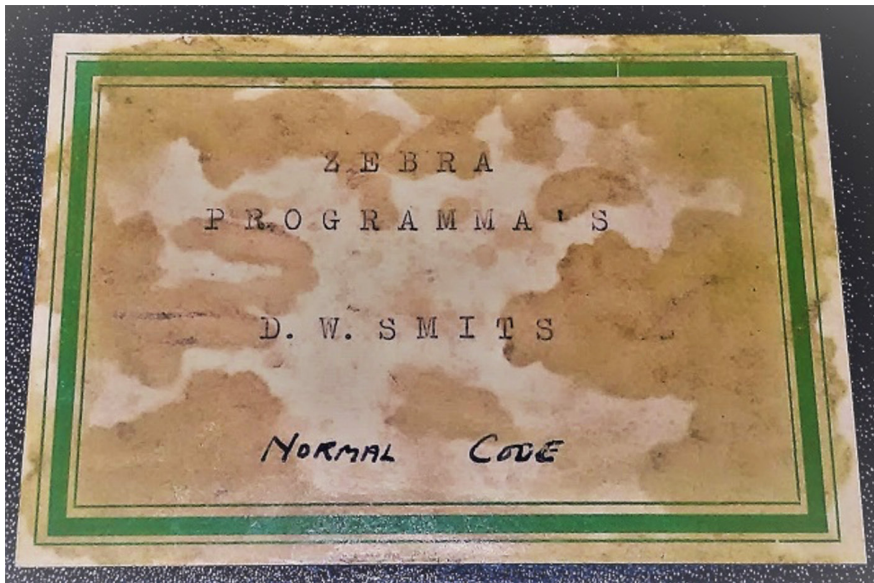
dr. D.W. Smits tijdens het uitspreken van zijn afscheidsrede, nadat hij was onderscheiden tot Officier in de Orde van Oranje-Nassau, 1984. (foto CIT)

autoriteitsconflict met een collega zonder zeilervaring. Hij begreep niet dat er maar één de baas kon zijn aan boord.]

Scheikundige • Donald Wijtze Smits werd in Amsterdam geboren op 19 maart 1919. Na het behalen van het eindexamen HBS-B in Bussum studeerde hij Scheikunde aan de Universiteit van Amsterdam. Na een aantal onderbrekingen door oorlogsomstandigheden, legde hij in 1947 zijn doctoraalexamen af. In oktober dat jaar ging hij werken bij de rug bij het laboratorium voor anorganische en fysische chemie. Tweemaal werkte hij als research associate bij de Pennsylvania State University. In 1952 promoveerde hij bij Professor Wiebenga op een proefschrift getiteld: De kristalstructuur van het zoutzure zout van glycyl-l-tyrosine.

Bij het röntgendiffractie-onderzoek stelde hij zich de vraag hoe er gebruik kon worden gemaakt van elektronische rekenmachines. Hij had bij Niemeyers tabaksfabriek al kennis gemaakt met een tabelleermachine waarmee hij berekeningen uitvoerde. Samen met de hoogleraren Wiebenga en Gerretsen, stelde hij de vraag of het niet tijd werd dat de Groninger universiteit zelf de beschikking kreeg over een elektronische rekenmachine.

De ZEBRA • Smits maakte een zeer gedegen studie van in aanmerking komende computers en bereidde de aanvraag voor, die leidde tot de eerste elektronische rekenmachine bij de rug, de ZEBRA. In 1959 werd Smits overgeplaatst naar het Mathematisch Instituut met de opdracht de ZEBRA te programmeren en in dienst te stellen van het wetenschappelijk onderzoek. De ZEBRA werd opgesteld in de kelder van het Mathematisch Instituut aan de Reitdiepskade. Een zaal vol apparatuur voor de computer die werkte met radiobuizen, een trommelgeheugen (32 Kbyte, en dat voor de hele



Een klapper met ZEBRA-programma's van D.W. Smits.

universiteit!) en ponsband om gegevens in en uit te voeren. Er liepen een paar technici rond om de dagelijks optredende storingen te verhelpen.

De programmering geschiedde in 'machine code', een ware uitdaging voor programmeerkunstenaars als Smits. Nachtenlang programmeerde hij om te voorkomen dat voor het ophalen van een volgende instructie een (vrijwel) loze omwenteling van de geheugentrommel moest worden gemaakt. Met een klein groepje medewerkers heeft hij kans gezien de ZEBRA een grote rol te geven bij het wetenschappelijk rekenen. Na een korte aanloop, werd de ZEBRA al spoedig dag en nacht en in het weekend gebruikt.

[Een heel gedonder ... • Over het leren programmeren van de ZEBRA vertelde Smits bij zijn afscheid in 1984: *...dat moest in machine-code. Een heel gedonder. Als ie liep was dat gejubel.* Met vier man gingen we wekelijks naar Utrecht om dat te leren. Een instructie bestond uit 33 nullen en enen: vijftien functionele bits, vijf voor het registeradres en 13 voor het trommeladres. Een programmeur was toen wat in de Middeleeuwen een schrijver was. Hooguit vijf mensen konden dat hier.

In het depot van het Universiteitsmuseum in Paddepoel kan men klappers bekijken met programma's in Normal Code van Smits. Het zijn staaltjes van werklust en discipline!]

Het Rekencentrum • Al spoedig werd er nagedacht over een krachtiger computer en een andere, ruimere huisvesting. Na een uitgebreide selectieprocedure, waarin Smits de leidende rol speelde, viel de keus op een Telefunken TR4.

In 1964, met de komst van de TR4, werd het Rekencentrum officieel opgericht. Het vestigde zich in de Groote Appelstraat met Smits als directeur. Met zijn befaamde ALGOL-colleges en het programma Zaehl heeft hij het gebruik van de computer een brede verspreiding gegeven. ALGOL doceerde hij zelf. Tenslotte was hij sinds 1967 lector, later

omgezet in een hoogleraarschap, in het programmeren van rekenmachines. De manier waarop hij deze computertaal onderwees was kenmerkend voor hem. Niet alleen legde hij de regels uit, maar ook alle uitzonderingen op de regels. Na het college volgde een practicum van 5 dagen om de taal te leren toepassen. Zaehl was de verre voorvader van het statistische programma SPSS. Zaehl was een primitief en lastig te hanteren programma, dat echter veel Sociale Wetenschappers tot de computer heeft gebracht.

Ook vond Smits het belangrijk de computer te laten zien aan de maatschappij. Bij het lustrum van de rug in 1964 toonde hij het rekentuijg vol trots aan zo'n 5000 bezoekers van het Rekencentrum. Het rekenen werd snel populair binnen de universiteit. De ponskaart kwam en de magneetband. Er kwam een primitieve plotter, de software-collectie nam toe, Fortran werd ontdekt en de mini-computer werd geïntroduceerd. Het personeelsbestand groeide. Er ontstond al snel behoefte aan krachtiger computers en meer ruimte.

Naar Paddepoel • In 1971 werd de eerste Control Data computer aangeschaft en verhuisde het Rekencentrum naar een splinternieuw gebouw in Paddepoel. Donald Smits transformeerde toen meer en meer tot een manager. Eigenlijk tot zijn verdriet, want programmeren was toch zijn grote liefde. Maar met zijn enorme plichtsgetrouwheid nam hij ook deze taak op zich. In zijn hart vond hij dat het Rekencentrum, als centrale dienst, alles voor de klant zou moeten doen. Toch werkte hij mee aan de decentralisatie van het computergebruik. Er kwamen zelfbedienings in- en uitvoer stations buiten het Rekencentrum en er ontstond een terminalnetwerk.

In de jaren 80 kwam de *micro-computer*, die we nu pc noemen. Die zag Donald niet zo zitten, maar hij werkte wel mee aan presentatiedagen om de micro-computer bekendheid te geven. Hij was ook een van de eersten die met de tekstverwerkingsapparatuur ging werken, hoewel hij bleef vinden dat de computer er was om te rekenen.

Afscheid Smits • In 1984, bij zijn pensionering, nam hij afscheid als hoogleraar-directeur van het Rekencentrum. Bij die gelegenheid werd hij benoemd tot Officier in de Orde van Oranje-Nassau. Hij werd geëerd met een symposium waar bekende automatiseringspioniers hem veel lof toezwaaiden voor zijn inzet en successen. Het was het afscheid van een vaderfiguur - hij liet zich graag de eretitel Oom Donald aanleunen - voor zijn medewerkers en voor de klant. Na die tijd veranderde het gebruik van de computer revolutionair door de pc en door het netwerk. De aandacht voor *groot is goed*, met steeds krachtiger centrale computers, veranderde in *veel is mooi*: de pc's. Ook luidde zijn afscheid een heel andere stijl van opereren van het rc in. Met het afscheid van Donald Smits was de pionierstijd van de computer bij de rug definitief geschiedenis geworden. Jan Kraak noemt de overgang op internet in 1989 het einde van de pioniersperiode.

3 Het Rekencentrum aan de Groote Appelstraat, 1964-1972

20

21

In 1964 werd het rc verplaatst naar de Groote Appelstraat, een zijstraat van de Nieuwe Kijk in 't Jatstraat in Groningen. Hier kwam de tweede computer van de rug te staan: de Telefunken TR4, afgekort tot TR. De Groote Appelstraat was de plaats waar iedereen naar toe kwam om te rekenen en te tekenen. Het Rekencentrum was gevestigd in het pand van de voormalige kledingfabriek Menco.

De firma Menco was gesticht door Karel Heiman Minco, geboren in 1891 in Ootmarsum. Later werd Minco gespeld als Menco, misschien om het Groningser te laten klinken. Vóór de Tweede Wereldoorlog was Minco één van de grote joodse confectie-ondernemers in Groningen, samen met de gebr. Levie, Muller en Van Dam. Minco overleefde de oorlog niet maar een neef wel, die de fabriek voortzette. Tot in de jaren 60 was de kledingindustrie een bloeiende bedrijfstak in Groningen, met op het hoogtepunt ca. 6000 werknemers. Door allerlei oorzaken liep het aantal werknemers terug. In de jaren 80 was er niets meer over van deze eens zo bloeiende bedrijfstak. In delen van deze lege fabriek van Menco, waar ook Technische Chemie was gevestigd, kwam het Rekencentrum in 1964.

Smits kwam met niets op de Groote Appelstraat, geen briefpapier en geen status. Tegen secretaris Addens van het CvB zei hij: *Hoe moet ik mijn brieven ondertekenen?* Die zei: *Ach, zet er maar Directeur Rekencentrum onder.* Zo werd Smits directeur.

Wie in de verkiezingstijd van 1971 door de Nieuwe Kijk in 't Jatstraat kwam op weg naar het rc, zal zich vast de oude dame herinneren, gezeten onder een uitdagende affiche van de PSP met de tekst *PSP ontwapenend*: één van de partijen waar later Groen Links uit zou ontstaan. Redacteur Kristien Piersma plaatste veel later de foto op de voorpagina van Pictogram.

Ponskaarten • De TR4, die in 1964 voor drie miljoen gulden was aangeschaft, had een rekensnelheid van ongeveer 0.15 Mips, dat was 100 maal zo snel als de ZEBRA. Het geheugen, bestaande uit ferriet magneetringetjes, was ongeveer 30.000 woorden van 48 bits, dus ongeveer 180 KB in totaal. Dit is vergelijkbaar met een 8088 PC uit 1984. De latere number crunchers namen in rekenkracht en in geheugen toe in overeenstemming met de regel dat de capaciteit van computers elke 1.8 jaar verdubbelt.

Programma's en data bestemd voor de TR4 moesten in de vorm van *ponskaarten* worden ingevoerd. Een ponskaart, ter grootte van een dollarbiljet uit de tijd van Abraham Lincoln, had 80 kolommen waarin via geponste gaten de tekens 0..9, A..Z en enkele



'PSP-ontwapenend', tijdens de verkiezingen voor de Tweede Kamer van 1971

speciale tekens gecodeerd konden worden. De TR4 kende geen kleine letters, morren daarover zou als atechnisch zijn beschouwd. Het begrip 'gebruikersvriendelijk' bestond nog niet. De ponsingen werden met grote elektrische *ponsmachines* aangebracht. In bakken van verschillende afmetingen bewaarde je de ponskaarten. Beginners liepen met een heel klein bakje. Maar de geoefende programmeurs, met ontzag bekeken door de nieuwkomers, zag je soms zeulen met enorme metalen bakken. Hierover merkte Herman Visser op: *Het was een grote ramp als zo'n bak op de grond viel en alle kaarten door elkaar lagen (wat mij wel eens is overkomen)*. Een 'slimme' programmeur (in FORTRAN) gebruikte de ponsgaten 73-80 (die werden door de compiler niet gebruikt) om daar een volgnummer in te zetten. Zo konden de kaarten (zonder gebruik van de listing) weer in de goede volgorde gezet worden. Simpler was het aanbrengen van een potloodstreep dwars over de ponskaarten.

Dit soort 'rampen' kent iedereen die aan grote computerprojecten werkt. Zo was, al weer lang geleden, het programma KOMPLOT buiten mijn schuld overschreven op de schijf, het was dus verdwenen. *Tien jaar werk is weg*, ging er door me heen. Het vreemde was dat ik er doodkalm onder bleef, want hier was toch niets meer aan te doen. Het voelde bijna als een opluchting.

ZEVENDE BLAD Nieuwsblad van het Noorden van zaterdag 20 juni

GRONINGEN IN DE VAART DER WETENSCHAP

VANDAAG: Rekencentrum Grote Appelstraat



Slimme koppen vonden: $1+1=2$

Het Rekencentrum van de Rijksuniversiteit te Groningen. In het midden de operator achter de elektrische schrijfmachine. Voor hem staan de controlepanelen, waarachter de elektronische besturing van de supersnelle rekenmachine TR4. — Rechts de ponsmachine. In de ruimte daarachter staat de apparatuur met magneetbanden. Uiterst rechts op de voorgrond nog een hoekje van de snelschrijfmachine: 120 symbolen per regel, 15—20 regels per seconde!

Geen brein maar een geheugen

Supersnelle rekenmachine zegt „t Is er” of „t Is er niet!”

chine is, die alleen maar „ja” of „nee” kan opzoeken, en die dus de meest ingewikkelde problemen trapsgewijs met dit vraag- en antwoordspelletje te lijf gaat; elk probleem éerst vertaald in de één-en-nul code, wordt dus aangepakt volgens de vraag „is het er of is het er niet” en dan zijn er heel wat stapjes nodig voordat de machine heeft uitgerekend hoeveel bijvoorbeeld $108.903 \times 10.444.538$ in 't kwadraat is. Dat het

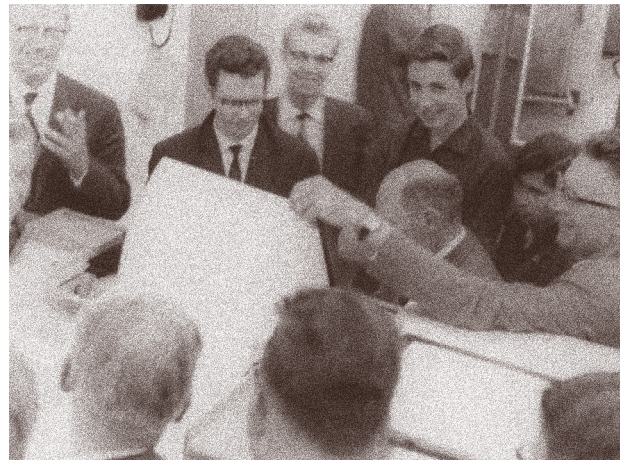
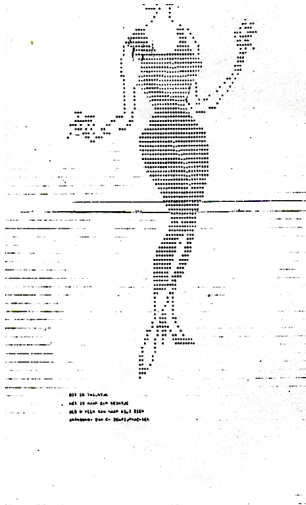
Gelukkig vond ik later een back up op een magnetische tape.

De uitvoer van programma's werd met complete regels tegelijk gedrukt op de *regeldrukker* met een snelheid van ongeveer 1200 regels per minuut - moderne laserprinters werken niet veel sneller. Dat afdrucken ging met een specifiek geluid gepaard, dat afhing van de regellengte. Sommigen konden hun eigen programma herkennen aan het afdrukritme.

Tekenen • Omstreeks 1965 werd het eerste primitieve tekenapparaat, de DYMEC, aangeschaft waarmee via een rubberen stempeltje markeringstekens op bepaalde (X,Y)-posities op ruitjespapier konden worden geplaatst. Het was een aandoenlijk traag apparaat, met een karakteristiek *tsjok-tsjok* geluid.

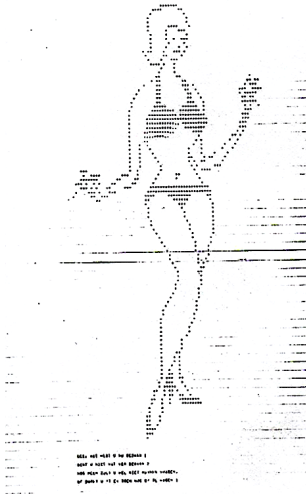
Vóór 1970 is de DYMEC al vervangen door de veel snellere Benson-Lehner *plotter*, waarmee via een pen getekend kon worden op een rol speciaal papier dat aan de randen was voorzien van gaten voor het bewegingsmechanisme. Toen op een keer het plotterpapier op was, haalde een ongedurige hoogleraar (ik kan nu wel verklappen dat het prof. De Wilde was) bij een bakker een rol van het papier waarin vroeger brood werd verpakt. Een ondergeschikte liet hij daar gaten in maken. Zoals te verwachten raakte de plotter totaal van slag met dit papier.

Nooit zóveel aandacht • De ingebruikname van de TR4 in 1964 ging met veel feestgedruis gepaard. Het moet een mooie dag geweest zijn in het leven van directeur



Het uitdelen van Trijntje, met Smits rechts en midden achter

Alfred van Deemter, 1964



Twee stadia van de striptease van

Trijntje, het rijmpje is onleesbaar

Donald W. Smits. Waarschijnlijk kreeg een computer nooit zoveel aandacht in de lokale pers als toen. Er verschenen grote artikelen met koppen als *Rekenmachine: 4.800.000 maal zo snel als met een potlood, Fabelachtig snel rekenen, Groningen in de vaart der wetenschap, Geen brein maar geheugen etc.*

Toen het RC zijn deuren open zette voor het publiek, stroomde dat in groten getale toe. Ik woonde toen dichtbij in de Groote Leliestraat en was daar bij. Als student Natuurkunde, die gewend was aan indrukwekkende apparatuur, was ik evenwel niet zo onder de indruk. Verder vond ik de omhaal van woorden rond de striptease van *Trijntje*, waarvan opeenvolgende contouren op regeldrukkerpapier werden afgedrukt, wat oubollig. Hierbij was Harm Schurer, hoofdoperateur en tevens verslaggever damsport in zijn element. De afdrucken van Trijntje vonden gretig aftrek bij de jonge bezoekers. Toen er een paar jaar later weer een 'open dag' werd gehouden, rekenden we op net zo'n grote toeloop, maar dat viel erg tegen. Het nieuwe was er van af.

Klanten • Ik vervolg nu met een rondleiding door het gebouw. Links naast de hoofdingang zetelde portier Anton Roerdink die ook de omroepinstallatie bediende. Het was even wennen om mezelf als 'Heer Kraak' te horen omroepen, want voornamen werden nog niet gebruikt. Roerdink, die vroeger vertegenwoordiger was geweest, kondigde om tien uur aan dat de kar met koffie langs kwam met rijmpjes zoals:

Vandaag begint de lente

En ik sta met koffie te vente

of

Waar U ook bent, in bergen of dalen

Komt nu koffie halen

Naar links afbuigend kwam je in een soort portaal waarin de computergebruikers - toen *klanten* genoemd - hun resultaten konden



Maquette van de rekenhal, met in het midden de TR4 en links de ZEBRA

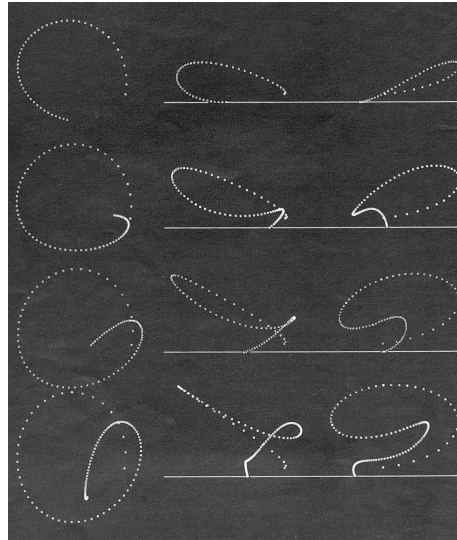
ophalen en nieuwe programma's op een karretje konden zetten voor verwerking door operators. Nog steeds kon je, net als in de ZEBRA-tijd, je probleem geheel door het RC laten uitvoeren, inclusief programmering. Door de komst van de hogere programmeertaal ALGOL 60 waren steeds meer klanten zelf gaan programmeren. Ze gingen vooraf en na afloop van hun werk op hun instituut bij het RC langs op de fiets - de universiteit hoefde toen nog geen fietsacties te voeren om ze uit de auto te krijgen. Sommige klanten namen in grote boodschappentassen de uitvoer mee voor een heel instituut.

Rekenhal • In het portaal kwam je via klapdeuren in de rekenhal, waarvan een maquette bewaard is gebleven. Tegen de achterwand stond de Telefunken TR4, met de afmetingen van een ouderwetse linnenkast, de mahoniehouten deuren versterkten die indruk nog. De bediening ging via een soort schrijfmachine. De oplichtende rekenregisters maakten de meeste indruk op de bezoekers. Via programma's in TEXAS, de assembler van de TR4, kon je de rekenregisters volgens vaste patronen laten oplichten. Zo kon je een *lichtkrant* maken. Op dezelfde manier kon je *muziek* maken met de radio-ontvanger die de signalen van de TR4 opving.

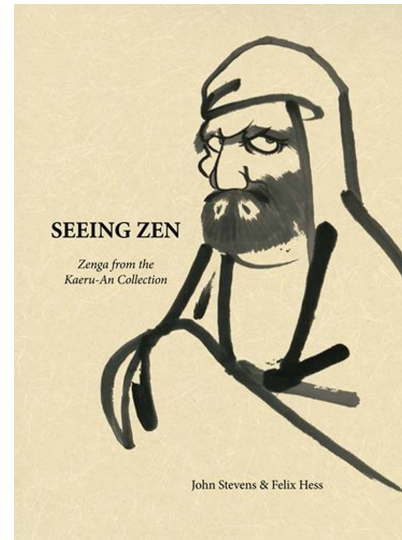
Dicht bij de ingang bevond zich de *ponskaartenlezer*, voorzien van een soort glijbaan waarvan de verschillende programma's in volgorde naar het inleesmechanisme gleden. Het was zaak om goede maatjes te zijn met de dienstdoende operator, want die kon dan, als je haast had, de plaats van je stapel ponskaarten in een gunstiger positie brengen.

DENZO • Eens noemde schipper Davids uit Stadskanaal zijn schip DENZO: *Dag En Nacht en 's Zondags Ook*. DENZO gold eveneens voor de openingstijden van het RC, dat toen een stimulerende laboratoriumachtige omgeving was, waar niet te veel geregeld was en waar daarom veel mogelijk was. Directeur Smits heeft daar een groot aandeel in gehad. Sommige gebruikers waren tot 's avonds laat op het RC te vinden. Scheikundigen leerden zelf de TR4 te bedienen om zo op zondag ongestoord te kunnen rekenen.

De twee natuurkundestudenten Felix Hess en Lambrecht Kok waren er vaak. Lambrecht hielp Felix met de programmering van het eerste wiskundige model voor de



Projecties van de boemerangbanen van Felix Hess



terugkerende beweging van de boemerang, hetgeen leidde tot een publicatie in het vermaarde tijdschrift *Scientific American* in 1968. Felix woonde dicht bij het Rekencentrum. Als hem 's nachts een fout te binnen schoot, dan stapte hij uit bed en ging gekleed in een kamerjas naar het Rekencentrum om de fout te herstellen, want terminals waren er nog niet, laat staan PC's. Tijdens zijn promotie (cum laude) gooide Felix, daartoe aangemoedigd door prof. Hendrik de Waard, een kleine boemerang rond de kroonluchters in de aula van het academiegebouw. Zijn proefschrift uit 1975, met de titel *Boomerangs, aerodynamics and Motion* van 554 pagina's, is een gezocht verzamelaarsobject.

Van wiskundige naar kunstenaar • Felix Hess maakte later naam als kunstenaar die de 'samenhang' van Australische kikvorsen emuleerde. Veel later legde hij een grote collectie Japanse Zen-kunst aan. Daarover publiceerde hij in 2019, in samenwerking met de Zen wereldautoriteit John Stevens, het magistrale boek *Seeing Zen – Zenga from the Kaeru-An Collection*, uitg. Amazon.

Tot diep in de nacht • Smits had een grote werkkraft en was dikwijls tot diep in de nacht op het rc te vinden. Hij bracht dan bijvoorbeeld correcties aan in het *Betriebssystem*, operating system zouden we nu zeggen, want hij was tevens hoofdsysteemprogrammeur. Hij trof 's nachts eens de dienstdoende operator slapende aan. Smits, die als officier in de Tweede Wereldoorlog om principiële redenen geïnterneerd was geweest in Duitsland en daar de intocht van de Russen met hun Stalinorgels (op vrachtauto gemonteerde rij van raketwerpers) had meegemaakt, schijnt toen half schertsend tegen de ontwakende operator te hebben gezegd: *Als het nu*



Vier ponstypistes in 1974 tijdens de pauze. V.l.n.r. Wilma Kamphorst-Blom, Ciska Kort, Edy van Riel-Horst en Truida Olinga.

oorlog was geweest, dan was je dood geschoten. Operateurs - een aantal droeg, naar de mode van die tijd, het haar tot op de schouders - vergezelden soms klanten naar café Zwarte Riek bij het Noorderplantsoen.

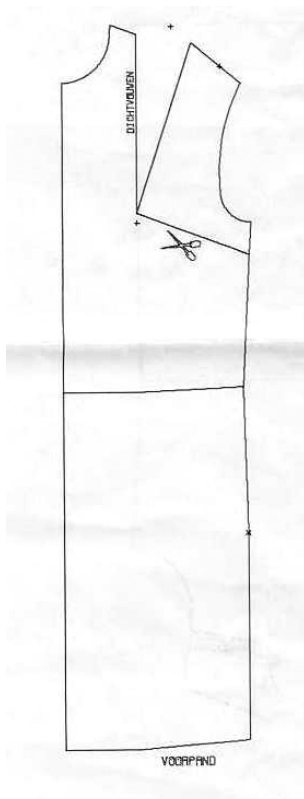
Ponstypistes • Vanuit voornoemde portaal kwam je in het domein van de ponstypistes die de hele dag de resultaten van enquêtes of salarisgegevens ponsten. Tijdens de ALGOL 60-practica werden hier ook de programma's van cursisten geponst. Volgens een onbevestigd verhaal zijn hier de resultaten geponst van een groots opgezet onderzoek op Nieuw Guinea, dat Nederland tot 1963 in zijn bezit had. Nadien zijn de gegevens nooit gebruikt, misschien liggen de tientallen dozen met ponskaarten nog ergens op een instituut te vergaan. Wilma Kamphorst, die al jong in dienst trad, bleef tot ongeveer 2018 in dienst van de universiteit. Ze vertelde dat twee uur ponsen door een pauze van tien minuten moesten worden afgewisseld.

Ponskamer voor klanten • Vanaf de ingang voerde een brede trap naar de eerste etage voor het rc-personeel. Halverwege de trap bevond zich de deur naar de ponskamer met een laag plafond voor klanten en rc-personeel. Er heerste vaak een gemoedelijke atmosfeer, het geluid van het ponsen had een zelfde rustgevend effect als het tsjilpen van mussen. De gejaagdheid van veel huidige computergebruikers was een nog onbekend verschijnsel. Vaak waren studenten met hun tweeën enquêtegegevens aan het ponsen. De ene las dan de getallen voor op luide toon terwijl de andere met één vinger het getal intoetste. Je hoorde dan eindeloos achtereen dreunen: EEN, EEN, TWEE, TWEE, EEN etc.

Programmatuur • De klanten kwamen voor het merendeel uit de faculteit Wis- en Natuurkunde, ze programmeerden zelf meestal in ALGOL 60 hun problemen, zoals reeds vermeld. Er was echter ook al een FORTRAN-compiler. De TR4 had een goede ALGOL-compiler, weliswaar zonder recursiviteit, maar wel met een fantastische symbolische



*De oude ingang van het
Rekencentrum aan
de Groote Appelstraat*



Kippatroon voor damesjapon

dump, voor het traceren van fouten. Nooit heb ik later een betere symbolische dump gebruikt.

Door RC-medewerkers en numerici waren er een beperkt aantal numerieke ALGOL-procedures geprogrammeerd. Voor curvefitting van een willekeurige functie aan een serie meetpunten met foutengrenzen werd de procedure KLKWWF gemaakt. Hierbij werd de som van de kwadraten van de afwijkingen tussen de meetpunten en de functie geminimaliseerd. Deze procedure werd veel door fysici gebruikt bij *curvefitting*. Integreren deed je met INTSTIEF en met NULPUNTEN berekende je de nulpunten van een polynoom. Het was nog de tijd dat je bepaalde specialisten met een zekere eerbiedigheid moest benaderen. Toen ik eens bij de auteur van de nulpuntzoeker kwam met de klacht dat de berekende nulpunten bij invulling lang geen nul opleverden, reageerde de man aanvankelijk gepikeerd. Maar later draaide hij bij en legde me met omhaal van woorden uit dat numerieke processen nooit het exacte antwoord geven.

Ook sociale wetenschappers maakten al vroeg gebruik van de computer. ZAEHL werd gebruikt voor tabelleren. Bij afwezigheid van statistische pakketten als SPSS, is er toen bijvoorbeeld factoranalyseprogrammatuur geschreven. Later ontwikkelde het RC zelf het statistische pakket WESP. Smits bedacht de naam Waarlijk Eenvoudig Statistisch Pakket.

Knippatronen • In het begin was er nog tijd voor speelse programma's. Zo vertaalde ik in 1970 het voorschrift voor het tekenen van het knippatroon voor een damesjapon op grond van 9 maten (taille, roklengthe etc) in een TR4 tekenprogramma. Dankzij de bescheiden naam die ik door dat programma kreeg als patroontekenspecialist, werd ik later uitgenodigd in het kledingatelier van David Pinto, met allemaal allochtone dames achter naaimachines. Maar David Pinto, later hoogleraar in Amsterdam, zag er niets in. Het zal wel veel te primitief zijn geweest.

Weerzien met de Groote Appelstraat 10 in 2002 • Bij de verhuizing van het RC in 1972 naar Paddepoel ging de TR4 mee. Alleen Felix Hess maakte er



Het voetbalteam van het Rekencentrum, eind jaren 60.

Boven v.l.n.r.: Dedde Velvis, Smits, Flip Visser, Harm Schurer, Roerdink, Kees Slijper, Jan Luyten, Doeko Homan.

Onderste rij: Jan ter Horst, onbekend, Alfred van Deemter, Andries Weening, ?Hommes, Hans Hess, ? Hommes, liggend Henk van As.

op het laatst nog gebruik van om zijn proefschrift over boemerangs af te ronden. Na de ontmanteling in 1975 stond de TR4 een jaar of twintig in een gang, totdat passanten hem langzaamaan begonnen te slopen. Toen is hij in veiligheid gebracht in het depot van het Universiteitsmuseum, waar hij nog steeds staat.

In 2002 bezocht ik in een nostalgische bui op een ochtend de Groote Appelstraat 10, waar toen de faculteit Godgeleerdheid en Godsdienstwetenschap was gevestigd. Omdat ik zelf trombone speel, herinner ik me dat ik toen een man met een trombone tegen kwam. Er was nog veel herkenbaar. Waar vroeger de ponstypistes werkten, werd nu college gegeven. De bovenverdieping met onze werkkamers was vrijwel niet veranderd, alleen stond er nu een manshoog houten kruis in de hoek. Door de openstaande deur kon ik even in de voormalige ponskamer kijken; er was nu een bar. Overal waren sporen van wilde feesten te zien. Tegen de wand, waar wij vroeger braaf zaten te ponsen, stond nu een half gesloopte piano. De toegangsdeur was nog intact.

4 Een dag bij ‘echte’ computerpioniers

Het begrip pionier is betrekkelijk en er zijn mensen die zich al computerpionier noemen als ze nog met pc's met CP/M hebben gewerkt. Maar op 17 januari 2000 was er in het Techniek Museum in Delft tijdens een symposium een aantal mensen bijeen, die met recht de ‘echte’ computerpioniers van Nederland kunnen worden genoemd. De gemiddelde leeftijd van de aanwezigen lag boven de zeventig. Het viel op dat ze mooi verzorgd Nederlands spraken. Veel mannen, die de meerderheid vormden, droegen een blauwe blazer: vroeger het uniform van de geslaagde wetenschapper.

Rekenaarsters • Er waren ook enkele oudere dames aanwezig die in de jaren vijftig rekenaarster waren geweest op het Mathematisch Centrum (MC) in Amsterdam, nu CWI geheten. Eén van hen, mevr. R. Zonneveld-Mulder, die informeel was gekleed, demonstreerde hoe er vóór de introductie van de computer met handrekenmachines werd gerekend. Ze kende nog een aantal decimalen van het getal pi uit het hoofd. En haar ‘muscle memory’ kende nog precies de handelingen, nodig voor vermenigvuldigen en delen. Delen door o moest je vooral niet doen, want dan sloeg de machine op hol.

Grote rekenklussen werden uitgevoerd door het in ‘serie of parallel schakelen’ van een aantal rekenaarsters. Veel van het rekenwerk was routine, ondertussen werd er soms gezongen: een populair liedje maar het kon ook een psalm zijn.

Voordat ze begonnen met een grote berekening moesten ze zelf een soort plan maken voor de uit te voeren bewerkingen, je zou dat al een soort programma kunnen noemen. De overstap op programmeren in de loop van de jaren vijftig was voor veel van deze rekenaarsters dan ook niet zo groot. Later zou programmeren vrijwel uitsluitend mannenwerk worden.

Gestructureerd programmeren • De rekenaarsters kregen hun opdrachten van E.W. Dijkstra, een fysicus die in 1952 in dienst was getreden van het MC om de ARRA I (Automatische Relais Rekenmachine Amsterdam, de eerste computer gemaakt in Nederland) te programmeren. Dijkstra, de eerste programmeur van Nederland, zou uitgroeien tot één van de meest invloedrijke informatici, die een voorbeeld was voor velen in de jaren zestig en zeventig.

Op een symposium hoorde ik voor het eerst spreken over gestructureerd programmeren, waardoor Dijkstra bekend is geworden. Dijkstra's eerste bekende publicatie op het gebied van gestructureerd programmeren had de merkwaardige titel *The goto considered harmful*. Zijn unieke stijl van schrijven komt ook naar voren in zijn Turing Award lecture, waarin hij onder meer vertelt dat toen hij ging trouwen hij als zijn beroep 'programmeur' opgaf, wat werd geweigerd door de betreffende ambtenaar. Dijkstra, die het ging om iets ideëels als de correctheid van programmeren en niet om geld, was een held van een geheel ander type dan een huidige held als Bill Gates. Helaas was Dijkstra, toen hoogleraar in Austin (Texas), niet aanwezig in Delft. Wel was aanwezig de heer J.A. Zonneveld. Samen met Dijkstra had hij de eerste ALGOL 60 compiler gebouwd die redelijk foutvrij was, zoals Zonneveld zuinigjes opmerkte. Hierover in hoofdstuk 7 meer.

ALGOL 60 is de eerste computertaal die is ontwikkeld vanuit een bepaald concept. Het definiërende rapport, een flinterdun boekje, bevat het volgende citaat van de indertijd populaire filosoof Ludwig Wittgenstein: *Was sich überhaupt sagen lässt, lässt sich klar sagen; und wovon man nicht reden kan, darüber muss man schweigen.*

Zonneveld maakte ook een numerieke procedurebibliotheek, die rekening hield met allerlei problemen inherent aan het rekenen met computers met een eindige precisie. Dat was ook wel nodig, omdat velen in de begintijd huiverig waren voor het gebruik van de computer en elke numerieke uitglijder aangrepen om hun gelijk te bewijzen. Zo vertelde de oud-directeur van het voormalige Evoluon in Eindhoven mij dat hem het gebruik van de computer tijdens zijn promotieonderzoek door zijn promotor was verboden.

Computerbouwers • Hij stond wel op het programma, maar helaas was W.L. van der Poel niet aanwezig. Hij begon in 1944 op een zolderkamer vrijwel vanuit het niets zijn eerste relais-computer te bouwen. Tijdens zijn studietijd aan de TU Delft bouwde hij de Testudo (schildpad). Na zijn afstuderen kwam Van der Poel bij de PTT, waar hij de ZEBRA ontwierp. Later werd Van der Poel hoogleraar Informatica aan de TU Delft.

Een andere pionier computerbouwer, G. Blaauw (1924-2018), was er wel. Blaauw ging in 1947 met een beurs naar Amerika. Later ging hij werken bij H. Aiken van Harvard University, die om de paar jaar een nieuwe computer ontwikkelde. Bij zijn overlijden memoreerde computerhistoricus Gerard Alberts dat dankzij Blaauw de basiseenheid van het geheugen van de IBM System/360, de byte, uit 8 bits kwam te bestaan en niet uit 6 bits zoals velen toen wilden, omdat de computer dan sneller was. Deze maat voor de byte is nu onomstreden. Blaauw kwam in 1954 terug naar Nederland en trad in dienst van de rekenafdeling van het Mathematisch Centrum, toen onder leiding van A. van Wijngaarden. Dit was het Mekka op computergebied in Nederland, waar alle knappe koppen werkten of elkaar troffen tijdens de colloquia Moderne Rekenmachines.

Blaauw was aangetrokken om de bouw van de ARRA II tot een succes te maken, want de ARRA I heeft, behalve dan tijdens de introductie, nooit gewerkt. Heel lang was het falen van de ARRA I iets dat je eigenlijk niet ter sprake kon brengen. Later is Blaauw overgestapt naar IBM. En nog weer later werd hij hoogleraar aan de TU Twente. In de jaren zestig hield hij eens een lezing in Groningen waarvan ik me herinner hoe hij vertelde dat bij IBM nieuwe computers door twee elkaar beconcurrerende teams werden ontwikkeld, waarbij uiteindelijk het winnende ontwerp overbleef.

Computeroppasser • De eerste computers waren erg instabiel o.a. vanwege de gesoldeerde contacten die steeds gecontroleerd moesten worden. Daarover vertelde met smaak de heer A. Slob, een voormalig technicus van Philips die de zorg had gehad voor de zelfgebouwde PASCAL (Philips Akelig Snelle CALculator). Als de PASCAL per dag twee uur in bedrijf was, was men dik tevreden. Slob, gekleed in een fraai kleurig pak, waardoor hij iets artistieks over zich had, noemde zichzelf dan ook met enige ironie de 'oppasser van de computer'.

1965 liep ik stage bij Philips in Eindhoven, in een tv-beeldschermenfabriek in het kader van mijn studie Technische Natuurkunde. De kleurenbeeldbuis was toen juist ontwikkeld. Mij werd gevraagd wat ik vond van de nieuwe kleurenbeeldbuis. Mijn eerlijke antwoord was, dat ik de kleur wat vond tegenvallen. Dat antwoord viel niet in goede aarde. Ik kreeg de opdracht een bepaald elektronenkanon voor een tv te ontwikkelen en maakte daarbij gebruik van een computer om de baan van een elektron te tekenen (achteraf gezien mijn introductie tot computergrafiek).

Ik raakte met Slob in gesprek en greep de kans aan om wat meer van die door mij gebruikte computer te weten te komen. Ik herinnerde me alleen dat ik werd geholpen door een nerveuze technicus die, als de computer even niet werkte, met een rubberen hamertje de relais aantikte. Na enig doorvragen bleek dat de heer Slob niet de technicus was geweest die mij toen geholpen had, omdat ik toen met een analoge computer had gewerkt en Slob met digitale computers werkte.

De heer Slob vertegenwoordigde het slag mensen dat toentertijd maar al te goed doordrongen was van het zeer feilbare karakter van computers. Hij zal in die tijd zeker niet in de openbaarheid zijn getreden met zijn ervaringen zoals op deze dag. Want voor de buitenwereld werd toen nog het imago van meesterbrein, rekenwonder, etc. hoog gehouden.

Je leven in de waagschaal stellen • In de lunchpauze sprak ik met de heer J.F. Besseling, die 35 jaar hoogleraar Technische Mechanica was geweest aan de TU Delft. Hij vertelde hoe hij in de jaren 50 met de ARRA I sterkteberekeningen had uitgevoerd voor een nieuw te bouwen windtunnel, waarin langs experimentele weg de krachten op vliegtuigvleugels werden gemeten. De lucht in de reusachtige tunnel zou een overdruk van 3.5 atmosfeer krijgen. Met wat later de eindige elementenmethode zou gaan heten, berekende hij de sterkte van onderdelen van de tunnel. Voor het doorrekenen van de gehele tunnel was er toen nog geen rekencapaciteit.

Na een lange bouwtijd kwam eindelijk de dag dat de windtunnel uitgetest zou worden. De bouwtechnici namen plaats achter een zware betonnen muur, want als de windtunnel uit elkaar zou barsten, dan zouden de gevolgen catastrofaal geweest zijn. Maar Besseling en zijn leermeester Van der Neut hadden zoveel vertrouwen in hun eigen sterkteberekeningen dat ze tijdens het testen fier onder de windtunnel bleven lopen. De jonge Besseling had daarvoor nog wel tegen Van der Neut gezegd: *Jij hebt al vrouw*

en kinderen en ik nog niet, ga jij maar niet. Het liep goed af en Besseling kon het later navertellen.

Tijdens het symposium bij de opening van het nieuwe Rekencentrum in Paddepoel in 1972 vertelde de heer A. van Wijngaarden, voormalig directeur van het mc, in een geestige speech een soortgelijk verhaal, waarbij programmeurs hun moed moesten tonen. Het betrof de berekening van de zijwaartse waterverplaatsing die de tewaterlating van een groot schip te weeg zou brengen. De betreffende programmeurs werden toen uitgedaagd om op de kade te gaan staan. Als ze hun 'som' fout hadden gedaan, zouden ze worden overspoeld en mogelijk meegezogen worden door het water. Ook dat liep goed af. Programmeurs leefden toen nog in een echte wereld, en niet een virtuele wereld zoals velen tegenwoordig.

5 Pioneering Software in the 1960s

Van 2 tot en met 4 november 2006 vond de conferentie Pioneering Software in the 1960s in Germany, The Netherlands and Belgium plaats in het Centrum voor Wiskunde en Informatica (cwi) te Amsterdam.

Organisator was computerhistoricus Gerard Alberts. Eerder, in januari 2000, was er in het Techniek Museum in Delft een symposium over de Nederlandse computergeschiedenis met een nogal nostalgisch karakter¹. Dit was een wetenschappelijke conferentie. De meeste bezoekers waren pioniers die op een zakelijke manier over hun vroegere werk vertelden, al gingen ze smakelijke anekdotes niet uit de weg. Daarnaast waren er jonge beoefenaars van wetenschapsgeschiedenis, de jongste was begin twintig.

Historisch besef • Veel pioniers hadden een mooie academische carrière achter de rug. Neem bijvoorbeeld de uitdrukkelijk aanwezige Gerhard Goos, emeritus hoogleraar Informatica in Karlsruhe, die zijn stukken ondertekent met Prof. em. Dr. Dr. hc. G. Goos. Pas aan het einde van de conferentie besepte ik dat de eminente, maar bescheiden, wetenschapshistoricus Michael S. Mahoney van de Princeton University in ons midden was geweest. Over historisch besef schrijft hij: “It disposed me to look through and beyond the hype that has surrounded computers almost from the beginning. Historians are wary of claims of novelty, and they take a close, critical look at ‘revolutions’ (which really aren’t what they used to be). In computing, in particular, there’s always a revolution; sometimes, it’s a big revolution, sometimes a small one. When you go back five years later to see how the revolution turned out, you find that it has been postponed or canceled owing to technical difficulties. It’s not that there is nothing new under the sun. Of course there is. The question is what’s new about it. [...]”².

Paradigma verschuivingen • Mahoney is beïnvloed door Thomas S. Kuhn: de auteur van ‘The structure of scientific revolutions – a paradigm shift in the history of science’. Volgens Kuhn ontwikkelt wetenschap zich niet geleidelijk langs logische banen, maar vinden er soms onverwachte kantelingen van inzicht plaats. De computergeschiedenis is er daar ook vol van.

Vroeger ontwierpen bijvoorbeeld internationale comités van informatici programmeertalen, zoals ALGOL 60 en ALGOL 68, en grafische software zoals



Cornelis Koster, een van de auteurs van ALGOL 68



Frans Kruseman Aretz reconstrueerde de eerste ALGOL-compiler

het Graphical Kernel System (GKS), terwijl nu de industrie en vooral de firma Microsoft bepaalt 'wat goed voor ons is'. Een ander voorbeeld is de 'overwinning' van het TCP/IP-protocol op de OSI-protocollen in 1989, die het begin markeert van de zegetocht van internet³. Enz. Het is de taak van computerhistorici om deze omslagen waardevrij te beschrijven.

ALGOL 60 • De eerste lezingen gingen over ALGOL 60 en ALGOL 68. Daarmee konden 'academici wiskunde praten tegen de computer', om Alberts te citeren. Frans Kruseman Aretz sprak met bewondering over de eerste ALGOL 60-compiler gemaakt door Dijkstra en Zonneveld, voor de Electrologica X1-computer.

Allerlei kennis, die studenten compilerbouw tegenwoordig krijgen onderwezen, bestond nog niet. De compiler moest in 4000 woorden geheugen passen: tegenwoordig bijna ondenkbaar.

Het werk begon in november 1959 en al in augustus 1960 werkte de compiler. Dijkstra en Zonneveld hadden eerder afgesproken, dat ze zich pas zouden scheren als de compiler klaar was. Zonneveld deed dat, maar Dijkstra zou de rest van zijn leven een baard blijven dragen.

Kruseman Aretz was betrokken bij de bouw van een ALGOL 60-compiler voor de snellere X8, waarbij van de X1-compiler werd uitgegaan. In 2003 publiceerde hij de broncode van de X1-compiler: zowel de machinecode als een werkende versie in PASCAL⁴.

In 1964 kreeg de Rijksuniversiteit Groningen een Telefunken TR4 met ALGOL 60^{5,6}. Pas vanaf dát moment konden gebruikers zelfstandig rekenen op een computer. Het deed - dacht ik - oud-Telefunkenmedewerker Rüdiger Wiehle wel goed toen ik de zogeheten post mortem-dump van de TR4-compiler roemde. Daarmee kon je snel een fout in de programmaverwerking opsporen. Je hoefde niet lang te puzzelen, zoals zelfs tegenwoordig soms nog nodig is.

In 1970 programmeerde ik de eerste versie van het grafiekenprogramma KOMPLOT⁷ in ALGOL 60, met aanroepen van plotprocedures die oorspronkelijk waren ontworpen voor de



Willem van der Poel, ontwerper van de ZEBRA

X1-compiler. In het huidige KOMPLOT herinneren bepaalde constructies nog aan die X1-plotprocedures.

ALGOL 68 • Na ALGOL 60 begon een internationaal comité aan een opvolger, later ALGOL 68 genoemd. Het Mathematisch Centrum (MC) in Amsterdam, de voorloper van het CWI, speelde een belangrijke rol. Directeur Adriaan van Wijngaarden was de grote stimulator. Voor hem was taalontwerp een plezierig, intellectueel spel. Gerard Alberts, die is gepromoveerd op het gebruik van wiskundige modellen na WO II, werkt momentaal aan zijn biografie. Alberts hield een lezing over hem.

ALGOL 68 bevat belangrijke ideeën voor computertalen, waaronder orthogonaliteit. Vanwege de ontoegankelijkheid van het definiërende rapport heeft ALGOL 60 veel weerstand opgeroepen. Enkele leden van het ontwerpcomité distantiëerden zich er van, waaronder Niklaus Wirth die later de bekende programmeertaal PASCAL ontwierp.

Aan het einde van de jaren zeventig werd ALGOL 68 in Groningen geïntroduceerd door Kees van der Laan, die van het MC kwam. RC-medewerker Johan Kelders heeft in ALGOL 68 geprogrammeerd. Hij maakte bijvoorbeeld de KOMPLOT-interface, waarmee gemakkelijk grafieken vanuit ALGOL 68 waren te maken.

ALGOL 68 heeft nooit ingang gevonden in Groningen. Toentertijd wisten we dat nog niet, maar achteraf blijkt dat de taal vrijwel nergens praktisch is toegepast, behalve dan misschien door enkele informatici. Cornelis H.A. (Kees) Koster, één van de auteurs van het ALGOL 68 rapport, merkte op: “Op het MC heerste toen de geest dat als iets bruikbaar is, dat het dan niet academisch is. Omdat veel MC-ers nog een academische carrière moesten maken, investeerde het MC zo veel in ALGOL 68.”⁸

Achteraf kan men zich de vraag stellen of de theoretische benadering van het invloedrijke C heeft bijgedragen aan de toenmalige kloof tussen



Ponsmachine in Amsterdams computermuseum



*Adrienne van den Boogaard spreekt over
Edsger W. Dijkstra*

informatici en mensen van de praktijk, die steeds minder naar de aanbevelingen van informatici luisterden.

Edsger Dijkstra • Zeker in de jaren zestig had Edsger W. Dijkstra veel invloed. Ik schreef daar al over bij zijn overlijden in 2003⁹. Na het maken van de eerste ALGOL-compiler, ontwikkelde hij zich steeds verder in theoretische richting. Programmacorrectheid werd zijn hoofdthema. Dijkstra werd verafgood, ook op deze conferentie waarde zijn geest nog rond.

Ik vroeg Kruseman Aretz enigszins tartend of er in de door Dijkstra gemaakte ALGOL-compiler fouten zaten. Of was Dijkstra onfeilbaar? Lachend antwoordde hij: “Dijkstra was niet onfeilbaar, zeker niet in het begin.” De ALGOL-compiler liep soms stuk op het skippen van commentaar, maar, voegde Kruseman Aretz er aan toe: “Vergeet niet dat het maken ervan een grootse prestatie was”.

Adrienne van den Boogaard hield een boeiende lezing over de ontwikkeling van Dijkstra's denken. Ze groeide op in Groningen en promoveerde in 1998 bij de vakgroep Wetenschappen en Technologiedynamica van de Universiteit van Amsterdam. Thans is ze docent Geschiedenis van de Techniek aan de TU Delft. Na de lezing vroeg Van den Boogaard zich af: “Ben ik niet te hagiografisch geweest?”. Ze noemde ook Dijkstra's vrees om fouten te maken. Ik hoop dat Adrienne ooit nog eens een mooie biografie over Dijkstra schrijft.

Willem van der Poel • De ZEBRA was de eerste computer van de RUG in 1959¹⁰. Vroeger spraken oudere collega's, die er nog mee hadden gewerkt, met ontzag over ontwerper Van der Poel. Het deed me genoegen hem te ontmoeten. Hij stelde zich voor met een monter: “Willem van der Poel”. Eind 2006 wordt hij tachtig, maar hij is nog steeds de ‘whiz kid’ die hij altijd al was. Onder de lezingen was hij op een laptop aan het programmeren. Rond 1961 werkte oud RC-medewerker Leo van der Wee bij hem op het Dr. Neher Laboratorium van de PTT.

Van der Poel sprak over de ZEBRA-club, een gebruikersclub voor overleg en uitwisseling van programmatuur. Vanuit Groningen werd die meestal bezocht door de toenmalige RC-directeur Donald W. Smits¹¹. Het spreekt vanzelf dat Van der Poel geen Powerpoint gebruikte bij zijn presentatie, maar zijn eigen software. Uitgebreid stond hij stil bij de ‘truckologie’ en het ‘onderwaterprogrammeren’ op de ZEBRA.

De blinde en dove programmeur dr. Gerrit van der Mey was daarin een absolute meester. Van der Poel deed voor hoe hij met hem communiceerde via bewegingen van zijn vingers. Ik kreeg van Van der Poel een cd-rom mee met daarop een ZEBRA-emulator met bijbehorende software en documentatie. De programmatuur draait onafhankelijk van een operating systeem op pc's, maar dan wel 4000 maal sneller dan op de echte machine.

Houtje-touwtje computer • In de zich snel ontwikkelende computerwereld kan men achteraf instellingen aanwijzen, die te lang zijn doorgegaan met verouderde apparatuur of programmatuur. Over een sterk voorbeeld daarvan ging de lezing van Sandra Mols, een jonge Belgische die de gang van zaken aan de universiteit van Leuven in de jaren vijftig en zestig heeft onderzocht. Bijna met de vervreemdende blik van een antropoloog deed ze onderzoek: alsof het om een vreemde volksstam ging. Alles draaide om sterrenkundige Georges Lemaître (1894-1966). Hij droeg voor de helft uit zijn eigen zak bij aan de aankoop van een meteen al verouderde computer, waar zijn medewerkers alleen op een 'houtje-touwtje'-manier mee konden werken. Ze ontwikkelden daarin een grote vaardigheid. Anderen hadden vrijwel geen toegang. Het was een wonderbaarlijk verhaal.

Verzamelbeleid historische computers • We brachten een bezoek aan het computermuseum van de Universiteit van Amsterdam: voornamelijk het werk van Edo Dooijes¹². Bijzonder is dat alle apparatuur nog werkt. Men kan er ponskaarten en ponsbanden verwerken, wat soms van pas komt. Op internet zijn veel computermusea te vinden: vaak niet meer dan allegaartjes van oude pc's.

Nederlandse universiteitsmusea krijgen al lang oude computerspullen aangeboden. Dat aanbod is meestal afhankelijk van het historisch besef van mensen die opruiming houden.

Op deze wijze is aanvankelijk ook de collectie in het depot van het Groninger Universiteitsmuseum^{13 14} ontstaan, waarin brokstukken zijn te vinden van diverse computers, zoals de TR4. Alleen de CM5 is compleet, inclusief handleidingen. In het RC-archief bevindt zich nog een grote collectie programma's van Donald W. Smits, die eigenlijk in het museum thuis hoort.

Er is een Stichting Computer Erfgoed Nederland, SCEN, opgericht waarbinnen de conservatoren van de musea met computers in hun collectie, onder andere de universiteitsmusea, een gezamenlijk verzamelbeleid ontwikkelen.

1 J. Kraak, *Een dag temidden van computerpioniers*, Pictogram april 2000.

Pictogram is ook online te lezen: ugp.rug.nl/pictogram/issue/archive

2 M.S. Mahoney, *The Web of Learning*, www.princeton.edu/~hos/Mahoney/.

- 3 J. Kraak, *De ontwikkeling van datacommunicatie – de aansluiting op internet en e-mail*, Pictogram oktober 2005.
- 4 F.E.J. Kruseman Aretz, *The Dijkstra-Zonneveld ALGOL 60 compiler for the Electrologica X1*, CWI report SEN-N0301, 2003, op internet.
- 5 J. Kraak, *Het Rekencentrum aan de Groote Appelstraat (1964-1972)*, Pictogram april 2002
- 6 De geschiedenis van het Rekencentrum RU Groningen,
www.rug.nl/society-business/centre-for-information-technology/organisation/geschiedenis/
- 7 KOMPLOT, www.rug.nl/society-business/centre-for-information-technology/organisation/geschiedenis/gkomplot
- 8 C.H.A. Koster, *The Making of ALGOL 68*,
citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.76.2072&rep=rep1&type=pdf
- 9 J. Kraak, *E.W. Dijkstra (1930-2002)*, Pictogram oktober 2002.
- 10 J. Kraak, *Pioniers van de ZEBRA – de eerste computer van Groningen*,
- 11 L.Th. van der Weele, *In memoriam dr. D.W. Smits*,
www.rug.nl/society-business/centre-for-information-technology/organisation/geschiedenis/smits
- 12 Computermuseum Universiteit van Amsterdam, www.science.uva.nl/museum
- 13 Foto's gemaakt in Depot Universiteitsmuseum, www.rug.nl/rc/organisatie/rc/geschiedenis/uitdepot
- 14 Universiteitsmuseum, www.rug.nl/museum/collecties/wsn/rekencentrum

Twee werelden van programmeren

6 De programmeertaal ALGOL 60

Tijdens de workshop Geschiedenis van Software, de Europese stijlen werd op 16 september 2010 in het Museum Boerhaave te Leiden herdacht dat in 1960 de eerste algol 60 compiler gereed kwam. De meeste publieke aandacht ging uit naar de boeiende lezing van theoretisch fysicus Martinus J.G. Veltman over zijn programma schoonschip voor formulemanipulatie (Hoofdstuk 8).

De programmeertaal ALGOL 60 en SCHOONSCHIP vertegenwoordigen contrasterende manieren van programmeren en denken. Terwijl ALGOL 60 bestemd is voor het oplossen van algemene numerieke problemen, is SCHOONSCHIP toegespitst op één bepaald probleem uit de elementaire deeltjesfysica. ALGOL 60 werd ruim tien jaar veel gebruikt in Groningen en SCHOONSCHIP incidenteel.

Historiografie • De Nederlandse computergeschiedenis kreeg voor het eerst landelijke aandacht op 17 januari 2000, tijdens een symposium in Delft, dat een nostalgische karakter had. In *Een dag bij 'echte' computerpioniers* (hoofdstuk 4) bracht ik daar verslag van uit. In 2006 volgde het symposium *Pioneering Software in the 1960s in Germany, The Netherlands and Belgium* (hoofdstuk 5). Op het symposium in 2010 waren de echte pioniers in de minderheid, en van nostalgie was geen sprake meer. Op het programma stonden onderwerpen als *Software in Cold War times*, *Early software houses in The Netherlands: PANDATA*, *Victorian data processing*, *Pursuing international cooperation*, etc. Een viertal lezingen, zoals *Social Practices of home computer users in Poland during the 1980s*, ging over de tegencultuur, waarmee de introductie van de pc, ook in Groningen, gepaard ging. Een andere lezing ging erover hoe Engels de standaardtaal werd van de Informatica.

E.W. Dijkstra en ALGOL 60 • Hernieuwde aandacht was er voor Nederlands belangrijkste informaticus Edsger W. Dijkstra (1930-2002). Veel jongeren kennen de naam Dijkstra niet, hen zeggen namen als Steve Jobs en Bill Gates meer. Bij ouderen heeft Dijkstra een bijna mythische reputatie. Gauthier Vandenhove probeerde de betekenis van Dijkstra te achterhalen in *Dijkstra's contributions to computing science and the evolution of thought*. Wie Dijkstra heeft meegemaakt, weet dat hij soms de onheilsprofeet uithing die - om het sterk te formuleren - de ondergang van de wereld voorspelde, omdat er zo slecht werd geprogrammeerd en er zulke slechte programmeertalen,



Jaap Zonneveld, één van de twee makers van de eerste ALGOL 60 compiler, 2010.

zoals FORTRAN en COBOL, werden gebruikt. Men sprak van een software crisis. Thomas Haigh's lezing *Crisis, What Crisis?* relativeerde dit.

Van Dijkstra naar de programmeertaal ALGOL 60 is maar een kleine stap. Niet lang na de komst in 1964 van de TR4 in Groningen, de opvolger van de ZEBRA, kwam ALGOL 60 hier als programmeertaal beschikbaar. Donald Smits gaf er college in¹. Tot ver in de jaren '70 bleef ALGOL 60 in gebruik, daarna werd het als onderwijstaal opgevolgd door PASCAL, terwijl de echte rekenaars overgingen op FORTRAN. Ondertussen kwamen er pakketten, zoals WESP en later SPSS in de sociale wetenschappen, waarvoor je niet meer behoefde te programmeren.

ALGOL 60 compiler 50 jaar • Aan de definitie van een programmeertaal alleen heb je niets: je moet ook nog een zogeheten compiler hebben om een programma te vertalen in machine-instructies. Na een bijeenkomst van het ALGOL-comité te Amsterdam in februari 1960 gingen Dijkstra en zijn collega Jaap Zonneveld (1924-2016) van het Mathematisch Centrum de uitdaging aan om in precies 6 maanden een werkende compiler te bouwen. Iedereen die wel eens bij een groot softwareproject betrokken is geweest, weet dat het noemen van een einddatum heel riskant is, omdat software eigenlijk nooit af is en het altijd langer duurt. Omdat Dijkstra en Zonneveld vrijwel vanuit het niets moesten beginnen, was het een enorme uitdaging. Er bestonden nog weinig boeken over compilertechnieken, er waren geen goede programmeergereedschappen, etc. Dat het toch lukte, is een grote prestatie.

In het boeiende boek *Alles moest nog worden uitgevonden* (2007) van Cordula Rooijendijk is er meer over te lezen. Uiteraard wordt de bekende anekdote verteld hoe Dijkstra en Zonneveld tijdens het grote karwei hun baard lieten staan. Uit de culturele antropologie weten we dat dit een vorm van bijgeloof is, dat dient om onheil af te wenden. Zo laten piloten, die gevaarlijke missies boven vijandelijk gebied moeten uitvoeren, hun baard vaak staan.

Toen de ALGOL-compiler klaar was, schoor Zonneveld zijn baard af, maar Dijkstra liet hem de rest van zijn leven staan. De onconventionele Zonneveld vertelde dat hij afgelegen

¹ Smits zat in de landelijke ALGOL-examencommissie. Hij vond altijd één dag voor het examen nog een inconsistentie in de opgaven, en altijd had Smits gelijk. Aldus Johan van Wingens bijdrage aan de 'Smits-mythologie'.

woonde, zodat hij zo hard als mogelijk jazzmuziek kan draaien. (Ik schat in dat het hard-bop jazz is geweest.) Het programmeren en tekenen van stereofiguren was een andere hobby van Zonneveld.

Geen feestje • Jaap Zonneveld werd in 2010 samen met twee andere pioniers, Frans Kruseman Aretz en Dirk Dekker, ondervraagd over ALGOL 60. Vincent Icke, hoogleraar Sterrenkunde in Leiden, vroeg of er tijdens de compilerbouw wel eens was overwogen om de specificatie aan te passen aan de eigenschappen van de computer, de Electrologica x1. *Nee, dat is mij wezensvreemd en dat verdom ik*, was het felle antwoord van Zonneveld. Hij vertelde verder dat hij en Dijkstra op de dag dat de compiler zou worden opgeleverd aan het ALGOL-comité lang zaten te wachten op de komst van voorzitter Peter Naur van het ALGOL-comité. Maar die was het vergeten, hij was gewoon in Kopenhagen. *Dat was dan het feestje*, merkte Zonneveld laconiek op.

‘Een echte programmeur draagt geen colbert’ • Nadat ik een foto van de pioniers had gemaakt, raakte ik met ze in gesprek. Als enige droeg Zonneveld géén colbert. Omdat hij nog steeds vond dat een *echte programmeur geen colbert draagt?* – dat gold trouwens ook in Groningen. Ik liet me ontvallen dat ik in 1975 was overgestapt van ALGOL 60 op FORTRAN. Dat was vloeken in de kerk, daarom voegde ik er snel aan toe dat ik wel was blijven denken in termen van ALGOL 60. Na dat antwoord knikten de heren instemmend. Zonneveld vertelde dat hij de spullen van zijn werk aan het opruimen was, oude rommel noemde hij het. Ik zag computerhistoricus Gerard Albers gruwen bij die woorden. Ter geruststelling voegde Zonneveld er aan toe dat je alleen iets aan het verleden hebt, als je er wat van kan leren. Ik maakte een YouTube filmpje met die uitspraak (zoek met YouTube op ‘jan n. kraak jaap zonneveld’).

Geen syntax check • De eerste versie van de ALGOL-compiler had nog geen syntax check, omdat de makers ervan uitgingen dat het programmeren nu zo gemakkelijk was geworden, dat er foutloos zou worden geprogrammeerd. Al snel bleek dat je hier niet van uit mag gaan, daarom werd de syntax check toegevoegd. Kruseman Aretz verbeterde de werking aanzienlijk. In 2003 zou hij, na zijn pensioen, de compiler volledig documenteren en een emulatie in PASCAL maken. Numeriek wiskundige Dekker vertelde dat hij veel profijt had gehad van ALGOL 60 voor het specificeren van numerieke procedures.

Omdat ALGOL 60 niet geschikt was voor commerciële database-toepassingen verloor de taal terrein in de jaren 70. Uiteindelijk werd het een ‘dode taal’. Het nut van ALGOL 60 staat echter buiten kijf, omdat het de stoot heeft gegeven tot een grote reeks van nieuwe talen zoals SIMULA, PASCAL, C, C++.

7 Gestructureerd programmeren volgens E.W. Dijkstra

44

45

Op 6 augustus 2002 overleed in Nuenen op 72-jarige leeftijd prof. dr. Edsger W. Dijkstra, ongetwijfeld Nederlands belangrijkste informaticus van de 20e eeuw. Dijkstra's ideeën over gestructureerd programmeren vonden gretig ingang bij sommigen binnen de Rijksuniversiteit Groningen. In dit hoofdstuk zal ik, vanuit een praktisch perspectief, wat vertellen over het werk van Dijkstra en enkele herinneringen ophalen. Verder verwijs ik naar een gedegen artikel op Wikipedia.

De 20-80 regel • Deze regel kent iedereen, maar meestal niet onder deze naam. Toegepast op de consumptie van bier: 20% van alle mensen drinkt 80% van alle geproduceerde bier. En omgekeerd drinkt 80% van alle mensen slechts 20% van alle geproduceerde bier. De verhouding kan ook 10-90 zijn, het gaat om het globale idee. De regel geldt voor veel menselijke consumptiepatronen, iedere winkelier is er mee vertrouwd. (Ik hoorde de regel voor het eerst van prof. Jacobs uit Delft.) Toegepast op software verklaart de regel waarom een programma, ondanks veel programmeerfouten, toch tevreden gebruikers kan hebben. De meeste gebruikers passen namelijk slechts een klein, goed uitgetest, deel van alle mogelijkheden toe, waardoor ze niet in contact komen met de fouten in het ongebruikte deel. Zo zijn de programma's van de firma Microsoft zeker niet foutloos, maar toch is Bill Gates er rijk mee geworden.

Foutloos programmeren? • Programmeurs willen foutloze programma's schrijven. Ze zouden echter moeten weten dat de meeste programma's nu eenmaal fouten hebben, behalve kleine triviale programma's. Makers van Perzische tapijten aanvaarden een enkele verkeerde knoop. Ik las eens dat er soms met opzet een foute knoop in een tapijt wordt aangebracht omdat *alleen God perfect is*. Tijdens een rondleiding in De Librije, een openbare leeszaal uit de 16e eeuw die deel uit maakt van de Walburgiskerk in Zutphen, hoorde ik dat als er bij het drukken van de eerste boeken een fout werd ontdekt, die niet werd verbeterd, omdat het herstellen te veel werk was en uit de context de bedoeling meestal duidelijk was. Ik heb gemerkt dat een deel van mijn oud-collega's allergisch waren voor dit soort redeneringen waar ik ze soms mee tartte. Ze wezen dan op programma's die absoluut correct moeten zijn, zoals programma's die een kernreactor beveiligen of navigatiesystemen van vliegtuigen. En gelijk hadden ze!

Semaforen • In hoofdstuk 4 (Een dag bij 'echte' computerpioniers) introduceerde ik Dijkstra als de 'de eerste programmeur' van Nederland. Tijdens zijn studie theoretische

natuurkunde ging hij in 1952 op het Mathematisch Centrum in Amsterdam werken. In 1962 werd Dijkstra hoogleraar wiskunde aan de TU Eindhoven, waar hij onder meer het THE Multiprogramming System ontwierp voor de X8 computer. Door toepassing van de seinpaal-metafoor vond hij een elegante oplossing voor de samenwerking van meerdere processen, zoals gebruikersprogramma's en randapparaten, bijvoorbeeld printers.

Van 1973 tot 1984 was Dijkstra nog maar één dag in de week verbonden aan de TUE. De rest van de week was hij Research Fellow van Burroughs en kon hij, verlost van allerlei bestuurlijke sores, volledig zijn eigen gang kon gaan. Later ging hij werken aan de universiteit van Texas in Austin.

Notes on Structured Programming • In Dijkstra's Eindhovense tijd gingen veel wetenschappers met computers werken. Ze programmeerden er zorgeloos op los, meestal in de ook toen al veel gebruikte programmeertaal FORTRAN. Voor administratieve toepassingen werd COBOL gebruikt. Hij zal waarschijnlijk wel eens programma's van deze nieuwe categorie gebruikers onder ogen hebben gekregen en hij zal er waarschijnlijk van hebben gegruwd. Te meer omdat hij aan zichzelf de hoogste eisen stelde en diep doordrongen was geraakt van de moeilijkheid van programmeren.

Op grond van deze ervaringen schreef hij in 1969 zijn opmerkelijke *Notes on Structured Programming*. Niet alleen de inhoud was opvallend, maar vooral ook de stijl. Terwijl iedereen op school leerde dat je het woord 'ik' zo veel mogelijk moest vermijden, vooral in wetenschappelijke publicaties, gebruikte hij het woord al bijna onbeschaamd vaak. Hier sprak iemand vanuit zijn diepste overtuiging. In EWD-1308 (zie verderop) staat dat Dijkstra de 'Notes' na een depressie schreef, als een vorm van therapie.

The goto statement considered harmful • Op het gevaar af zijn redeneringen te trivialisieren, zal ik trachten een paar ideeën uit dit werk onder woorden te brengen. Programmeren is zeer lastig, het vergt een grote concentratie. Daarvan moeten we ons bewust zijn, en daarom moeten we ons bescheiden opstellen en goed gebruik maken van onze beperkte mentale eigenschappen en naar eenvoud streven. We moeten denkwijzen gebruiken waarin we goed zijn, zoals logisch redeneren en abstractie. Door overvloedig gebruik van sprongen in een programma is het dynamische gedrag moeilijk uit de tekst te halen. Dijkstra gebruikte de term *logische spaghetti* voor dit soort programma's. Het GOTO-statement van FORTRAN moet daarom zo veel als mogelijk worden vermeden.

Fortran programma met 'logische spaghetti' • Over dit probleem publiceerde Dijkstra in 1968 een korte notitie met de wat potsierlijke titel *The GOTO statement considered harmful*. Velen kennen van Dijkstra alleen deze titel. Vooral in Japan heeft de titel bevreemding gewekt, vertelde Henk van Linde me eens, omdat GOTO daar een bekende achternaam is. Op een conferentie stond eens een Japanner op. Hij boog beleefd naar Dijkstra en



prof. dr. Edsger W. Dijkstra

```

C IF (X) 1,2,3 betekenti
C spring naar label 1 als x < 0.
C spring naar label 2 als x = 0
C spring naar label 3 als x > 0

      IF (ISB)10,10,20
20 IF (IX-IXO)12,21,12
21 IF (IY-IYO)12,22,12
22 IF (IS-ISO)12,23,12
23 CALL PLALC(NM,NMAX,IRC)
      GO TO 73
10 IF (IX2)13,50,13
13 IF (IX2-MT)19,19,50
19 IF (IY2)11,50,11
11 IF (IY2-MT)12,12,50
12 IF (TIND(IX2,IY2,1)) GO TO 73
      IF (CV-AM(IX2,IY2))206,206,5
206 IF (IDX**2+IDY**2-1)213,6,213
213 DCP=(AM(IX,IY)+AM(IX2,IY)+
      + AM(IX,IY2)+AM(IX2,IY2))/4.0
      IF (DCP-CV)5,217,217
217 IF (INX(IS-1))214,215,214
214 IX=IX+IDX
C .....

```

FORTRAN programma met 'logische spaghetti'

vroeg hem: *Why am I considered harmful?* U raadt het al: dat was professor GOTO. In een andere versie van deze anekdote schrijft prof. GOTO het artikel *Dijkstra considered harmful*.

Academische vorming vereist • In het midden van de jaren 70 bezocht ik met enkele collega's een studiedag over gestructureerd programmeren met Dijkstra als een van de sprekers. Voor een muiskille zaal - met vrijwel allemaal mannen - vertelde hij met zachte stem een poëtisch verhaal over een fladderende vlinder. Wat hij daarmee probeerde te verduidelijken, ben ik nu vergeten. Duidelijker was evenwel zijn sneer naar COBOL: hij verwachtte dat de verzekeringsmaatschappijen problemen zouden krijgen door hun in COBOL geschreven programma's, zodat ze COBOL zouden afzweren. Hij zei ook dat een programmeur een academische opleiding moest hebben. Toen een serieuze programmeur, maar geen academicus, hiertegen bezwaar maakte, nuanceerde hij deze uitspraak.

Een andere spreker was G.A. Kroes, werkzaam bij Shell, die net SHELTRAN had gemaakt voor gestructureerd programmeren. Door een preprocessor werden de SHELTRAN-commando's in het snel werkende FORTRAN omgezet. Kroes was een grote bewonderaar van Dijkstra en had aan zijn muur de spreuk *In den beginne was Dijkstra* hangen.

SHELTRAN werd lang gebruikt bij Sterrenkunde, waar het werd gebruikt voor het programma GIPSY (Groningen Image Processing System). Bij maker Hans Terlouw hing een portret van Dijkstra op het prikbord. Soms keek hij er naar, in de hoop een goedkeurend knikje van de meester te krijgen.

Herprogrammering KOMPLOT • In 1975 was ik intensief bezig met het opnieuw programmeren van het grafiekenprogramma KOMPLOT, dat toentertijd binnen de hele universiteit en ook daarbuiten veel werd gebruikt om grafieken te maken. Daarom vielen de ideeën over gestructureerd programmeren in me als *Gods woord in een ouderling*. KOMPLOT was in ALGOL 60 geprogrammeerd, maar dat werd niet verder ondersteund op de toen nieuwe CDC-computer. Daarom kreeg ik de unieke kans om het bestaande programma geheel opnieuw op te zetten.

Als programmeertaal leek het toen veel gebruikte FORTRAN een goede keuze, maar daar kleefden de door Dijkstra genoemde bezwaren aan. SHELFTRAN lag voor de hand, maar daar heb ik toch maar van afgezien omdat dat weer een extra hulpmiddel, met alle problemen van dien, introduceerde. Toen heb ik een eigen manier van gestructureerd programmeren in FORTRAN bedacht, waarbij ik met de hand IF-THEN (-ELSE)-constructies en andere structureringsinstructies vertaalde in GOTO's, of met commentaar emuleerde. Ook paste ik top-down design toe: ik begon met een klein, goed werkend, programma en vulde gaandeweg de ontbrekende functionaliteit aan. Zo ontstond, in een tijd dat FORTRAN nog geen goede structureringsinstructies had (versie FORTRAN 66), toch een (redelijk) goed gestructureerd programma.

A discipline of programming • Terwijl veel programmeurs nog gefascineerd waren door gestructureerd programmeren, was Dijkstra en zijn groep in Eindhoven al weer lang bezig met een nieuw aspect: het bewijzen dat een programma(fragment) ook inderdaad doet wat je ervan verwacht. Dat is niet simpel, want testen is niet voldoende. Een veel aangehaalde uitspraak van Dijkstra was dat je met testen alleen kunt aantonen dat een programma fouten heeft, maar niet dat het zonder fouten is. Over correct programmeren publiceerde hij in 1976 *A discipline of programming*. Het is lastig om in een paar zinnen de kern van dit boek uit te leggen, maar ik doe toch een poging.

Om te kunnen spreken van de correctheid van een programmafragment 'S', moet worden gespecificeerd onder welke preconditionie 'Q' de uitvoering van 'S' eindigt in de gewenste postconditie 'P'. Hierbij zijn 'P' en 'Q' logische uitdrukkingen in termen van de variabelen van 'S'.

Het correctheidsbewijs van de programma-specificatie, genoteerd als $\{Q\} S \{P\}$, is in het algemeen lastig, vooral als 'S' is samengesteld uit meerdere statements. Daarom voerde Dijkstra de zwakste beginvoorwaarde in, de zgn. weakest precondition $wp(S,P)$, met bijbehorende rekenregels, waardoor correctheidsbewijzen beter uitvoerbaar worden.

Een voorbeeld: de functie sqrt om een wortel te trekken in het statement $Y := \text{sqrt}(X)$; werkt alleen voor positieve argumenten, de preconditionie is $X \geq 0$. De postconditie is $X = Y * Y$.

Het boek geeft veel voorbeelden van deze methode. Het is veel lastiger te lezen dan de 'Notes', met name vanwege de afwisseling van ogenschijnlijke trivialiteiten en diepzinnigheden.

Op het Rekencentrum hield Doeke de Vries zich al vroeg bezig met correctheidsbewijzen in de trant van Dijkstra. Doeke ging later naar de afdeling Informatica, waar hij wellicht beter op zijn plaats was dan op het Rekencentrum. Zelf heb ik mij nooit aan correctheidsbewijzen gewaagd.

Correct programmeren in Groningen • In de academische wereld kreeg Dijkstra veel aanhang. In Groningen doceerde prof. dr. W. H. Hesselink programmeren. In zijn inaugurale rede *Specificatie van Berekening* uit 1995 staat dat het veel doorzettingsvermogen vereist om correct te leren programmeren. Als student begin je met eenvoudige voorbeelden, waarvoor eigenlijk geen strenge correctheidsbewijzen nodig zijn. Daar moet je je echter wel doorheen worstelen, als opmaat voor steeds ingewikkelder programma's. Hesselink illustreert hoe lastig de uitvoering van een correctheidsbewijs is voor een 'echt' probleem. Op zichzelf zijn de uit te voeren bewijsschappen nog niet zo moeilijk, maar door de enorme hoeveelheid stappen raak je gauw de draad kwijt. Hesselink paste toen met succes de stellingbewijzer NQTHM toe, die de administratie voor hem deed. Als vervolg schreef ik in 2002: *Omdat ze zoveel tijd kosten, maar ook omdat ze lang niet triviaal zijn, hebben grondige correctheidsbewijzen tot nu toe weinig ingang gevonden in de praktijk. Vaak beperkt men zich tot kleine, kritische programmafragmenten.* Hoe de stand van zaken is in 2020, nu ik dit stuk uit 2002 aan het herzien ben, weet ik niet. Mijn vermoeden is dat men niet veel is opgeschoten: programmeren is inherent moeilijk.

De gifbeker van Socrates • Naast zijn wetenschappelijke publicaties, die veel succes hadden in de academische wereld, werd Dijkstra bij een groter publiek ook bekend om de prikkelende uitspraken die hij van tijd tot tijd deed over de praktijk van het programmeren en ander computergebruik. Voorbeelden daarvan staan bijvoorbeeld in *How do we tell truths that might hurt* uit 1975:

- Programming is one of the most difficult branches of applied mathematics; the poorer mathematicians had better remain pure mathematicians.
- The easiest machine applications are technical/scientific computations.
- FORTRAN - 'the infantile disorder' - , by now nearly 20 years, is hopelessly inadequate for whatever computer application you have in mind today: it is now too clumsy, too risky, and too expensive to use.
- The use of COBOL cripples the mind; its teaching should, therefore, be regarded as a criminal offence.

Etc.

Dijkstra zal, als ex-gymnasiast, bij het doen van dit soort uitspraken waarschijnlijk de rol van de Griekse filosoof Socrates voor ogen hebben gestaan die zijn omgeving ook tartte. Maar Dijkstra is niet, zoals Socrates ongeveer 2400 jaar eerder, veroordeeld tot het drinken van de gifbeker.

Denken als discipline • Verder nog enkele uitspraken van Dijkstra gedaan in het boeiende VPRO-programma *Denken als discipline* uit 2001, dat op internet is te vinden:

- Informatica gaat net zo min over computers als astronomie over telescopen.
- De competente programmeur is zich volledig bewust van de beperktheid van zijn eigen hersenpan. Daarom benadert hij zijn programmeertaak met nederigheid. Onder andere vermijdt hij slimmigheden als de pest. *EWD 340*
- Het testen van een programma is een effectieve manier om de aanwezigheid van fouten aan te tonen, maar het is volkomen inadequaet om hun afwezigheid te bewijzen. *EWD 340*
- Elegantie is geen overbodige luxe, maar vormt het onderscheid tussen succes en feilen. *EWD 1284*
- Zolang er geen computers waren was programmeren geen probleem. Toen we een paar zwakke computers hadden, werd programmeren een klein probleem. Nu we gigantische computers hebben, is programmeren een gigantisches probleem geworden.

EWD-notes als kettingbrief • Dijkstra was zeer productief. Veel van zijn ideeën heeft hij privé gepubliceerd in zijn serie EWD-notes, die als een soort kettingbrief onder ongeveer 200 bewonderaars werden verspreid. Een groot deel is met de vulpen geschreven, in een regelmatig handschrift. Als grap heeft iemand zijn handschrift via TeX automatisch laten genereren. Sommige van zijn volgelingen gebruikten net zo'n soort vulpen als Dijkstra. Op een conferentie zag ik eens een groep Dijkstra-adepten uitdagend rondlopen in een T-shirt met op de rug een uitspraak van de 'meester'.

In de 1317 EWD-notes staan niet alleen wetenschappelijke resultaten, maar ook reisverslagen, colleges, allerlei opinies, een terechtwijzing van een nieuw lid van zijn dinsdagmiddagclub, een briefje aan een afstudeerder, etc.

Voor wie van zijn stijl houdt, zijn de EWD-notes zeer leesbaar. Na zijn overlijden zijn ze door de universiteit van Texas in Austin, waaraan Dijkstra van 1984 tot 1999 was verbonden, gescand en op internet geplaatst met de link: www.cs.utexas.edu/users/EWD

Dijkstra was nog maar 42 jaar toen hij in 1972 de Turing Award, de informaticapendant van de Nobelprijs, ontving. De prijs was genoemd naar de Brit Alan Turing (1912-1954), de grondlegger van theoretische computer science. In wo II kraakte Turing de Duitse militaire codes en verkortte daarmee de oorlog aanzienlijk. Turing's leven had een tragisch einde in het toenmalige bekrompen Engeland.

8 Elementaire deeltjesfysica

met SCHOONSCHIP van M.J.G. Veltman

50

51

Tijdens de workshop Geschiedenis van Software, de Europese stijlen op 16 september 2010 in het Museum Boerhaave te Leiden hield theoretisch fysicus en Nobelprijswinnaar Martinus J.G. Veltman (Waalwijk, 1931) een boeiende lezing over zijn leven en zijn werk aan het programma SCHOONSCHIP. Er stonden meer lezingen op het programma, maar naar hem ging de meeste aandacht uit. Nooit eerder hield Veltman zo 'n lezing.

Op de middelbare school (HBS) was Veltman een middelmatige leerling omdat hij alleen deed wat hem interesseerde. Elektronica was zijn grote hobby, want hij wilde precies weten hoe iets werkte. Later had hij van die instelling veel profijt. Na de HBS wilde hij naar de MTS, de Middelbare Technische School, maar zijn eindexamenlijst was daarvoor te slecht. Door afkijken haalde hij echter een zes voor Duits. Daarom slaagde hij met de hakken over de sloot voor het HBS-examen en kon hij naar de universiteit.

Op aandringen van zijn natuurkundeleraar ging hij natuurkunde studeren in Utrecht. Over zijn Utrechtse hoogleraren was hij, met uitzondering van prof. Pais, zeer slecht te spreken. De algemene relativiteitstheorie van Einstein uit 1905 werd bijvoorbeeld nog niet onderwezen. Bij een test voor de militaire dienst bleek zijn hoge intelligentie. Het gevolg was dat hij meteen in de luchtmachtstaf kwam en mee mocht praten over onze luchtverdediging. We spreken over de tijd van de Koude Oorlog. Defensie werkte toen met een langzaam ronddraaiend radarsysteem. Veltman beredeneerde dat de vliegtuigen van de Russen in Berlijn al op weg waren naar Nederland voordat hier tegenmaatregelen konden worden genomen. Met deze bevinding is nooit iets gedaan! Hij werd naar een cursus gestuurd op het Mathematisch Centrum, waar in die tijd volgens Veltman *Dijkstra de god was voor alle wiskundigen*. Na zijn militaire dienst promoveerde Veltman in 1962 op zogeheten zwakke wisselwerkingen.

Slechts voor één probleem • Veltman ging vervolgens naar het Europese onderzoekscentrum CERN, waar hij zich stortte op de uitermate lastige en gecompliceerde kwantumtheorie van het W-deeltje - wat dat ook moge zijn. De eenvoudigste berekening van het kwantumeffect leverde een uitdrukking op van ongeveer 100.000 termen. De berekening van de afzonderlijke termen was niet moeilijk, maar vanwege de overweldigende hoeveelheid termen maakte Veltman steeds fouten, hoezeer hij ook zijn best deed. Toen kreeg hij de ingeving om een computer te gebruiken voor het 'domme werk'. Maar dat kon niet bij CERN, want de computergroep was, zoals overal in Europa in die tijd, samengesteld



Martinus Veltman, Leiden, 2010

uit mathematen die geen begrip hadden voor niet-numerieke zaken. Ze blokkeerden zijn toegang tot de computer, we spreken over het jaar 1963.

¹ SCHOONSCHIP is de naam van een verhaal van Leonhard Huizinga, die (bij de ouderen) bekend is als de auteur van 'Adriaan en Olivier'.

Gelukkig kon hij twee jaar naar Stanford, waar een geheel andere mentaliteit heerste. Daar begon hij aan de ontwikkeling van SCHOONSCHIP¹ op een IBM 7490 met 32 k woorden van 36 bits als geheugen en magneetbanden (om te sorteren). Veltman begon in FORTRAN, maar geleidelijk aan werden meer en meer stukken in assembler geprogrammeerd. De reden was dat hij zo eenvoudiger met individuele bits kon werken, in plaats van met hele woorden (36 bits) of bytes (8 bits). Toenmalige programmeertalen kenden toen nog niet de mogelijkheid om individuele bits te adresseren. Dat gold zeker voor ALGOL 60. Terwijl veel programma's algemeen toepasbaar willen zijn, wat ten kost gaat van de efficiëntie, was SCHOONSCHIP van het begin af aan bedoeld om slechts één probleem snel op te lossen.

Public domain • Veltman begon in september 1963 en tegen Kerstmis werkte SCHOONSCHIP voor het eerst. Dat was een groots moment! Hij verbeterde het programma nog wat en toog in januari 1964 naar New York, om trots zijn resultaten te tonen aan experts, waaronder T.D. Lee. De reactie van Lee was koel. Later hoorde Veltman van iemand die toen bij Lee werkte dat hij, zo gauw Veltman de deur uit was, bij Lee werd geroepen en de opdracht kreeg om SCHOONSCHIP na te maken.

In die tijd was software nog algemeen bezit (public domain) en Veltman vertelde bereidwillig aan iedereen hoe zijn programma werkte. Zo gingen anderen met zijn ideeën aan de haal, zoals Tony Hoare die een versie in LISP maakte, Reduce geheten. Stephen Wolfram ging letterlijk uit van SCHOONSCHIP en maakte Mathematica. In het begin werd SCHOONSCHIP nog wel geciteerd, maar dat ebde weg... Mathematica werd een hele industrie, waar Wolfram rijk mee is geworden.

Stenen tijdperk • Toen Veltman in 1964 terug kwam bij CERN had men daar inmiddels een IBM 7490 computer, die in 1965 werd vervangen door een CDC. Het gevolg was dat Veltman SCHOONSCHIP opnieuw moest vertalen

Cijfers..		
Reken- en stekunde en driehoeks- meting	acht	Cosmographie. zes
Stereometrie en beschrijvende meetkunde	acht	Handelswetenschappen zeven
Mechanica	zeven	Handtekenen zeven
Natuurkunde	zeven	Rechtlijnig tekenen zeven
Scheikunde	acht	Lichamelijke oefening zeven
Plant- en dierkunde	zeven	
Staathuishoudkunde	zes	
Aardrijkskunde	zeven	
Geschiedenis	zeven	
Nederlandse taal en letterkunde	vijf	
Frans taal	vijf	
Engelse taal	vijf	
Hoogduise taal	zes	
Tijtslag: geslaagd N de examencommissie:		

De HBS-B-eindexamenlijst van Veltman



Veltman (r) toegejuicht in stadion, 1999

in CDC-machinetaal. Andermaal werd hem het leven zuur gemaakt door de mathematen van CERN, die programma's in machinetaal niet wilden toelaten. Maar met behulp van de hoogste baas van CERN zette hij zijn zin door.

In 1966 werd Veltman hoogleraar in Utrecht. Gerard 't Hooft promoveerde bij hem. Volgens Veltman verkeerde Nederland destijds op computergebied nog in het stenen tijdperk. Er was nauwelijks FORTRAN, er waren geen IBM- of CDC-computers. ALGOL 60 trok hem helemaal niet. Hij gaf het op. **SCHOONSCHIP** bleef op ca. 10.000 ponskaarten achter bij CERN. Daar werd het in 1967 bij toeval ontdekt door twee onderzoekers die het goed konden gebruiken in de kwantumelektrodynamica.

Tot 1975 was **SCHOONSCHIP** het enige programma om grote problemen in de elementaire deeltjesfysica op te lossen. Dit dankzij het gebruik van assemblertaal voor bitmanipulatie en het efficiënte gebruik van het toentertijd beperkt geheugen. Alle andere programma's waren tenminste een orde van grootte langzamer. Toen de Rijksuniversiteit Groningen in 1972 een CDC computer kreeg, werd daar **SCHOONSCHIP** op geïnstalleerd, waar ik even bij was betrokken.

Nu is **SCHOONSCHIP** min of meer verleden tijd. Mathematica wordt nog wel gebuikt, maar er kan niet zo veel mee als met **SCHOONSCHIP**. In 1984 vertaalde Veltman **SCHOONSCHIP** in de machinetaal van de Apple MacIntosh, maar sinds de introductie van de Intel processor is dat verleden tijd. Momenteel is het nog wel mogelijk om **SCHOONSCHIP** te runnen op moderne Apple machines, met gebruik van een emulator die 'classic' MacIntosh programma's aan kan. Dit programma heet *Sheepshave*.

Nobelprijs dankzij **SCHOONSCHIP** • Veltman heeft – in zijn eigen woorden – ‘groot profijt gehad’ van **SCHOONSCHIP**. Terwijl hij in 1968 de Yang-Mills-theorie voor vectorbosonen bestudeerde, bracht het allereerste probleem dat hij met **SCHOONSCHIP** had opgelost hem op een lumineus idee. Toen hij het aan een collega vertelde, zei die: Ga alvast maar een kaartje kopen voor Stockholm. Hij moest evenwel nog tot 1999 wachten, voordat hij samen met Gerard 't Hooft de Nobelprijs voor Natuurkunde ontving. Hij liet een foto zien waarop hij in gesprek is met de Zweedse koningin. Verder werd hij toegejuicht in een groot stadion. Hij eindigde zijn lezing met de laconieke woorden: En op een gegeven ogenblik is dat ook weer voorbij.

Zoektocht Informatievisualisatie

9 Zoektocht naar de oorsprong van de grafische voorstelling

Net als veel van mijn ICT-collega's is het nieuwste me soms nog niet nieuw genoeg en leg ik bij wijze van spreken een Java-boek uit 1997 als verouderd ter zijde (geschreven in 1998). Maar zo nu en dan kijk ik ook in de omgekeerde richting en zoek ik naar de oorsprong van mijn werk: het visualiseren van gegevens. Na lang zoeken vond ik in onze UB hierover een zestiende-eeuws document van Nicole Oresme, dat ca. 1530 is 'afgeschreven' niet zo ver van mijn geboorteplaats. Hier is mijn verhaal. Hebt u een hekel aan nostalgie, gelieve dan niet verder te lezen.

Terug naar Friesland • Aan het einde van het jaar ga ik vaak een dag naar mijn geboortedorp Echten in Friesland. Dan ga ik ook even naar het kerkhof waar behalve mijn ouders ook veel andere familieleden begraven liggen. Ten noorden ervan ligt het Tjeukemeer dat bij veel zeilers berucht is vanwege de ondiepten en de soms koppige golfslag aan lagerwal. En kijkende naar het Zuiden zie ik midden op de ruimte de boerderij liggen waarop ik ben geboren en waarbij mijn vaders Friese paarden liepen.

Over Friese paarden heb ik eens een grafiek gemaakt voor het manual van KOMPLOT: het grafiekenprogramma waar ik jaren aan heb gewerkt. Toen de dichter J.C. Bloem in het begin van de jaren dertig een tijdje in het naburige St. Nicolaasga woonde, heeft hij in de bundel *Media Vita* een aantal treffende gedichten over kerkhoven geschreven.

Walterus Enchusen • Afgelopen december ben ik na een bezoek aan mijn geboortedorp doorgereden naar Tirns, een dorpje ten noorden van Sneek, om te kijken naar een boerderij die gebouwd is op de plaats waar eens het klooster Thabor stond. In het begin van de zestiende eeuw woonde daar de kanunnik Walterus Enchusen die waarschijnlijk weet heeft gehad van visualisatie. En zo stond ik dan op een donkere winterdag te kijken naar een oude boerderij op een terp te midden van de kale weilanden. Ik moest even aan Walterus denken, die je met enige fantasie een geestelijke voorvader zou kunnen noemen.

Meneer Scheepvaart • Een paar jaar geleden, toen ik voor een geleerd gezelschap een lezing mocht houden over de geschiedenis van visualisatie,



*De Friese merrie Ootje en haar
veulen Tabella in Echten, 1938*



*Titelpagina handschrift 103 in de UB
Groningen, van Walter Enchusen*

ben ik op een vinnig koude winterdag - er was weer een Elfstedentocht op komst - naar de UB geweest om daar het boek van Walterus Enchusen te bekijken waarin een paar grafieken staan. Dat bezoek aan de UB op zichzelf was al een belevenis voor iemand die daar in jaren niet was geweest. Ik kende de UB vanuit mijn studententijd: een oud somber gebouw dat je met hetzelfde gevoel betrad als een kerk en waar toen een vriendelijke baliemedewerker rond liep die me nadrukkelijk met 'meneer Kraak' groette. Vele jaren later kwam ik hem in een oud Overijssels stadje tegen te midden van een uitgelaten gezelschap, hij bleek me nog steeds te kennen. Pas sinds 1992 weet ik hoe hij heet: Wieger Scheepvaart, pardon 'Meneer Scheepvaart'. In dat jaar nam hij namelijk afscheid van de UB en stond er een levendig interview met hem in de Universiteitskrant van de hand van Frank den Hollander. Van die oude sfeer in de UB was niets meer over: overal zag je vrolijke jongens en meisjes in een bijna feestelijke stemming op de ruim bemeten trappen en overlopen. Als er vanuit een zaal dreunende discomuziek had geklonken, dan was ik helemaal niet verbaasd geweest. Maar ter zake: mijn doel was de afdeling 'Oude en Kostbare Werken' waar een weldadige rust heerste en waar nog iets van de oude sfeer hing. Ik vroeg naar handschrift 103 dat uitvoerig beschreven staat in de dissertatie van de Groningse theoloog Regnerus Steensma over het boekenbezit van het voormalige klooster Thabor.

Nicole Oresme, bisschop van Lisieux • In handschrift 103, een boek van geringe afmetingen, heeft Walterus Enchusen omstreeks 1530 een aantal van de in zijn tijd belangrijkste wetenschappelijke werken, van onder meer Albertus Magnus en Bacon, 'afgeschreven' in een klein en precieus handschrift. Ook staan er eigen aantekeningen in over landmeetkunde: waarschijnlijk zijn eigen vak. Ook toen al werd de roede als lengte-eenheid (van 4 meter) gebruikt, die mijn grootvader ook nog gebruikte om turf op te meten. Mij ging het in dat afschrift echter om zijn afschrift van de *Tractatus de Configurationibus Qualitatum et Motuum* dat omstreeks 1355 is geschreven door Nicole Oresme (1320-1382): een van de belangrijkste Middeleeuwse geleerden. Oresme was van eenvoudige Bretonse afkomst, maar heeft het tot kapelaan en raadsman van de Franse koning Charles V gebracht en uiteindelijk tot bisschop van Lisieux. Maar hij was toch

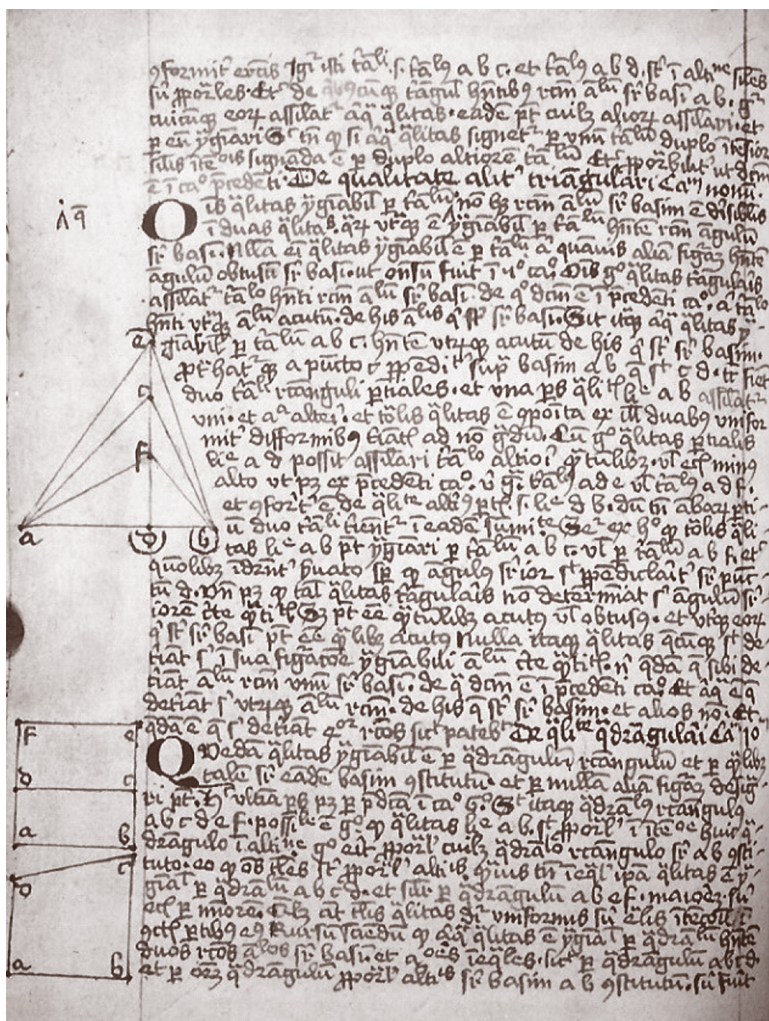
vooral een echte wetenschapper die als voorloper wordt beschouwd van latere geleerden zoals Descartes, Copernicus en Galilei.

De mechanisering van het wereldbeeld • Het is een verdienste van E.J. Dijksterhuis (1892-1965) geweest dat hij Oresme bekendheid heeft gegeven als 'uitvinder van de grafische voorstelling' in zijn magnum opus *De mechanisering van het wereldbeeld*, waarvoor hij in 1952 de P.C. Hooft-prijs heeft gekregen. Op dit boek werd ik gewezen door de sterrenkundige Romke Bontekoe, een klant van KOMPLOT. Uit zijn onlangs verschenen biografie, van de hand van de Groningse hoogleraar geschiedenis Klaas van Berkel, weten we dat Dijksterhuis, die voordat hij hoogleraar in de geschiedenis van de exacte wetenschappen in Utrecht werd, jarenlang leraar wiskunde in Tilburg was, elke vakantie naar Groningen ging en daar in de UB boeken leende. Het is erg opvallend dat hij handschrift 103 niet heeft gebruikt als bron van Oresme, maar wel een slechte Duitse vertaling door Weileitner.

Marshall Clagett • Nooit zou ik op het idee zijn gekomen om handschrift 103 in onze UB op te vragen, als ik niet op het spoor was gekomen van het in 1968 verschenen magistrale werk van Marshall Clagett van de Princeton University getiteld *NICOLE ORESME and the Medieval Geometry of Qualities and Motions - A treatise on the uniformity and difformity of intensities known as Tractatus de Configurationibus Qualitatum et Motuum*. Dit boek bevat de Engelse vertaling van de Latijnse 'Tractatus' van Oresme, waarbij is uitgegaan van de 14 bekende afschriften, waaronder het afschrift van Walterus Enchusen en de versie van Weileitner. Onder een foto van een pagina van de Tractatus staat in kleine letters '(Groningen, Bibl. de Rijksuniv. 103)', hierdoor kwam ik in onze UB terecht. Het blijkt nu dat Enchusen's afschrift, dat Dijksterhuis dus niet heeft opgemerkt, veel uitgebreider is en veel meer illustraties bevat dan de versie van Weileitner.

Eindelijk in handen • Maar goed en wel: zo had ik dan eindelijk na een zoektocht van ongeveer 25 jaar een boek in handen dat van historische betekenis is voor de visualisatie van data. Omdat het in het Latijn was, kon ik het niet lezen. Ik zag alleen enige kleine in de kantlijn getekende plaatjes die ik, als ik het niet had geweten, niet eens voor grafieken had aangezien. Maar hoe dan ook: het was toch even een bijzonder moment voor mij toen ik dat bijna 500 jaar oude afschrift in handen had van iemand die net als ik de weilanden van Friesland heeft gekend.

Basisprincipe van informatievisualisatie • Tenslotte de vraag: zijn dit de oudste grafieken? Waarschijnlijk niet, want er is een plaatje uit de 10e eeuw dat sprekend op een grafiek lijkt. Maar daar staat geen verklaring bij, en dat heeft Oresme nu juist wel gedaan. Hij legt uit hoe hij een kwantitatieve waarde weergeeft door middel van een lijnstuk waarvan de lengte evenredig is met de waarde. Zo'n lijnstuk wordt loodrecht getekend op een ander



Twee grafieken in de kantlijn, getekend door Walterus Enchusen

lijnstuk waarlangs de plaats of de tijd is uitgezet. Door dit voor verschillende waarden te doen en bovendien de bovenkanten van de loodrechte lijnen met elkaar te verbinden ontstaan een grafische voorstelling die wij nu een grafiek noemen. Ook al heeft Oresme dan misschien niet de eerste grafiek getekend, dan is hij toch vrij waarschijnlijk de eerste, of een van de eersten, geweest die het basisprincipe van visualisatie heeft geformuleerd.

10 Waarom werkt informatievisualisatie zo goed?

Informatie die wordt weergegeven als een afbeelding, wordt meestal veel sneller waargenomen dan tekstuele informatie.

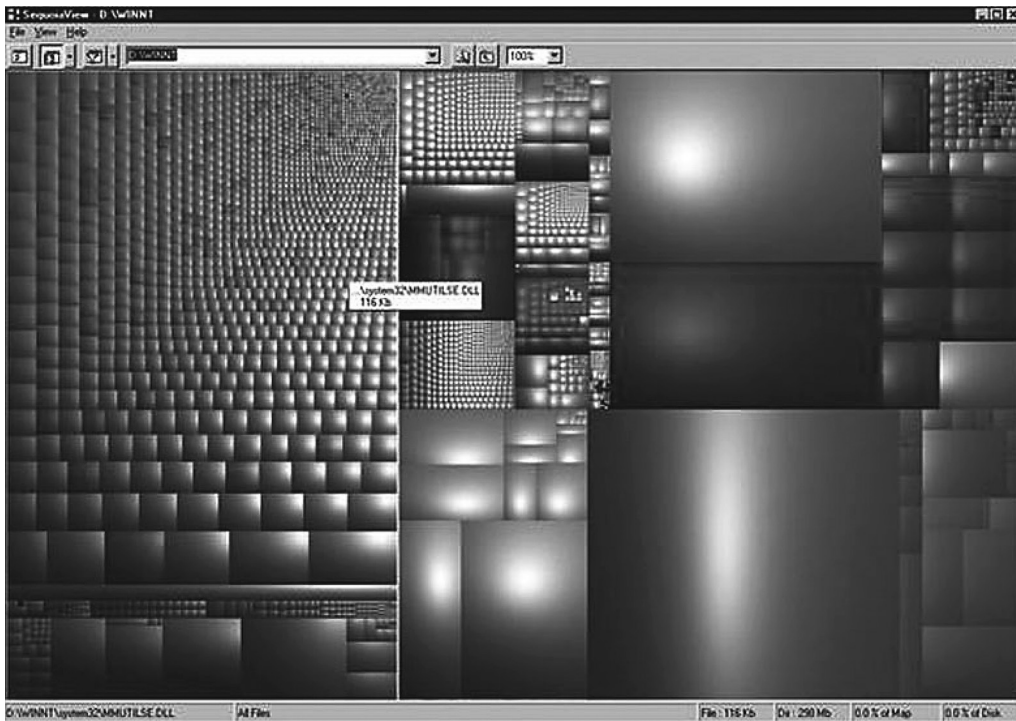
Het succes van informatievisualisatie is te danken aan specifieke eigenschappen van het visuele systeem van de mens. 'Harde', op experimenten gebaseerde, kennis daarvan is daarom nuttig voor het optimaliseren van visualisatietechnieken.

Dit is de boodschap van het boek 'Information Visualization' van Colin Ware, dat bestemd is voor mensen die hun technische kennis over visualisatie willen aanvullen.

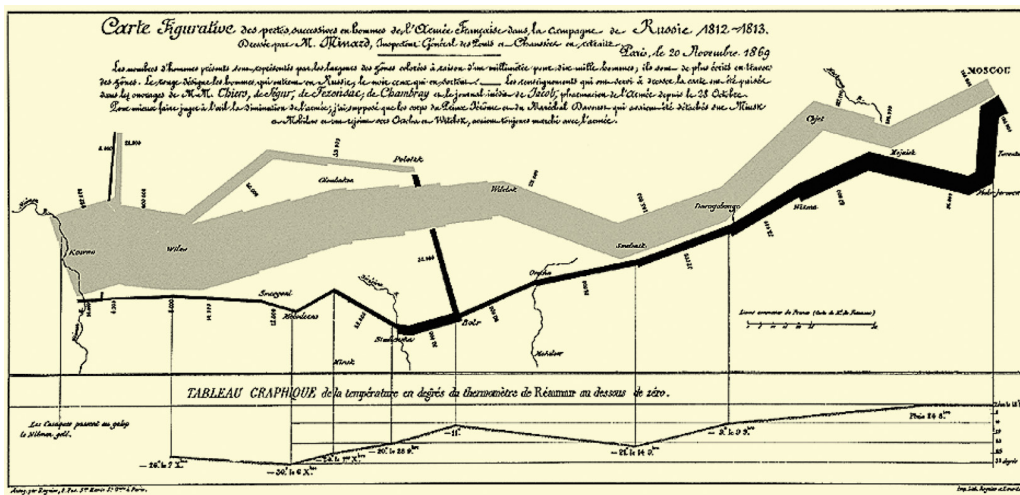
Cushion treemap • De afgelopen tijd schreef ik drie stukken over informatievisualisatie voor Pictogram¹. De strekking daarvan was steeds: mits op de juiste wijze gevisualiseerd, kan men in één oogopslag een grote hoeveelheid gegevens overzien en daarin bijzonderheden en trends ontdekken. In de cushiontreemap (*Figuur 1*)² van een filesysteem zie je bijvoorbeeld meteen welke file de grootste is. Elke file wordt daarin afgebeeld door een rechthoek waarvan de oppervlakte evenredig is met de filegrootte, terwijl de kleur een indicatie is voor het type file. Een treemap leent zich eveneens voor de visualisatie van de waarde van aandelen en de prijs van huizen.

Veldtocht van Napoleon naar Rusland, 1812 • Hoe komt het toch dat we in één oogopslag een gegevensvisualisatie kunnen overzien, terwijl het lezen van een tekst over hetzelfde onderwerp dikwijls veel meer tijd kost? Graaf de Ségur schreef een prachtig boek over de veldtocht van Napoleon Bonaparte (1769-1821) naar Rusland in het najaar van 1812, waarbij het enorme leger van Napoleon steeds verder Rusland in werd gelokt, terwijl de herfst inviel en het steeds kouder werd. Daarbij kwamen ongeveer een half miljoen soldaten en 150.000 paarden om. Van de ongeveer 15.000 Nederlanders, overleefden slechts 500 de tocht waaronder mijn vroegere dorpsgenoot Frederik Maurits van Heiden, die overigens later in de slag bij Waterloo zou sneuvelen⁴.

Terwijl het boek enige uren lezen vergt, maakte de befaamde grafiek van Minard in figuur 2 uit 1861 de ellende van de veldtocht in een paar oogopslagen duidelijk⁵. We zien de brede lijn, die de route naar Moskou



Figuur 1. Cushion treemap, om eigenschappen van files, aandelen, huizen e.d. te visualiseren .



Figuur 2. Visualisatie van de Russische veldtocht van Napoleon door Minard, 1861. Een van de beste grafieken aller tijden³.

aangeeft en waarvan de breedte evenredig is met het aantal soldaten, steeds smaller worden. Op de dramatische terugtocht werd de rivier de Berezina overgestoken via gammele bruggen onder hevig Russisch artillerievuur en onder aanhoudende aanvallen van de gevreesde kozakken.

Waarnemingsexperimenten • Dat ‘een plaatje vaak meer zegt dan duizend woorden’, hangt samen met de unieke eigenschappen van ons visuele systeem. Bekwame ontwerpers van grafische voorstellingen passen die toe, maar dat doen ze dikwijls meer gevoelsmatig dan wetenschappelijk gefundeerd. Op zichzelf hoeft dat geen bezwaar te zijn.

Maar soms schort er iets aan grafische voorstellingen, waardoor ze niet helemaal goed voldoen. Neem bijvoorbeeld de *Chernoff faces*⁶ in *figuur 3*. Hierbij worden de onderdelen van een multivariaat gegeven afgebeeld op verschillende aspecten van een gezicht. Variabele één bijvoorbeeld op de lengte van de neus, variabele twee op de hoek van de wenkbrauwen, variabele drie op de afstand mond-neus etc. Ondanks onze ervaring in het beoordelen van gezichten, kost het enige tijd om verbanden te leggen tussen verschillende gezichten: dat kan zeker niet in één oogopslag. Er zijn méér visualisaties bedacht, die vanuit een bepaald theoretisch standpunt misschien fascinerend zijn, maar die perceptueel niet kloppen. Visualisaties zijn soms ook ronduit misleidend.

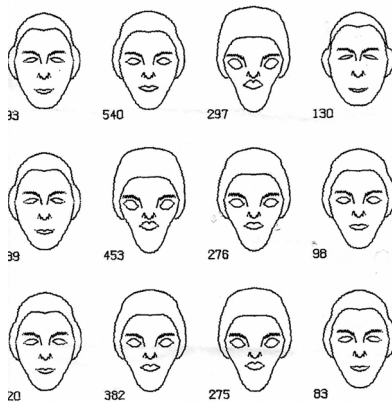
Al lang zijn er waarnemingsexperimenten gedaan in psychologische laboratoria. In de Tweede Wereldoorlog, toen de radartechniek pas in gebruik was en operateurs lang naar een radarscherm moesten turen op zoek naar vijandelijke vliegtuigen, kregen de bevindingen van waarnemingsonderzoeken praktisch nut. Ook bij de inrichting van de controlekamer van een kerncentrale of de cockpit van een vliegtuig is het van groot belang om te weten hoe je een grote hoeveelheid informatie zo duidelijk mogelijk voorstelt, opdat er geen rampen gebeuren.

‘Information visualization’ door Colin Ware • Ingenieurs moeten verstand hebben van fysica. Om een soortgelijke reden moeten ontwerpers van grafische voorstellingen een basiskennis van visuele informatieverwerking hebben. Tot nu toe besteden boeken en colleges over visualisatie hier weinig aandacht aan.

In 1999 publiceerde Colin Ware het boek *Information Visualization: Perception for Design*⁷ dat deze leemte tracht op te vullen, al biedt het zeker geen panacee voor alle problemen. Het is het eerste boek dat, zonder vakjargon, praktische regels geeft voor de effectieve visuele presentatie van informatie die zijn gebaseerd op wetenschappelijke kennis. Ware isoleerde sleutelprincipes uit de literatuur om bestaande visualisatietechnieken te optimaliseren.

Colin Ware⁸ studeerde Informatica, was daarna een tijdje grafisch ontwerper en promoveerde vervolgens op een waarnemingspsychologisch onderzoek. Thans is hij hoogleraar Informatica aan de universiteit van New Hampshire en directeur van het visualisatielab van het Center for Coastal and Ocean Mapping. Een solide basis dus om een dergelijk boek te schrijven.

Eenvoudig driestappen model • Ons oog tast als een soort zoeklicht een grafische voorstelling af. Via zenuwcellen in het netvlies van het oog wordt visuele informatie naar de 40% van de hersenschors gebracht, die bestemd is voor verdere verwerking. Een ander deel van de hersenen verwerkt taal. Als eenvoudig model kan men zich voorstellen dat de beeldelementen in een tweedimensionale buffer worden geplaatst.



Figuur 3. In Chernoff faces zijn multivariate gegevens via kenmerken van gezichten weergegeven. Grappig, maar niet effectief om clusters op te sporen.

85689726984689762689764358922659865986554897689269898
02462996874026557627986789045679232769285460986772098
90834579802790759047098279085790847729087590827908754
98709856749068975786259845690243790472190790709811450
85689726984689762689764458922659865986554897689269898

Figuur 4. Geen pre-attentive processing

85689726984689762689764358922659865986554897689269898
02462996874026557627986789045679232769285460986772098
90834579802790759047098279085790847729087590827908754
98709856749068975786259845690243790472190790709811450
85689726984689762689764458922659865986554897689269898

Figuur 5. Het cijfer 3 valt op

De verwerking daarna gaat in drie stappen. In stap 1 worden in een soort massief parallel proces de beeldelementen uit de buffer herkend. Hierop heeft ons ‘verstand’ geen greep. In het Engelse vakjargon spreekt men van *pre-attentive processing*. Onderzoek levert bijvoorbeeld aanwijzingen op voor hoe je afzonderlijke gegevens en patronen kunt laten opvallen.

In stap 2 worden de beeldelementen uit stap 1 samengevoegd tot vormen en patronen. Ook wordt hier beweging herkend. In stap 3 wordt het herkennen van patronen in een bewust proces voortgezet. Hier vestigen we bijvoorbeeld onze aandacht op een bepaald Chernoff-gezicht en tasten vervolgens met ons oog de andere gezichten af, om een vergelijkbaar gezicht te vinden. Dit is een sequentieel proces, dat veel langzamer is dan de parallelle verwerking in stap 1, die soms nog geen 20 milliseconden duurt.

Voorbeelden pre-attentive processing • Om een indruk te geven van de soort experimenten waar Colin Ware zich op baseert, geef ik enige voorbeelden van pre-attentive processing, dat belangrijk is bij informatievevisualisatie. Ter introductie de tabel in figuur 4 met cijfers, waarin het oog de cijfers één voor één moet aftasten om te tellen hoe vaak het cijfer drie voorkomt.

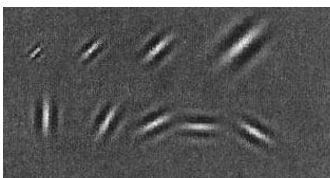
In de tabel in *figuur 5*, waarin de cijfers 3 vet zijn gedrukt, hoeven alleen de zwarte cijfers te worden gescand, omdat verschil in zwarting pre-attentive wordt verwerkt. Meteen zien we dat er vier drieën zijn.

Figuur 6 toont een aantal verzamelingen van tekens, waarvan er steeds één afwijkt. Met uitzondering van de laatste twee verzamelingen met de kopjes ‘Juncture’ en ‘Parallelism’, worden alle afwijkende tekens op pre-attentive wijze onderscheiden. Dit soort kennis kan worden toegepast bij het maken van symbolen voor topografische kaarten, waarbij men bepaalde objecten in het oog wil laten springen.

Exploratieve data-analyse en data mining • Kennis van pre-attentive processing komt van pas bij het ontwerp van visualisaties van discrete multivariate gegevens in 2D (*glyphs*), om *exploratieve data analyse* te bedrijven. Colin Ware schrijft dat hooguit acht dimensies ‘goed’, dat wil zeggen pre-attentive en onafhankelijk van elkaar, in glyphs kunnen worden afgebeeld.

De beroemde statisticus John W. Tukey (1915-2000)⁹ introduceerde exploratieve data-analyse in 1977 om met behulp van grafische methoden inzicht in grote verzamelingen data te krijgen en om hypothesen op te stellen. Tukey, die bekend is geworden door zijn *Fast Fourier Transformatie-algoritme* en verder onder meer door zijn *box-and-whisker plots*, was de voornaamste spreker op de conferentie ‘Looking at Multivariate Data’, gehouden in Sheffield in 1980. Ik had het geluk om daarbij aanwezig te zijn, temidden van statistici. De oude Tukey droeg een toentertijd ‘hippe’ rugzak, die hij ook niet afdeed tijdens zijn voordrachten. Het was alsof hij elk moment kon opstappen. Hij overdonderde ons met zijn grafische uitvindingen en woordvondsten¹⁰. Achteraf gezien denk ik dat daar wel eens een grafiek bij was die, hoe verrassend misschien ook, niet optimaal was.

Tegenwoordig gebruikt men dikwijls de term *data mining* voor exploratieve data-analyse. Een voorbeeld levert de marketinganalist die trends en patronen in zijn database met gegevens van klanten wil ontdekken. Aan welke klanten moet ik bepaalde folders sturen met de meeste kans op succes?



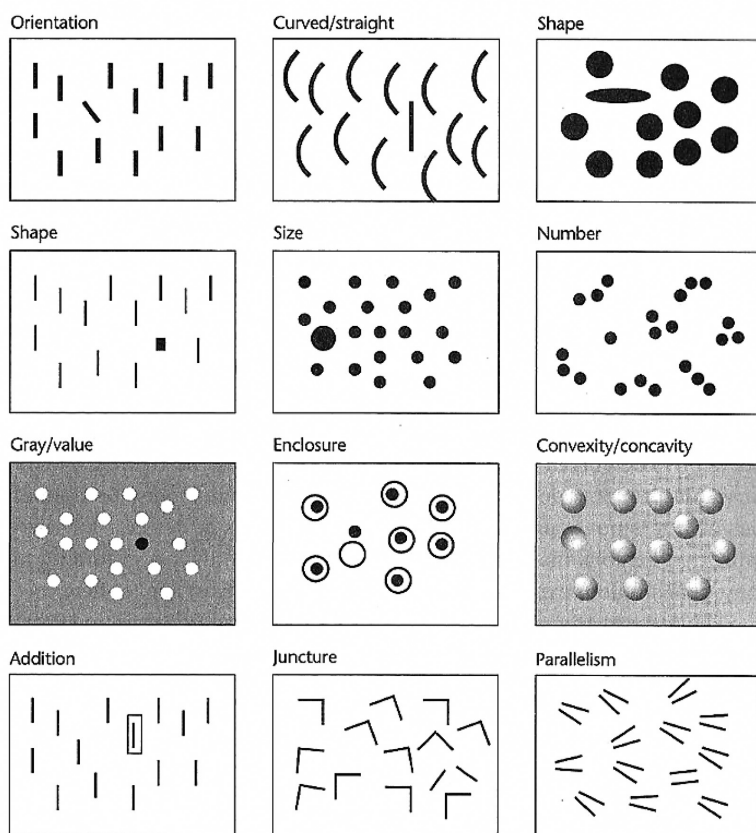
Figuur 7. Gabor-functies variërend in grootte en oriëntatie.

Gaborfunctie • Colin Ware besteedt kort aandacht aan de neurofysiologische basis van pre-attentive processing. Via het verlengde van de gezichtszenen van het netvlies, waarop het gezichtsveld is afgebeeld door de ooglenzen, komen afzonderlijke beeldjes in gecodeerde vorm in de hersenschors. Daar bevindt zich, simpel voorgesteld, een tweedimensionale verzameling van filters die verschillen in hun gevoeligheid voor oriëntatie, afmeting en eventuele stereoscopische diepte, beweging e.d. van het corresponderende onderdeelje van het gezichtsveld.

Een eenvoudig wiskundig model voor een filter is de tweedimensionale Gabor-functie¹¹, die bestaat uit het product van een cosinus golf, met onder meer een variabele oriëntatie, en een Gauss-functie, zie *figuur 7*. Vervolgens worden de filters ‘doorgerkend’ in een snel, massief parallel proces.

De snelle herkenning van afwijkende tekens in *figuur 6* hangt samen met eigenschappen van de Gabor-functie. Daarmee kan men tevens begrijpen, hoe het visuele systeem de zichtbare wereld opdeelt in gebieden met een bepaalde oppervlaktestructuur (textuur).

Dat gebeurt bijvoorbeeld als we de vegetatiesoorten van de aarde onderzoeken op satellietfoto’s. Omgekeerd kan men de Gaborfunctie ook gebruiken om verschillende texturen te genereren, die door het visuele systeem goed worden onderscheiden.



Figuur 6. Voorbeelden van pre-attentive processing. Behalve in de laatste twee figuren, wordt het afwijkende teken in een oogopslag herkend.

Computer vision • Bij *computer vision* is *edge detection*, het herkennen van randen, een belangrijke operatie. Computer vision wordt gebruikt voor gezichtsherkenning, de herkenning van personen op basis van de patronen op de iris, bewegingsanalyse, beeldcompressie, het opzoeken van een plaatje in een database. Computer vision is mede gebaseerd op dezelfde kennis als optimale informatievevisualisatie. Bij de ontwikkeling van edge detection-algoritmen is de natuur een rijke bron van inspiratie.

Dit geldt in hoge mate voor het onderzoek dat wordt gedaan door Nicolai Petkov¹², hoogleraar Informatica aan de rug, en zijn groep Intelligent Systems¹³. Hierin worden computermodellen, veelal gebaseerd op de Gabor-functie, ontwikkeld, waarmee het mogelijk is te voorspellen hoe het menselijke visuele systeem zal reageren op een bepaalde visuele stimulus. Een recent voorbeeld is een stimulus die sterk lijkt op het plaatje 'Orientation'¹⁴ in *figuur 6*.

Van visualisatie naar perceptualisatie • Uiteraard speelt het voorgaande ook een rol in het onderzoek van de groep van Jos Roerdink, de onlangs benoemde hoogleraar Wetenschappelijke Visualisatie en Computergrafiek¹⁵. In zijn inaugurale rede¹⁶ merkt Roerdink na een beschouwing van functionele MRI, waarbij hersenprocessen worden onderzocht, op: 'Vanuit de visualisatie gezien, is het fascinerende van het hersenonderzoek dat het ons in een kringloop plaatst.

Enerzijds is visualisatie een krachtig hulpmiddel om resultaten van dit onderzoek te interpreteren. Anderzijds vereist goede visualisatie dat we beter begrijpen hoe de menselijke zintuigen en hersenen functioneren.'

Verderop spreekt Roerdink de verwachting uit dat visualisatie zich in de nabije toekomst zal ontwikkelen tot *perceptualisatie*, waarbij behalve het oog ook onze andere zintuigen worden toegepast om verbanden in gegevens op te sporen.

1 ugp.rug.nl/pictogram

2 SequoiaView homepage: www.win.tue.nl/sequoiaview

3 www.edwardtufte.com/tufte/posters

4 J. Kraak, *Zuidlaarders in de Bataafse en Franse tijd*, gepubliceerd in het blad van de Historische vereniging Zuidlaren, 2004.

5 Charles Joseph Minard: *Mapping Napoleon's March*, 1861, www.csiss.org/classics/content/58.

6 H. Chernoff, *The use of faces to represent points in k-dimensional space graphically*, Journal of the American Statistical Association, V68, 1973.

7 Morgan Kaufmann publishers, <https://rug.on.worldcat.org/oclc/784147337>

8 Colin Ware, <https://ccom.unh.edu/user/cware>

9 Biografie J. W. Tukey, <https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Tukey/>

10 De woorden bit, byte en software zijn bedacht door Tukey.

11 2-D Gabor function, www.cs.rug.nl/~imaging/simplecell.html

12 Homepage Nicolai Petkov, <https://www.rug.nl/staff/n.petkov/>

13 Intelligent Systems, <https://www.cs.rug.nl/is/>

14 N. Petkov, M. A. Westenberg, *Suppression of contour perception by band-limited noise and its relation to nonclassical receptive field inhibition*, Biological Cybernetics, 2003, <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00422-002-0378-2>

15 Een interview met Jos Roerdink: ugp.rug.nl/pictogram/article/view/4160

16 J. B. T. M. Roerdink, *Met het Oog op Inzicht – Visualisatie als Kringloopproces*, april 2004.

11 Informatievisualisatie met treemaps

66

67

Informatievisualisatie was een van de onderwerpen van de Nationale Visualisatiedagen die eind november 2002 werden gehouden in de Zernikeborg in Groningen. Jack van Wijk, hoogleraar Visualisatie aan de TU Eindhoven, toonde daar de grafische afbeelding van een filesysteem als een treffend voorbeeld. Met deze afbeelding is in één oogopslag te zien welke files de meeste ruimte in beslag nemen. De afbeelding is daarom een ideaal hulpmiddel om grote, overbodige files, op te sporen en te verwijderen als uw harde schijf of uw ruimte op een fileserver vol dreigt te raken. De afbeelding van het filesysteem is een zogenaamde 'squarified cushion treemap', die is te maken met het freeware Windows-programma SequoiaView.

Ruimtegebrek op schijf? • Harde schijven met meerdere gigabytes (Gb) fileruimte worden steeds goedkoper. Maar omdat onze behoeften vaak meegroeien met de mogelijkheden, raken deze grote schijven meestal even snel weer vol als vorige generatie schijven. Daarom blijven goede tools voor filebeheer nodig. Dit geldt vooral voor het beheer van fileservers, waarvan er op het moment van schrijven ongeveer 130 zijn binnen de Rijksuniversiteit Groningen. Hierop worden files van medewerkers en studenten bewaard. Geregeld wordt er een backup van de data gemaakt op tape, zodat er bij computerstoringen zo weinig mogelijk waardevolle gegevens verloren gaan. Grootschalige backup-faciliteiten zijn tamelijk prijzig en vaak minder gemakkelijk uit te breiden dan schijfruimte.

Ondanks het feit dat veel fileservers ruim zijn bemeten, komt het geregeld voor dat een systeembeheerder een verzoek moet doen aan zijn gebruikers om het gebruik van de fileserver te beperken en files die niet strikt nodig zijn te verwijderen.

Bijna iedere computergebruiker is bekend met Windows Explorer die de directory-structuur toont door middel van inspringen. Explorer toont verder een lijst van files in een bepaalde directory. Via de rechter muisknop krijgt men informatie over de aangewezen file, zoals de grootte en de aanmaakdatum. Aldus kan men met Explorer stap voor stap een filesysteem exploreren, om knelpunten te vinden.

Een belangrijk bezwaar van Explorer is dat men geen globaal overzicht krijgt van de gehele inhoud van het filesysteem, omdat het aantal files en directories dat gelijktijdig kan worden getoond beperkt is, vanwege de beschikbare ruimte op het scherm. Zonder een globaal overzicht, zijn vragen als 'Welke directory neemt de meeste ruimte in?' of 'Waarom is mijn harde schijf of mijn beschikbare ruimte op de file server vol?' niet snel te beantwoorden. Vooral als het om duizenden files gaat, hetgeen tegenwoordig niet ongebruikelijk is.

SequoiaView voor Windows • SequoiaView biedt een elegante oplossing voor dit probleem door de beschikbare ruimte op een computerscherm optimaal te gebruiken. In plaats van het tonen van het filesysteem door middel van een lange lijst van files en directories, worden files afgebeeld door middel van rechthoekjes, waarvan de *oppervlakte evenredig is met de file-grootte*. Vrijwel het gehele computerscherm wordt benut en in principe kan elke pixel een file weergeven. Er kunnen dus zeer veel files tegelijk worden afgebeeld.

Vanwege de evenredigheid van de oppervlakte met de filegrootte, zien we onmiddellijk welke files de meeste ruimte in beslag nemen. Lang vergeten grote files komen zó aan het licht. Zelf vond ik een aantal 'hidden' files van Word, die standaard niet door Explorer worden getoond. Een collega, die last had van een volle schijf, ontdekte dat hij een installatiefile van 3 Gb had laten staan.

Files in dezelfde directory staan gerangschikt binnen een rechthoek. Door aanwijzen met de muis wordt de omtrek rood. Na het aanklikken van een file in een bepaalde directory wordt ingezoomd op de betreffende directory. Van een file waar de muis op staat worden de eigenschappen onder aan het scherm getoond.

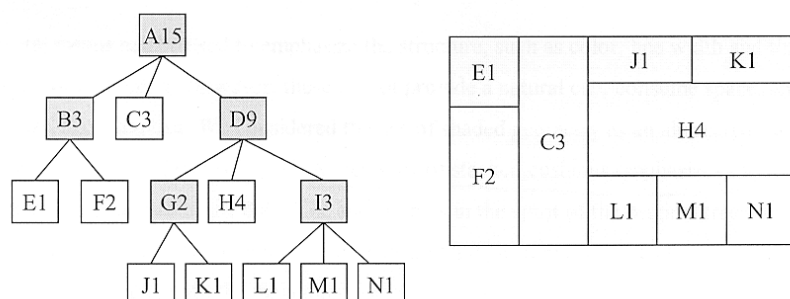
SequoiaView werkt onder Windows 95/98/2000/XP alsmede onder Windows NT, op een scherm van tenminste 640*480. Downloaden (zie onder voor adres) gaat snel, omdat het programma slechts ongeveer 0,5 Mb groot is. Installatie op de harde schijf kost ongeveer 2 Mb. Het programma heeft een fraaie gebruikersinterface en een goede Help-faciliteit. Daarom kost het weinig tijd om er mee te leren omgaan. Om een overzicht van een filesysteem te krijgen, hoeft u alleen de naam op te geven, bijvoorbeeld 'c:\' voor een harde schijf of 'g:\' voor een Novell fileserver.

SequoiaView is genoemd naar de mammoetbomen van Californië. Ze kunnen zo hoog worden als de Martinitoren; de laagste takken beginnen vanaf ongeveer 45 meter.

Een Linux-versie van de treemap heet 'qtreamap'. Dit is een library waarmee cushion treemaps in eigen programma's zijn te maken. Het Linux-programma 'kdirstat', mits dat gebruik maakt van qtreamap, biedt ongeveer dezelfde mogelijkheden als SequoiaView voor Windows.

Toon me het plaatje van uw files • SequoiaView kent behalve de afbeelding doormiddel van een oppervlakte, nog veel meer mogelijkheden. De kleur van een rechthoek *toon*t bijvoorbeeld het *type file*. Een Word-document is blauw, een JPEG-file is rood en een programma groen etc. Iedereen krijgt zó een eigen karakteristieke afbeelding met SequoiaView ('Toon me het plaatje van uw files, en ik zal zeggen wie gij zijt').

SequoiaView kent ook *filters*. Zo kan men bijvoorbeeld kiezen om alleen files groter dan 1 Mb en ouder dan één jaar af te beelden. Dit is slechts een van de mogelijkheden van het programma.



Figuur 1. Links een boomstructuur en rechts de daarmee corresponderende treemap.

Met SequoiaView zelf kan men geen files verwijderen of andere file-bewerkingen uitvoeren. Door echter een file met de rechter muisknop aan te klikken, verschijnt er een menu met onder meer als opties het openen van de file en het activeren van Explorer, waarna men bijvoorbeeld de aangewezen file kan verwijderen.

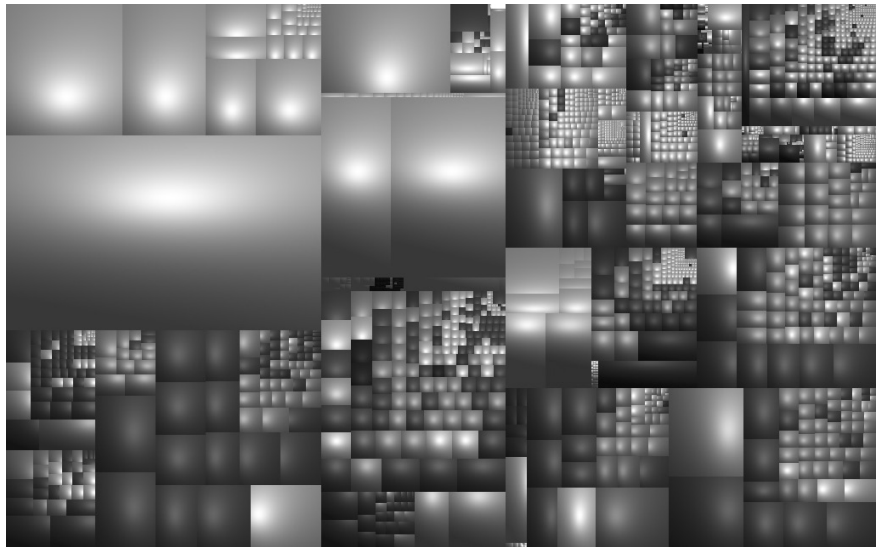
Treemap • Ik ga nu wat dieper in op de visualisatie van hiërarchische gegevens. Als u SequoiaView alleen voor filebeheer wilt gebruiken, dan is het niet strikt noodzakelijk om verder te lezen.

Vele soorten gegevens zijn te ordenen in een zich vertakkende boomstructuur. Niet alleen files op een harde schijf, maar ook personen in een organisatie, aandelen, de voorraad van een grootwinkelbedrijf etc. Ben Shneiderman maakte de eerste treemap van een boomstructuur in 1992.

Figuur 1 toont links een boomstructuur met knooppunten en rechts de overeenkomstige treemap. Elk knooppunt is afgebeeld door een rechthoek, waarvan de oppervlakte evenredig is met een attribuut van het knooppunt, zoals de (file)grootte. Elk knooppunt heeft een label X_n , waar 'X' de naam is en 'n' de (attribuut)grootte. De grootte van een zich vertakkend knooppunt is gelijk aan de som van de groottes van de kinderen.

Een treemap is als volgt geconstrueerd. We beginnen met een gegeven rechthoek die het begin van de boom A, de root, voorstelt. Vervolgens verdelen we de rechthoek van links naar rechts in drie kleinere rechthoeken die de kinderen van A, B, C en D voorstellen. Elke rechthoek heeft een oppervlakte evenredig aan de som van de groottes van zijn kinderen. In de volgende verdelingen herhalen we dit proces tot de onderverdeling stopt, ofwel als we op een eindknooppunt (leaf) zijn aangekomen. De onderverdeling vindt afwisselend horizontaal en verticaal plaats. Bij een filesysteem stelt elke binnenste rechthoek een file voor. Uit de wijze waarop de binnenste rechthoeken 'samenklonteren' tot grotere rechthoeken, kan men de directory-structuur aflezen.

Voor bezitters van aandelen is een treemap van de aandelenmarkt van belang. Per marktsector zijn beursgenoteerde firma's weergegeven door een rechthoek, waarvan de oppervlakte evenredig is met de totale waarde van de aandelen. Zoals te verwachten heeft Microsoft de grootste rechthoek in de technologiesector, IBM is tweede etc. Kleur codeert het koersverloop, groen betekent winst en rood verlies.



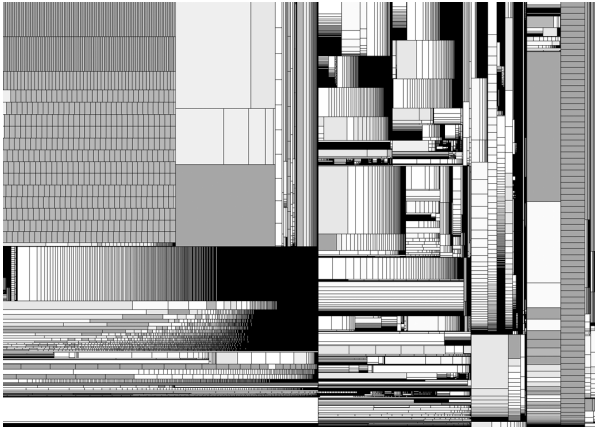
Figuur 2. Zwart-wit afbeelding van een hiërarchisch filesysteem als een squarified cushion treemap, gemaakt met SequoiaView. De filetypes kunnen met kleuren worden getoond.

Squarified cushion treemap • Informatievisualisaties worden dikwijls ontworpen en geïmplementeerd door onderzoekers met een primaire belangstelling voor bijvoorbeeld cognitieve psychologie, informatica of grafisch ontwerp, maar zonder een grondige kennis van computer graphics. Daarom is de toegevoegde waarde van die visualisaties soms beperkt, en moet men enige tijd studeren voordat men het nut ervan ontdekt, terwijl het kenmerk van een goede grafische weergave juist is dat de bedoeling onmiddellijk duidelijk is.

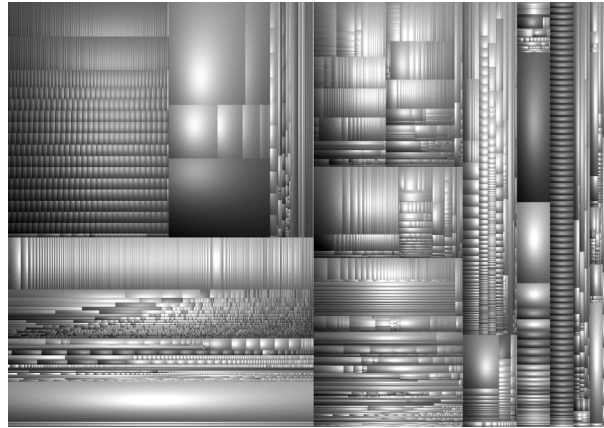
Voordat Jarke J. (Jack) van Wijk zich met informatievisualisatie ging bemoeien, was hij al lang werkzaam geweest op visualisatiegebied, ondermeer op het ECN in Petten. Arthur Veldman, hoogleraar Toegepaste Mechanica, liet tijdens een lezing op de Visualisatiedagen een stroming zien, die was gevisualiseerd met de *spot noise*-methode van Van Wijk. Zijn lange ervaring met computer graphics kwam Van Wijk goed van pas in zijn nieuwe onderzoeksgebied. Samen met zijn groep paste hij de treemap van Shneiderman zodanig aan, dat het een nuttig gereedschap werd in de vorm van het programma SequoiaView.

Figuur 3 toont het prototype van de treemap. Het vergt enige studie om de directory-structuur te halen uit de 'samenklontering' van vlakken. Daarom beeldt SequoiaView een rechthoek af als een opbollend kussen. Bovenop dit kussen worden onderverdelende rechthoeken afgebeeld door kleinere kussens. Dit proces wordt herhaald. Aldus wordt een hiërarchie afgebeeld als een stapeling van kussens, een zogenaamde *cushion treemap*, (zie *figuur 4*).

De cushion treemap wordt beschenen door een lamp, waardoor schaduwen ontstaan. Waar kussens op hetzelfde niveau elkaar raken, is de kloof niet



Figuur 3. Prototype van de treemap.



Figuur 4. Cushion treemap, corresponderend met het prototype uit figuur 3.

diep en is er weinig schaduwwerking. De kloof tussen kussens dicht bij de root is diep en de schaduwwerking sterk. Daarom kan men uit een cushion treemap beter de hiërarchie aflezen dan uit het prototype. Maar afgezien daarvan, ziet de stapel kussens er erg mooi en 'aaibaar' uit, vooral als de kussens zijn gekleurd. Op de SequoiaView-internetsite staat een plaatje van de huiskamer van Birgit en Marcel Rieder, met boven de (IKEA?) zitbank de ingelijste cushion treemap van hun harde schijf.

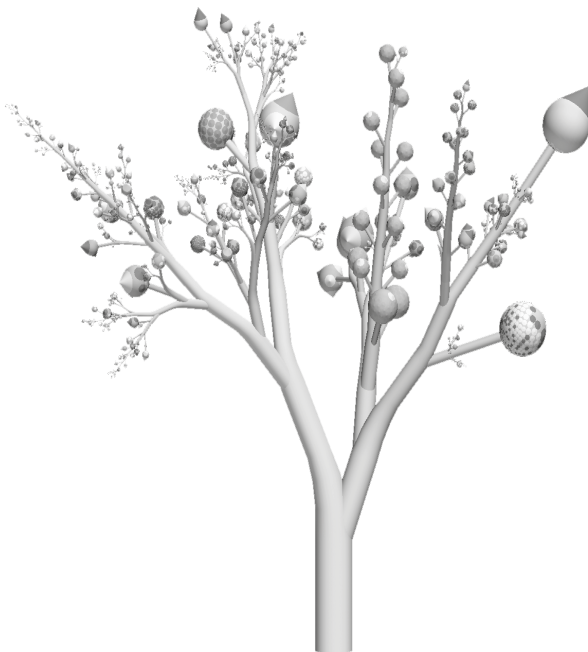
Verder heeft het prototype van de treemap in *figuur 3* als nadeel dat kleine files dicht bij de root aanleiding geven tot lange zeer smalle rechthoeken, die vrijwel niet van elkaar zijn te onderscheiden. Als remedie hiertegen kent SequoiaView de 'squarify'-optie die rechthoeken zo goed als mogelijk in vierkanten omzet (*figuur 2*). Lange zeer smalle rechthoeken worden nu vierkantjes die beter zijn te onderscheiden. Met SequoiaView zijn de drie varianten van de treemap te maken.

Natuur als inspiratie • Met de uitvinding van de cushion treemap is nog lang niet het laatste artikel geschreven over de visualisatie van hiërarchische datastructuren. Ook al geven de opbollende kussens de hiërarchie redelijk weer, toch gaat het 'in één oogopslag'-criterium hier niet helemaal op. Enige studie blijft nog steeds gewenst. Daarom zet de groep van Van Wijk zijn werk voort aan hiërarchische structuren.

Van Wijk toonde tijdens zijn lezing twee experimentele methoden. In de eerste plaats de zogenaamde *beam tree*, waarbij de derde dimensie goed is benut. Interessanter is de andere methode, de *botanical tree*, waarvoor een boom uit de natuur model staat (*figuur 5*).

Mensen zijn gewend aan bomen en kunnen daarin snel bepaalde aspecten ontdekken. Zo wordt bij een botanical tree van een filesysteem de afzonderlijke files afgebeeld als een zwerm vruchten in een bol, waarvan de inhoud evenredig is met de filegrootte en de kleur het filetype aangeeft.

De reacties op de botanical tree methode zijn tot nu toe gemengd, aldus Van Wijk. Iedereen vindt de plaatjes mooi, maar voor praktische toepassingen geven velen de voorkeur aan cushion treemaps. Belangrijk is evenwel de constatering dat de natuur, en onze bekendheid daarmee, een rijke inspiratiebron vormt voor de vertaling van abstracte gegevens in geometrische vormen.



Figuur 5. Botanical tree

Te zijner tijd zullen er, net als het programma SequoiaView voor de treemap, implementaties komen voor de beam tree en de botanical tree, die vrij zijn te downloaden. De groep van Van Wijk heeft veel geleerd van het commentaar van gebruikers bij de ontwikkeling van SequoiaView. Tevens was het erg stimulerend. Ze verwachten hetzelfde effect van de twee toekomstige implementaties.

Informatievisualisatie aan de RUG • Een hiërarchische structuur is één van de soorten ordeningen van gegevens, die zich goed leent voor visualisatie. Grote collecties documenten, bijvoorbeeld alle webdocumenten over een bepaald onderwerp, kan men met bepaalde methoden visualiseren, zie hiervoor mijn artikel 'Voor de dolende webspeurder - visualisatie van documenten'.

In het Informaticacollege 'Wetenschappelijke Visualisatie', gegeven door prof.dr. Jos Roerdink, wordt een overzicht gegeven van de voornaamste methoden van informatievisualisatie.

Het freeware Windows-programma SequoiaView: www.win.tue.nl/sequoiaview

[De eerste treemap van een boomstructuur gemaakt in 1992 door Ben Shneiderman: www.cs.umd.edu/hcil/treemaps/](#)

[Een treemap van de aandelenmarkt kunt u vinden op www.smartmoney.com/marketmap](#)

[Jarke J. \(Jack\) van Wijk: www.win.tue.nl/~vanwijk](#)

[Het artikel 'Voor de dolende webspeurder - visualisatie van documenten': https://ugp.rug.nl/pictogram/article/view/3780/3773](#)

12 Wanden vol pictogrammen

72

73

Een aanzienlijk deel van mijn werkzame leven op het CIR (het voormalig Rekencentrum) was ik bezig met grafische toepassingen. Het begon met het maken van grafieken (KOMPLOT) en eindigde met virtual reality.

In zo'n vak moet je eigenlijk alleen maar belangstelling hebben naar het allernieuwste, maar ik stelde me zo nu en dan ook vragen als: 'Hoe is het vroeger allemaal begonnen en wie hebben al die verschillende vormen van grafieken 'uitgevonden'?

Tweemaal maakte ik een tocht naar plaatsen die verband houden met grafieken. Tijdens de tweede tocht zag ik grote hoeveelheden pictogrammen: afbeeldingen die de plaats van teksten innemen.

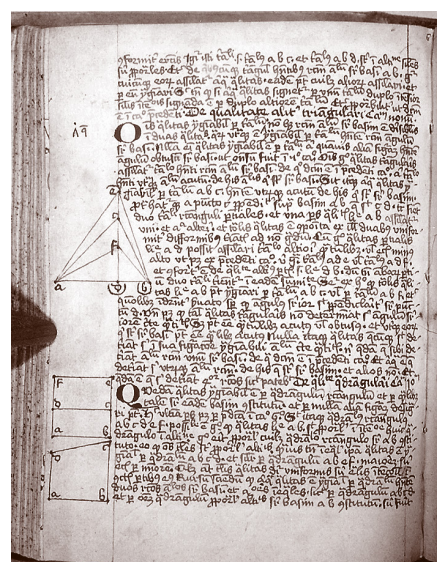
Naar Tirns voor Nicole Oresme • Mijn eerste tocht ging naar het kleine Friese dorpje Tirns ten noorden van Sneek. Daar bevond zich tot de Reformatie het klooster Thabor, nu is er alleen een boerderij van over. Kloosters waren in de middeleeuwen, in de tijd dat er nog geen universiteiten waren, brandpunten van kennis.

Een van de kloosterlingen was de kanunnik Walterus Enchusen, die omstreeks 1530 een aantal van de in zijn tijd belangrijke wetenschappelijke werken heeft 'afgeschreven' in een klein boekje. Dit handschrift bevindt zich nu in de Universiteitsbibliotheek in Groningen.

In de *Tractatus de Configurationibus Qualitatum et Motuum* van Nicole Oresme (1320-1382) uit het handschrift staan in de kantlijn enkele figuurtjes die worden betiteld als grafieken (figuur 1).

Wiskundige en historicus E.J. Dijksterhuis noemt Oresme, die een van de belangrijkste middeleeuwse geleerden was, 'de uitvinder van de grafische voorstelling'. Of dit inderdaad zo is, is de vraag, want de Chinezen waren er in dit soort zaken vaak eerder bij dan wij in Europa.

Oresme heeft echter wel mogelijk als eerste de essentie van het staafdiagram beschreven: de daarin afgebeelde kwantitatieve waarden worden voorgesteld door staven met een lengte *evenredig* met de afgebeelde waarden. De staven worden loodrecht getekend op een ander lijnstuk, waarlangs bijvoorbeeld de tijd is uitgezet. Een lijngrafiek is op hetzelfde principe van evenredigheid met de lengte gebaseerd. In het kader van mijn serie artikelen over visualisatie etc. schreef ik in 1998 over deze kwestie al eens een stukje in Intercom, de voorganger van Pictogram, getiteld: *Zoektocht naar de oorsprong van de grafische voorstelling*¹.



Figuur 1 Pagina uit werk van Nicole Oresme met in de kantlijn twee grafieken

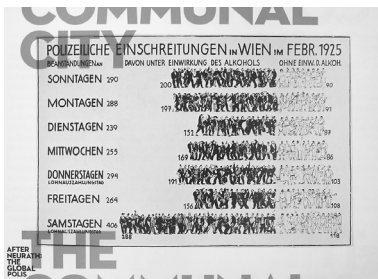
¹ Publicaties van Jan Kraak in Pictogram, zie pagina 60

Naar Den Haag voor Otto Neurath en Gerd Arntz • Mijn tweede tocht voerde me op 16 maart 2008. naar Den Haag, naar de tentoonstelling 'After Neurath: The Global Polis' in het centrum voor kunst en architectuur Stroom Den Haag. Daar hingen de wanden vol met een bepaalde soort grafieken, waarvan Otto Neurath (1882-1945) de uitvinder is.

Neurath was van oorsprong een Oostenrijkse wetenschapper die van vele markten thuis was. Hij was filosoof, en als zodanig aangesloten bij de Wiener Kreis, maar ook socioloog en econoom.

In de roerige tijd na de Eerste Wereldoorlog was hij betrokken bij allerlei linkse activiteiten. Hij nam deel aan een radenrepubliek in Duitsland en werd ter dood veroordeeld, maar omdat hij buitenlander was, kreeg hij gratie. Terug in Wenen ging hij zich bezighouden met stedenbouw. Naar dát aspect van Neurath refereerde de titel van de tentoonstelling.

Veel bekender is hij evenwel geworden, en daar ging het grootste deel van de tentoonstelling over, door zijn energieke pogingen om de arbeiders van Wenen en later ook daarbuiten te 'verheffen', onder meer door ze uit te leggen hoe 'de wereld in elkaar stak'. Daarbij gebruikte hij visuele middelen, waarmee hij rond 1925 zeer vooruitstrevend was. Hij schreef: "De moderne mens is zeer verwend door film en illustraties. Hij krijgt onderwijs op de gemakkelijkste manier, deels tijdens zijn vrije tijd, door middel van optische indrukken. Als je het socio-wetenschappelijk onderwijs in het algemeen wilt uitdragen, moet je gebruik maken van gelijksoortige voorstellingsmiddelen. De moderne reclame zal ons de weg wijzen."



Figuur 2. Het aantal arrestaties al of niet onder invloed van alcohol in Wenen, 1925



Figuur 3. Het aantal huwelijken in Duitsland als voorbeeld van een beeldstatistiek met pictogrammen van Gerd Arntz.

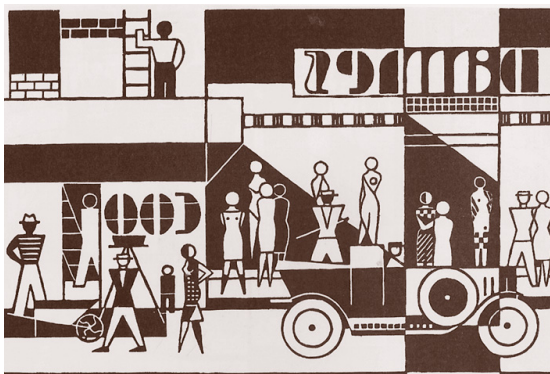
Plaatjes • Neurath vond gewone grafieken en in het bijzonder staafdiagrammen voor zijn publiek te abstract en te wetenschappelijk aandoen om hoeveelheden mensen, auto's etc. voor te stellen. Met zijn zogeheten Weense methode van beeldstatistiek beeldde hij hoeveelheden af door middel van plaatjes die op de gegevens betrekking hadden.

Figuur 2 toont één van zijn eerste pogingen, waarin per dag van de week het aantal arrestaties van personen is weergegeven al of niet onder invloed van alcohol. Om niet verkeerd te worden begrepen, zette hij er ook nog getallen bij.

Figuur 3 toont een belangrijke verbetering in de Weense methode: de af te beelden hoeveelheid, in dit geval het aantal afgesloten huwelijken in Duitsland, wordt nu voorgesteld door een duidelijk pictogram van een echtpaar, waarbij elk pictogram staat voor 400.000 huwelijken. Des te meer pictogrammen, des te meer huwelijken.

Deze vorm van beeldstatistiek is in feite een zogeheten liggend staafdiagram. Het toont duidelijk de na elke oorlog gebruikelijke toename van het aantal huwelijken.

De fraaie vormgeving van het huwelijks-pictogram verraadt de hand van een getalenteerde grafisch ontwerper en dat was Gerd Arntz (1900-1988). Toen Neurath kennis maakte met Arntz, begon die juist naam te maken



Figuur 4. Warenhuis, Gerd Arntz, 1925



Figuur 5. Een wand met pictogrammen van Gerd Arntz als onderdeel van beeldstatistiek van Otto Neurath

als kunstenaar. *Figuur 4* toont één van Arntz's linoleumsneden uit 1925, waarvan de menselijke figuren lijken op het huwelijks pictogram¹.

Isotype • Toen Neurath zijn beeldstatistiek in de vingers had en hij in Arntz een goede medewerker had gevonden, maakte hij vanaf omstreeks 1925 veel beeldstatistieken die hij in Wenen in het Mundaneum (Wereldmuseum) tentoonstelde.

In 1930 volgde een collectie van honderd beeldstatistieken en dertig teksttabellen met de naam 'Gesellschaft und Wirtschaft' die volgens Neurath de voornaamste sociaaleconomische gegevens van de wereld visualiseerden².

Een groot aantal van de toen gemaakte plaatjes waren op de tentoonstelling in Den Haag te zien. *Figuur 5* geeft een voorbeeld van één van de wanden vol beeldstatistieken die opgebouwd zijn uit pictogrammen. In het midden staat het aantal werklozen afgebeeld door middel van een pictogram voor een arbeider, met een pet op. Het zal niet verbazen dat het pictogram voor een fabrieksdirecteur een hoge hoed had.

In plaats van het woord pictogram gebruikten Neurath en Arntz overigens de term *isotype*. In de loop van de tijd zou Arntz 4000 pictogrammen ontwerpen. Deze zijn momenteel te vinden op www.gerdarntz.org.

De tentoonstelling toonde beeldstatistieken over de merkwaardigste onderwerpen. Daar zal ik het verder niet over hebben, maar ze zullen wel betekenis hebben gehad in het wereldbeeld van Otto Neurath.

Neurath vluchtte na de Duitse inval in Oostenrijk in 1934 naar Den Haag. In 1940 moest hij na de Duitse inval in Nederland nogmaals vluchten en belandde in Engeland. Daarom is er van zijn plannen niet zo veel terecht gekomen. Het was een man met vooruitziende ideeën op het gebied van communicatie in een tijd die daar nog niet rijp voor was.

Wie wilde kennis maken met het werk van Neurath kon van 28 juni t/m 31 augustus 2008 nogmaals bij Stroom Den Haag (Hogewal 1-9) terecht op de tentoonstelling 'After Neurath: A Safer Place'. De tentoonstelling toonde een serie pictogrammen, kleding, videoanimaties, ruimtelijke installaties en objecten, die te gebruiken zijn bij rampen, aldus de aankondiging.

¹ Gerd Arntz, *De tijd onder het mes*, SUN, 1988.

² Sybilla Nikilow, *Society and Economics, An Atlas in Otto Neurath's Pictorial Statistics from 1930*, op internet.

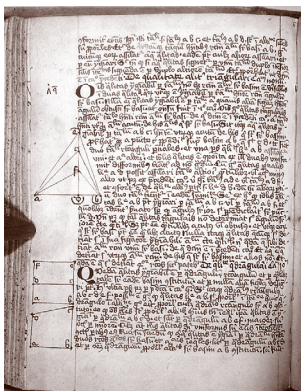
**Veertig jaar
visualisatie op het
Rekencentrum RUG**

13 De plottertijd met KOMPLOT

Dit is het verhaal in twee delen van de ontwikkeling van visualisatie op het Rekencentrum (RC) van de Rijksuniversiteit Groningen.

Een eenvoudige plotter en een digitizer, die in een hoekje van het eerste Rekencentrum aan de Grote Appelstraat stonden, vormden het begin in 1964. Op het moment van schrijven, 2004, bevindt zich een grote vr-installatie op een prominente plaats in de Zernikeborg, het nieuwe onderkomen van het RC.

Dit artikel gaat over de tijd tot ongeveer 1990. Toen domineerden de plotters van de centrale computers, waarop voornamelijk KOMPLOT-grafieken werden getekend. Hoofdstuk 14 gaat over de decentralisatie die in de jaren tachtig inzette en de opleving daarna door wetenschappelijke visualisatie en virtual reality.



Figuur 1.

In de Universiteitsbibliotheek te zien: (waarschijnlijk) de oudste grafieken ooit in Nederland getekend, uit 1530

Eerste grafiek • Voor de uitvinding van de grafiek als vorm van informatieve visualisatie moeten we ver terug gaan in de geschiedenis. In de kantlijn van een klein boekje in de Universiteitsbibliotheek van Groningen¹ staat waarschijnlijk de eerste grafiek die ooit in Nederland is getekend (zie *figuur 1*). Het boekje dateert uit ongeveer 1530: een kleine honderd jaar voor de stichting van de Rijksuniversiteit Groningen in 1614. Hierin schreef Walterus Enchusen, kannunik op het voormalige klooster Thabor in Tirns nabij Sneek, de ‘Tractatus de Configurationibus Qualitatum et Motuum’ van Nicholas Oresme uit 1355 ‘af’. Oresme (1320-1382) was bisschop van Lisieux en in zijn tijd een beroemde geleerde².

Pas in de negentiende eeuw kwam informatieve visualisatie langzaam op gang. Al spoedig na de introductie van de computer in de tweede helft van de twintigste eeuw, werd het tekenen van grafieken en andere grafische voorstellingen geautomatiseerd. Ook in Groningen.

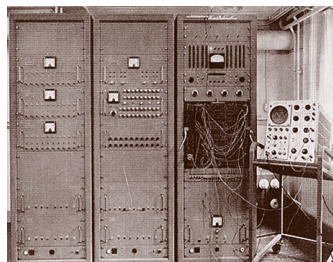
In 1964 werd tijdens een open dag in het pas geopende Rekencentrum in de Grote Appelstraat de pas aangeschafte Telefunken TR4³ computer, de opvolger van de ZEBRA⁴, onder grote belangstelling aan het publiek getoond (zie *figuur 2*). Een speciaal voor dat doel gemaakt interactief computerprogramma liet, via een vraag- en antwoordspel waarvoor de bedieningsschrijfmachine werd gebruikt, verschillende versies van een tekening zien, die werden uitgevoerd op de kettingformulieren van de regeldrukker⁵. Dit was de eerste interactieve visualisatietoepassing in Groningen.



Figuur 2. Demonstratie tijdens de open dag in 1964.

Op de linkse foto zit hoofdoperateur Harm Schurer achter de bedieningsschrijfmachine. Helemaal rechts in de rechtse foto zien we Donald W. Smits, de eerste directeur van het Rekencentrum.

Middenachter staat oud RC-medewerker Alfred van Deemter.



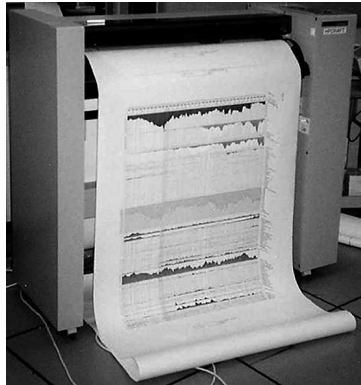
Figuur 3. Een analoge rekenmachine uit 1958, met rechts daarvan een Philips oscilloscoop als 'beeldscherm'

In de tijd van de ZEBRA werd er ook een analoge rekenmachine (zie *figuur 3*) aangeschaft, waarmee bepaalde problemen uit de numerieke wiskunde, bijvoorbeeld beschreven door differentiaalvergelijkingen, met elektronische schakelingen konden worden gesimuleerd. Hieraan was gekoppeld een elektronenoscilloscoop⁶ waarmee de resulterende signalen konden worden bekeken. Via potentiometers e.d. kon men het resultaat op het scherm beïnvloeden, zoals de krachten op een vliegtuigvleugel. Dit was in zekere zin ook al interactieve visualisatie. Maar omdat analoge computers op de rug een dood spoor vormden, worden deze verder niet beschouwd.

Pas veel later had iedere computergebruiker interactie met zijn/haar programma. Aanvankelijk stonden programma's op onhandelbare ponsbanden. De overgang op ponskaarten was al een hele vooruitgang. Het maken van plaatjes was in het begin ook een moeizaam en vooral tijdrovend proces. Echte interactieve visualisatietoepassingen zouden nog lang op zich laten wachten.

Plotters • In 1964 waren de meeste computergebruikers afkomstig van de faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen (FWN). De grote verspreiding van ICT over alle faculteiten en later naar iedereen, zou nog ongeveer twintig jaar op zich laten wachten. De eerste grafische apparaten hielden direct verband met het instrumentale werk in de laboratoria, dat nog werd beheerst door de analoge techniek. Meetapparaten produceerden signalen die met een elektronenoscilloscoop op een klein beeldscherm, voorzien van een schaalverdeling, zichtbaar werden gemaakt. Hetzelfde analoge signaal kon men laten tekenen op een zgn. X-Y recorder met grafiekenpapier. Verdere verwerking van de gemeten signalen door een computer stond nog in de kinderschoenen.

Het eerste tekenapparaat aan de TR4, *plotter* genoemd, was een door een ponsband aangestuurde DYMEC X-Y-recorder, die met een rubberen stempeltje maximaal twee markeringen per seconde op een A4-vel ruitjespapier plaatste⁷. Deze plotter verschilde eigenlijk alleen door de aanwezigheid van een ponsbandlezer van de X-Y recorders op laboratoria.



Figuur 4. HP Draftmaster penplotter met pollenanalysediagram (bedacht door de archeoloog Sietse Bottema), gefotografeerd vlak voor de afschaffing in 1998.



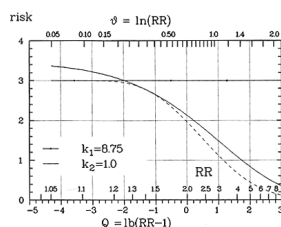
Figuur 5. Hiermee had de latere directeur van het RC, Koos Duppen in 1982 te maken als hij op het Rekencentrum was om zijn berekeningen te doen en zijn KOMPLOT-grafieken te maken, die we linksonder zien. Rechtsboven twee dozen met ALGOL 60-programma's op ponskaarten en daar tussenin een stapel regeldrukkeruitvoer, met bovenop een afdruk van een programma¹⁹.

Er kwam ook al vrij spoedig een *digitizer*⁸, met een grote tafel waarop je een te digitaliseren grafiek, gemaakt met een X-Y recorder op een laboratorium, vastplakte. Langs magnetische weg werden de coördinaten van de aangewezen punten bepaald. Door een voetpedaal stevig in te drukken, werden ze één voor één op een ponsband gezet⁹.

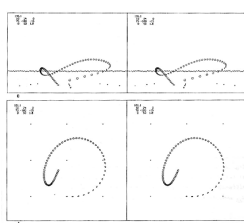
Omstreeks 1968 werd de DYMEC opgevolgd door een veel snellere Benson-Lehner plotter met een tekenpen om lijnen te tekenen. Het (blanco) plotterpapier was om een draaibare cilinder gerold. De tekenpen kon zich, met een snelheid van 300 stapjes per seconde, bewegen evenwijdig aan de as van de cilinder en/of loodrecht daarop. De Benson-Lehner werd zeer intensief gebruikt, soms bijna een vol etmaal¹⁰. Behalve de Benson-Lehner met papier van 11 inch breed, was er ook nog een brede penplotter met 30 inch papier.

Een Versatec elektrostatistische plotter volgde de Benson-Lehner op in 1981; hij bleef tot 1989. Langs elektrostatistische weg werd inkt op het papier aangebracht in bepaalde punten van een raster. Deze plotter was veel sneller dan de Benson-Lehner, maar de tekeningen waren slechter. Daarom werden grafieken voor publicatie vaak met een sjabloon overgetekend. Lang hebben veel Groninger wetenschappers op deze plotters¹¹ hun plaatjes gemaakt.

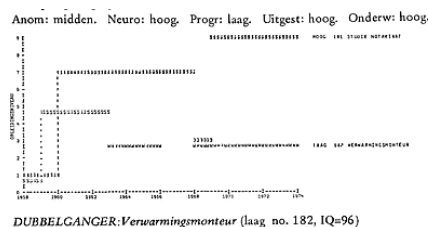
KOMPLOT • De meeste plottertekeningen waren visualisaties van één- of tweedimensionale functies, zoals grafieken en contourplots. Aanvankelijk moesten deze tekeningen worden geprogrammeerd met de elementaire



Figuur 6. In de loop van de jaren tachtig werd de grafische vormgeving van KOMPLOT-grafieken verbeterd. De statisticus Otto Kardaun, nog steeds KOMPLOT-gebruiker, gebruikte alle nieuwe mogelijkheden zoals gridlijnen, Hershey fonts, blanco gebied, etc. in zijn proefschrift 'On Statistical Survival Analysis' uit 1986.



Figuur 7. Stereo-paren van boomerangbanen van Felix Hess, 1975. Deze banen werden vergeleken met experimentele banen. Grotere versies van de afbeelding kunnen met een stereokijker worden bekeken.



Figuur 8. Het proefschrift van de socioloog Jules Peschar (Milieu-School-Beroep, Groningen 1975) bevatte een groot aantal van deze KOMPLOT-regeldrukkergrafieken. Tegen de tijd staat het opleidingsniveau uitgezet van twee personen met hetzelfde IQ maar afkomstig uit een verschillend milieu.

ALGOL 60-plotprocedures¹². Later kwam er toepassingssoftware gebaseerd op de FORTRAN CALCOMP-routines, de standaard voor plotterssoftware¹³.

In 1970 begon het Rekencentrum aan de ontwikkeling van KOMPLOT^{14 15 16}, om grafieken te programmeren van ééndimensionale functies en andere verbanden voor wetenschappelijk gebruik, bestaande uit een assenkruis met daarbinnen één of meer series punten en/of lijnen. Vergeleken met de plotprocedures, waren de toepassingsgerichte KOMPLOT-routines gemakkelijk in gebruik. In voortdurende wisselwerking met gebruikers werd KOMPLOT tot na 1990 uitgebreid en verfijnd, later nam dat af¹⁷. Omdat regeldrukkeruitvoer meestal veel sneller klaar was dan plotteruitvoer, waren regeldrukkergrafieken in de jaren zeventig erg in trek (zie figuur 8).

In 1976 werd, in samenwerking met het Rekencentrum van de Rijksuniversiteit Utrecht, een portable FORTRAN-versie gemaakt die gemakkelijk kon worden geconverteerd naar verschillende soorten computers. Weldra werd KOMPLOT op veel Nederlandse universitaire rekencentra gebruikt¹⁸.

Toen er steeds meer niet-programmeurs KOMPLOT wilden gebruiken, werd de gebruikersinterface daaraan aangepast. Met het dialoogsysteem DIALOOG²⁰ werd een gebruikersinterface met drie niveaus gemaakt: invulformulieren, commando's (EENGRAP) en subroutines²¹. Ook werd de vormgeving van KOMPLOT-grafieken geschikt gemaakt voor opname in publicaties (zie figuur 6). Statistische pakketten en andere gebruikerssoftware werden toen ook van grafische uitvoer voorzien. KOMPLOT is thans (2004) beschikbaar onder LINUX voor programmeurs.

Voor het visualiseren van tweedimensionale functies is lang het op het RC ontwikkelde pakket FXY gebruikt. Omstreeks 1982 werd door het Rekencentrum meegewerkt aan



Figuur 9. Pionier Ivan Sutherland (MIT, Boston) in 1963 bezig met een zgn. lichtpen om punten aan te wijzen.

de ontwikkeling van het cartografische programma GEKAART ten behoeve van de faculteit Ruimtelijke Wetenschappen^{22,23}. Speciale toepassingen waren boemerangbanen²⁴, Mössbauer-spectra, tekeningen van chemische structuren, pollendiagrammen (zie figuur 4), *ruled-surface* plots voor radioastronomen, 3D-reconstructies voor medici²⁵ etc.

Grafische beeldschermen • In dezelfde tijd dat het Rekencentrum van de Rijksuniversiteit Groningen werd opgericht in 1964, bedacht Ivan Sutherland op het MIT in Boston al de principes van interactieve computergrafiek (zie figuur 9). Sutherland was geen fantast, want hij implementeerde zijn ideeën in het Sketchpad-systeem²⁶. Hij opperde ook reeds de mogelijkheden van virtual reality. Maar het zou nog geruime tijd duren voordat zijn ideeën door technologische ontwikkelingen gemeengoed werden.

Sutherland gebruikte een grafisch beeldscherm dat was gebouwd volgens het principe van de elektronenoscilloscoop, waarop op willekeurige plaatsen lijnen (vectoren genaamd) konden worden getekend. Weldra kwamen er vectorgrafische beeldschermen op de markt, die vanwege de kleine afnemersgroep lang zeer duur bleven. Oud rc-medewerker Marc Petit werkte hiermee in Grenoble in 1967. Tijdens een stage bij Philips in Eindhoven in 1965 gebruikte de auteur van dit stuk computergrafische methoden bij het ontwerp van een elektronenlens.

Het Rekencentrum kocht in 1969 een PDP-9 computer. Hiermee werden op laboratoria, op een magneetband, opgenomen analoge signalen gedigitaliseerd ten behoeve van signaalanalyse. Met een oscilloscoop²⁷ werden de signalen bekeken (zie figuur 10). In zekere zin is dit de eerste grafische terminal aan de RUG. In een beleidsplan²⁸ uit 1969 toonden al diverse gebruikers, waaronder chemici en onderwijskundigen, hun belangstelling voor grafische beeldschermen.



Figuur 10. Oscilloscoop als eerste grafische terminal aan PDP9 computer, 1969. Nog aanwezig in het rc.



Figuur 11. Tektronix grafische terminal met hardcopy apparaat in rc, bediend door de auteur van dit stuk rond 1980.

Tektronix 4010 • Grote vooruitgang bracht de Tektronix 4010 grafische terminal aan het einde van de jaren zeventig. De via een elektronenstraal gemaakte tekening bleef net zolang op het fosforbeeldscherm staan tot het wis-commando werd gegeven. Deze terminals waren veel goedkoper en gemakkelijker te programmeren dan vectorgrafische terminals. Via kruisdraden, die met duimwielletjes waren te verplaatsen, kon men de coördinaten van punten opvragen.

De Tektronix was uitermate geschikt voor *previewen* van plotteruitvoer. Je kon nu meteen na berekening je plaatjes op de Tektronix bekijken en desgewenst laten plotten. KOMPLOT en andere software werden aangepast voor previewen en voor simpele interactie.

In het Rekencentrum stond een Tektronix 4010 voor algemeen gebruik met daarnaast een hardcopy-apparaat (zie *figuur 11*). Omdat de centrale computer ondertussen ook op universitaire instituten kon worden gebruikt, werden daar ook Tektronix terminals aangeschaft.

Om interactieve toepassingen te stimuleren schafte het rc omstreeks 1980 een PDP-11/04 aan met een VT11 beeldscherm. Punten op het scherm kon je aanwijzen met een zgn. lichtpen²⁹.

In het begin van de jaren tachtig deed de personal computer (pc) zijn intrede. Op het beeldscherm kon via puntjes worden getekend via rastertechnologie³⁰. Een pc was veel goedkoper dan een Tektronix. Het rc programmeerde een emulatie voor een Tektronix op basis van het Tektronix 4010-protocol³¹. De populariteit van pc's en het previewprogramma PRV zorgde voor de verdere verspreiding van grafische toepassingen. Ondertussen gingen gebruikers hun eigen grafische installaties aanschaffen, daarover meer in hoofdstuk 14.

¹ Handschrift 103 in de afdeling Bijzondere Collecties van de Universiteitsbibliotheek Groningen.

² J. Kraak, *Zoektocht naar de oorsprong van de grafische voorstelling*, Intercom 1988, zie pagina 56

- 3 De TR4 was te bezichtigen op de Lustrumtentoonstelling *Sporen van het Spullenbeest* ingericht door Wim T. Schippers in het Universiteitsmuseum, ter gelegenheid van het 390-jarig bestaan van de universiteit. Sindsdien staat hij weer in het depot op het Zernikecomplex.
- 4 De ZEBRA, aangeschaft in 1958, was de eerste computer van de Rijksuniversiteit Groningen.
- 5 De tekeningen toonden de omtrekken van 'Trijntje' in verschillende stadia van ontkleding toonden. De dialoog was ongeveer als volgt. Wilt u Trijntje zien? Ja! Trijntje in mooie jurk. Wilt u meer zien? Ja! Trijntje in bikini. Wilt u nog meer zien? Een juichend ja. De demonstrateur opent een luik in de vloer en laat daar een modeltrein rijden.
- 6 In een oscilloscoop worden elektronen afgeschoten naar het beeldscherm en afgebogen in horizontale en/of verticale richting door twee afbuigmagneten, die worden gestuurd door het weer te geven signaal. Uit twee sinussignalen met een faseverschil ontstaan fraaie Lissajous-figuren.
- 7 De DYMEC maakte een aandoenlijk 'tok-tok'-geluid, als een kip.
- 8 Toen 'antiplotter' genoemd. In de Kernfysica stonden antideeltjes in de belangstelling, daaruit is de – typisch Groningse – naam antiplotter ontstaan.
- 9 De muis moest nog worden uitgevonden.
- 10 Het Rekencentrum, bediend door operateurs in continudienst, was dag en nacht open. Sommige gebruikers brachten hele avonden en soms nachten, of het gehele weekend, door op het Rekencentrum. De meeste gebruikers hadden de gewoonte om 's ochtends en 's avonds op de fiets het Rekencentrum te bezoeken, om tekeningen en regeldrukkeruitvoer op te halen en nieuwe invoer te ponsen. Enkele instituten hadden daarvoor 'loopjongens' in dienst die men zag lopen of fietsen met grote boodschappentassen – van het type waarmee men nu soms nog daklozen hun hele hebben en houden ziet vervoeren – vol met dikke rollen plots en andere uitvoer.
- 11 Van deze plotters is, afgezien van een foto (*figuur 4*), niets overgebleven.
- 12 J.A.Th.M van Berckel and B.J. Mailloux, *Some Algol plotting procedures*, Mathematisch Centrum Amsterdam, 1965.
- 13 Vooral in de jaren tachtig zijn er verwoede pogingen gedaan om officiële standaarden voor grafische basissoftware op te stellen, zoals het Europese Graphical Kernel System (GKS). Hieraan is nooit behoefte geweest in Groningen. Deze standaarden werden steeds achterhaald door technologische ontwikkelingen.
- 14 KOMPLOT-website: www.rug.nl/society-business/centre-for-information-technology/research/hpcv/publications/docs/intro.
- 15 Er was in die tijd nog geen geschikte gebruikerssoftware voor grafieken. De ontwikkeling van KOMPLOT paste in een Rekencentrumtraditie om gebruikerssoftware te ontwikkelen. Daaruit is ook het statistische pakket WESP ontsproten.
- 16 De naam KOMPLOT is bedacht door Henk Nieland, de schrijver van de eerste KOMPLOT-handleiding; het is een samentrekking van de woorden 'kom' en 'plot'.
- 17 J. Kraak, *Het grafiekenprogramma KOMPLOT door de jaren heen*, NLUUG-conferentie 1996, www.rug.nl/society-business/centre-for-information-technology/organisation/geschiedenis/gkomplott. De fraaie negende druk van de handleiding in RC-stijl kwam uit in 1992.
- 18 In 1989 werd KOMPLOT, volgens de SURF-wegwijzer universitaire rekencentra, behalve in Groningen ook gebruikt in Utrecht, Amsterdam, Rotterdam, Tilburg, Twente en Wageningen.
- 19 Opgemerkt moet worden dat de programma's reeds in 1976 zijn gemaakt en dat Duppen ze in 1982 weer 'van stal' haalde om er een publicatie mee te maken.
- 20 J. Kraak en G.J.H. van Nes, *Dialoog – gereedschap voor het programmeren van gebruikersinterfaces*, Informatie, jaargang 29 nr. 5, 1987, p. 439-445.

- 21 J. Kraak, *Multi-level user interfaces: software tools and an application, in proceedings Human-computer interaction – INTERACT '87*, IFIP, 1987, p. 703-708.
- 22 J.A.A.M. Kok, J. Kraak, J.T. Ubbink, *GEKAART- computerkartografische weergave van ruimtelijke data*, 1983.
- 23 J. Kraak, *Geografische Informatie Systemen – ontwikkeling en toekomst*, Pictogram, 2004,
ugp.rug.nl/pictogram/article/view/4103/4096.
- 24 F. Hess, *Boomerangs, Aerodynamics and Motion*, proefschrift Rijksuniversiteit Groningen, 1975. Zie *figuur 7*.
- 25 A.G. de Wilde en mevr. H. Amesz-Voorhoeve waren hun tijd ver vooruit met het maken van 3D-reconstructies van coupes van foetussen.
- 26 E. Sutherland, *Sketchpad: a Man-machine Graphical Communications System*,
www.cl.cam.ac.uk/techreports/UCAM-CL-TR-574.pdf.
- 27 De oscilloscoop werd ook voor technisch onderhoud gebruikt.
- 28 Commissie rekenapparatuur, *Voorstel tot aanschaffing van een CDC 6600 rekeninstallatie*, 1969.
- 29 De muis bestond nog steeds niet.
- 30 De Olivetti PC, met een resolutie van 320*400, was bruikbaar voor grafisch werk.
- 31 Johan Kelders, de maker van de Tektronix-emulatie, toonde zijn programma eens aan verblufte Tektronix-vertegenwoordigers. Het Tektronix 4010-protocol werkt anno 2004 nog steeds onder LINUX.

14 Wetenschappelijke visualisatie en Virtual Reality

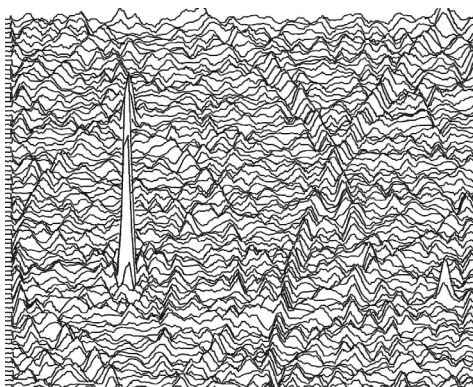
Dit is het tweede en laatste deel van de geschiedenis van visualisatie op het Rekencentrum (RC) van de Rijksuniversiteit Groningen, geschreven naar aanleiding van het veertigjarig bestaan van het RC dit jaar.¹

Vanaf het einde van de jaren tachtig werden de algemene grafische faciliteiten van het RC gaandeweg minder gebruikt. Dit kwam doordat instituten zelf computers voor speciale toepassingen gingen aanschaffen en door de opkomst van de personal computer. Omstreeks 1993 zorgde een specialisatie in zogeheten wetenschappelijke visualisatie voor een opleving. Virtual reality (VR) zorgde daarna voor een verdere opgang.

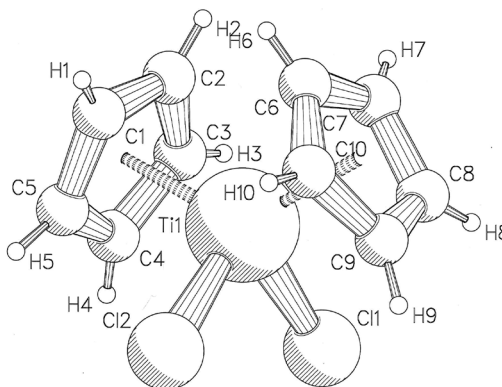
Decentralisatie • Radioastronomen behoorden tot de eersten die de computer op grote schaal gebruikten. Metingen met de radiotelescopieën in Westerbork, die een tweedimensionale matrix met getallen vormen, werden in de jaren zeventig met zogenaamde *ruled surface plots* op de brede plotter getekend (zie figuur 1). De PDP 11/70 van het RC, die de PDP-9 in 1976 opvolgde, kreeg een beeldverwerkend systeem met een kleurenmonitor. Hiermee konden kleurenafbeldingen van de telescoopgegevens snel na elkaar vertonen om radiobronnen te ontdekken; men sprak van het ‘cinematografisch effect’. Het programma GIPSY² ontstond in die tijd. Later verhuisde het beeldverwerkende systeem naar het sterrenkundige instituut, wat voor de hand lag.

Bij de scheikundegroep die zich bezig houdt met het bepalen van de ruimtelijke structuur van proteïnen, deed zich een vergelijkbare ontwikkeling voor. Ook andere onderzoeksgroepen schaften eigen computers aan.

Veranderingsproces • Niet alleen door instituutcomputers voor speciale toepassingen, maar ook door de opkomst van de pc, werden de algemene grafische voorzieningen van het RC in de loop van de jaren tachtig gaandeweg minder gebruikt. Twee laserprinters vervingen de Versatec-plotter na de afschaffing van de CDC CYBER 760 in 1989. De grote HP Draftmaster-plotter bleef echter tot 1998 in gebruik, ondermeer voor het tekenen van chemische structuren (zie figuur 2), posters en pollendiagrammen³.



Figuur 1. Visualisatie van radioastronomische gegevens van de Westerbork-telescopen (1978)



Figuur 2. Structuur van dicyclopentaantitandichloride gemaakt met de Groningse versie van PLUTO van de scheikundige Auke Meetsma.

Gebruikers toonden in het begin van de jaren negentig onvoldoende belangstelling voor de aanschaf van het fraaie grafische pakket UNIRAS. Er was aanvankelijk veel vraag naar een pc-versie van KOMPLOT. Hierin werd een grafische driver van RC-medewerker Johan Kelders gebruikt. Ook collega Magda Pattiaon was nauw betrokken bij de implementatie. De behoefte aan PC-KOMPLOT was evenwel niet blijvend, omdat veel pc-programmatuur grafische modules kreeg. Dit vond plaats in een periode van verandering, waarin het RC zocht naar een nieuwe vorm van grafische dienstverlening. Deze zou zich weldra zou voordien in de vorm van specialisatie op nieuwe, geavanceerde toepassingen.

Wetenschappelijke visualisatie • Niet lang daarvoor, in 1987, was in Amerika het begrip scientific visualization gelanceerd in het veel geciteerde NSF-report 'Visualization in Scientific Computing'. Dit rapport maakte duidelijk dat er grote behoefte was aan geschikte voorzieningen, zowel op het gebied van hard- als van software, voor het visualiseren⁴ van de enorme hoeveelheid numerieke resultaten van twee- en driedimensionale computersimulaties geproduceerd door supercomputers. Er werden verschillende goede grafische werkstations ontwikkeld volgens het rasterconcept, evenals technieken om 3D-datasets te visualiseren zoals *volume rendering*. Dankzij programma's als AVS⁵, waarmee men standaardmodules aan elkaar kon 'knopen' tot een netwerk, was geen grote kennissprong meer vereist alvorens te kunnen visualiseren. Van groot belang was dat ontbrekende functionaliteit kon worden geprogrammeerd.

Een groep Groninger wetenschappers van de Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen (FWN) die verenigd was in het Centrum voor High Performance Computing (HPC) gebruikte voor hun simulaties zeer krachtige computers (supercomputers) zoals de Convex en de CM5⁶. Deze wetenschappers zagen de noodzaak in van de nieuwe grafische hulpmiddelen. Dit resulteerde omstreeks 1993 in de aanschaf van een SGI Crimson-werkstation met bijbehorende videoapparatuur. Deze apparatuur kwam in het RC in een ruimte te staan, die werd omgedoopt tot het *visualisatiecentrum* (zie figuur 3). Aanvankelijk diende AVS als visualisatiesoftware. In 1998 werd AVS vervangen door VTK: the Visualization Toolkit⁷.



Figuur 3. Apparatuur in het visualisatiecentrum in 1996, met v.l.n.r. de videomonitor, de laser video disk recorder en het beeldscherm van het sgi Crimson workstation, waarop ondermeer een avs-netwerk staat afgebeeld.



Figuur 4. In de groep van de wiskundige Arthur Veldman, hier tijdens een voordacht op de Nationale Visualisatiedagen in de Zernikeborg november 2002, worden veel stromingsvisualisaties gemaakt. Eén daarvan is naast hem geprojecteerd.

Met de video's konden onderzoekers de resultaten van hun simulaties op conferenties tonen⁸. In diezelfde tijd kwam ook internet op, waarop animaties werden getoond als MPEG-movies⁹. Kortom, visualisatie bloeide weer op het RC. Na verloop van tijd kochten enkele instituten hun eigen visualisatiesystemen.

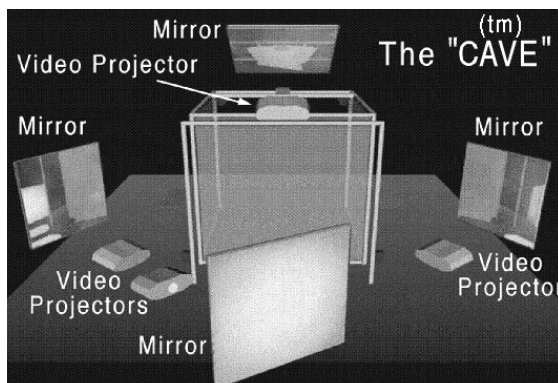
Head mounted display • Ondertussen werd virtual reality enigszins volwassen en geschikt voor praktische toepassingen. Het HPC schafte in 1996 op initiatief van Informatica de eerste VR-installatie van de RUG aan, bestaande uit een SGI Onyx Reality Engine II-werkstation met een *head mounted display* (HMD) en een magnetisch *tracking*-systeem. Op de twee piepkleine beeldschermpjes van de HMD werden stereobeelden met een resolutie van 240*230 punten afgebeeld (zie fig. 5). Informatica gebruikte de installatie voor onderzoek, verder werden er demonstraties mee gegeven. Het HPC ontwikkelde een AVS-module voor VR-toepassingen, die 'in een handomdraai' aan een bestaand visualisatienetwerk kon worden toegevoegd¹⁰. Vanwege de geringe capaciteit van de VR-installatie is deze AVS VR-extensie alleen gebruikt voor demonstraties.

HPC&V • Aan het einde van het vorige millennium besloot de universiteit tot de aanschaf van een tweede, state-of-the-art, VR-installatie die in 2002 in het Centrum voor High Performance Computing and Visualization (HPC&V)¹¹, ondergebracht in de Zernikeborg, kwam te staan. In de Reality Cube¹², bestaande uit een kubus met een ribbe van 2,5 meter, worden op vier wanden synchroon stereobeelden geprojecteerd (zie fig. 6). Er kunnen zich meerdere personen in bevinden.

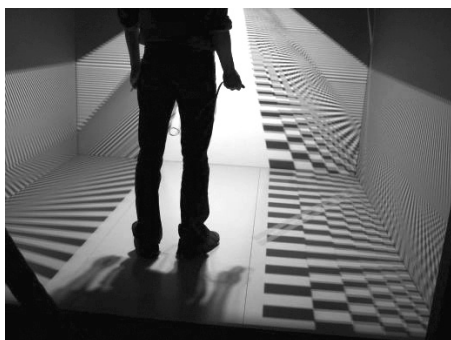
Via *shutter glasses* worden om en om de stereobeelden waargenomen, hetgeen de illusie van stereo geeft. De stereobeelden worden aangepast



Figuur 5. De head mounted display van de eerste VR-installatie uit 1996.



Figuur 6. Het principe van de Cube – ofwel CAVE – in de Zernikeborg, 2002.



Figuur 8. Het trappenexperiment in de Cube.



Figuur 7. Visualisatie van de Titanic in een golvende zee, 2003.

aan de hoofdpositie en de kijkrichting van een 'hoofdkijker', die langs magnetische weg worden bepaald. Via een 3D-muis met druktoetsen en een joystick heeft de hoofdkijker interactie met het programma dat de stereobeelden genereert. Verder is er ook een Reality Theatre, dat geschikt is voor grotere groepen.

Een toepassing van stromingsonderzoek is de visualisatie van een schip, 'Titanic' genaamd, in een golvende zee (zie fig. 7)^{13 14}. Hiervoor had de eerste VR-installatie onvoldoende capaciteit. Andere wetenschappelijke toepassingen¹⁵ liggen o.a. in de medische hoek en op waarnemingspsychologisch terrein zoals het Phileas-project en een onderzoek naar stereotypen. Met het trappenproject¹⁶ worden optimale patronen op traptreden voor slechtzienden bepaald (zie fig 8). Interessant voor genomisch onderzoek is het programma 'SARAGene'. Ook zijn er kunstzinnige toepassingen. De VR-installaties worden verder gebruikt voor landschaps- en architectonische visualisatie, met De Blauwe Stad en het nieuwe gebouw van verzekeringsmaatschappij Geové in Groningen als aansprekende voorbeelden.

Toekomst • Een geschiedkundig overzicht kan niet besluiten zonder een korte blik op de toekomst, hoe lastig dat ook is. Zonder veel risico's kan men evenwel een aantal 'open deuren' van de ICT poneren. Zoals de opvatting dat alles goedkoper en sneller etc. zal worden, waardoor visualisatie en VR over niet al te lange tijd binnen het bereik van steeds meer onderzoeksgroepen zullen komen.

Op korte termijn zal de VR-installatie van HPC&V door een cluster van pc's worden aangestuurd; aanvankelijk naast, maar op den duur in plaats van de huidige kostbare workstations. Er is al een draagbare VR-installatie.

Door een flinke toename van de reken capaciteit zal de hiervoor genoemde Titanic-toepassing, die ternauwernood op de huidige installatie past, bruikbaar worden¹⁷. Interactieve *molecular docking*, de 'droom' van oud-hoogleraar Fysische Chemie Herman Berendsen, heeft ook een grote toename in reken capaciteit.

Verbeteringen in de gebruikersinterface van software die nu vaak nog ondersteuning door specialisten heeft, zullen visualisatie en VR bij méér gebruikers brengen.

Pionieren • Goede ICT-ondersteuning streeft ernaar om zichzelf zo snel mogelijk overbodig te maken om vervolgens pionierswerk te verrichten. Nieuwe toepassingen zouden informatieve visualisatie c.q. *visual data mining* kunnen zijn, bijvoorbeeld toe te passen bij astronomisch of genomisch onderzoek. Daarbij zal perceptualisatie¹⁸ mogelijk een rol spelen. Hierbij worden meer menselijke zintuigen toegepast dan tot nu toe gebruikelijk is, wat kennis van menselijke perceptie vereist¹⁹. Verder biedt de koppeling van VR aan een Geografisch Informatiesysteem interessante mogelijkheden. Ook resultaten van archeologische opgravingen, zoals bijvoorbeeld gedaan in Midlaren in 2004, kunnen met VR worden getoond als een toepassing van *virtual heritage*. Maar er is nog veel meer mogelijk, voor wie er oog voor heeft.

1 Zie voor een algemenere geschiedenis de fraaie website van Wayne Carlson: *A Critical History of Computer Graphics and Animation*, <http://reader.bookfusion.com/books/147134-computer-graphics-and-computer-animation-a-retrospective-overview>.

2 What is GIPSY?, www.astro.rug.nl/~gipsy/general/whatis.html.

3 De scheikundige Auke Meetsma gebruikte de HP Draftmaster tot aan het laatste toe. Hij was ook de laatste gebruiker van de centrale regeldrukker voor zijn zeer omvangrijke FORTRAN-programma's, zoals PLUTO voor het tekenen van molecuulstructuren. Toen hij zijn laatste uitvoer om klokslag 7.30 - zijn vaste tijd - ophaalde bij het RC, werd hem die overhandigd door de eveneens matineuze Harm Rutgers met de woorden: "Bewaar dit goed, het is een historisch document". De uitvoer was gedateerd donderdag 6 juli 2000, met als tijdstip van afdrukken 09:38:39. Meetsma bewaart overigens grote stapels regeldrukkeruitvoer op zijn kamer, die hij als kladpapier gebruikt: ruim voldoende tot aan zijn pensioen.

4 Het gebruik van het woord 'visualisatie' bij grafische toepassingen stamt uit die tijd.

5 Advanced Visual Systems (AVS): www.avs.com.

6 De CM5 was de eerste parallelle computer van Groningen. Hij is net als de TR4 tot eind 2004 te zien op de Lustrumtentoonstelling van de rug. De rest van de tijd staat de CM5 in een grote zwarte kist in het depot van het Universiteitsmuseum.

- 7 [vtk: public.kitware.com/vtk](http://public.kitware.com/vtk). Avs was een uitstekend programma. Maar de opvolger avs/Express had enkele ernstige ontwerpfouten, waardoor het voor geavanceerde toepassingen onbruikbaar was.
- 8 Have video, will travel, was toen de leuze. Laptops met MPEG-movies hebben video's inmiddels overbodig gemaakt.
- 9 Computational Fluid Dynamics at rug, Movie and Picture Gallery, www.math.rug.nl/~veldman/cfd-gallery.html.
- 10 J.Kraak, J.B.T.M. Roerdink, *A Virtual Reality Extension of the Visualization System Avs*, HPC-rapport, 1997.
- 11 Website HPC&V: rug.nl/society-business/centre-for-information-technology/research/hpcv/.
- 12 Ook wel 'Cube' of 'CAVE' genoemd.
- 13 M. ten Caat, *CFD Visualisation in Virtual Reality – the Titanic Resurrected*, rug.nl/society-business/centre-for-information-technology/research/hpcv/vr_visualisation/simulation/titanic/xtitanic.
De hier getoonde Titanic is vooral bestemd voor PR, er is ook een 'afgeslankte' versie voor onderzoekers.
- 14 J. Kraak, *Grand challenges - De virtuele Titanic*, Pictogram, juni/juli 2003, ugp.rug.nl/pictogram/article/view/3983/3976.
- 15 Zie de lijst van projecten van het HPC&V op rug.nl/society-business/centre-for-information-technology/research/hpcv/vr_visualisation/.
- 16 T. Schouten, P. Melis, *Trappenexperiment in de Reality Cube*, Pictogram 2007, ugp.rug.nl/pictogram/article/view/4089/4082.
- 17 Een toename in reken- en visualisatie capaciteit gaat evenwel steeds hand in hand met een toename van de hoeveelheid data van stromingsvisualisaties. Het is daarom een illusie de denken dat er ooit een 'ideale' visualisatie van stromingstoepassingen zal komen. Dit geldt voor meer wetenschapsgebieden met 'grand challenges'.
- 18 J.B.T.M. Roerdink, *Met het Oog op Inzicht – Visualisatie als Kringloopproces*, oratie april 2004.
- 19 C. Ware, *Information Visualization: Perception for Design*, Morgan Kaufmann publishers, 2000.

Andere visualitietoepassingen

15 De informatisering van kristallografie

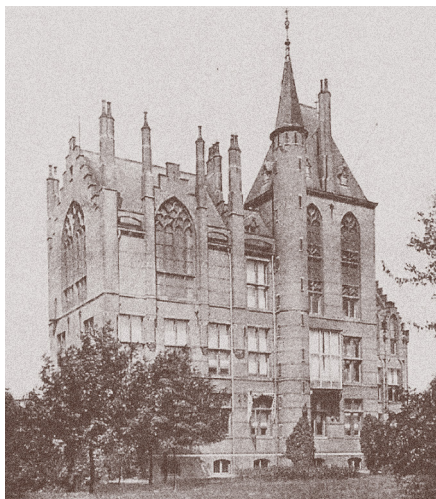
Kristallografie loopt als een rode draad door de geschiedenis van het Donald Smits Centrum voor Informatie Technologie (CIT), voorheen Rekencentrum (RC)¹.

Enkele medewerkers, zoals de eerste directeur van het Rekencentrum, Donald W. Smits, hielden zich er mee bezig en veel chemisch kristallografen, waaronder de nu internationaal vermaarde Wim Hol, maakten vroeger gebruik van centrale faciliteiten op het RC. De laatste was Auke Meetsma, zijn werk illustreert goed de voortschrijdende informatisering van kristallografie.

Overal kristallen • Kristallen zijn overal. In een pak suiker, maar ook in computerchips. In feite zijn chips silicium kristallen die via een etstechniek zijn omgevormd tot snelle processors of geheugenchips, zoals die voorkomen in usb-sticks en flashdrives. Aan de huidige chips liggen grote wetenschappelijke en technologische ontwikkelingen ten grondslag. Kristallografie vormt de basis. Hoofddoel daarvan is de bepaling van de structuur van kristallen met hun regelmatige rangschikking van atomen in een driedimensionaal rooster.

De atomen van een kristal verstrooien röntgenstraling naar alle richtingen, men spreekt van 'röntgendiffractie'. Door interferentie wordt de straling in bepaalde richtingen versterkt en in andere richtingen verzwakt. Het aldus ontstane verstrooiingspatroon hangt af van de ruimtelijke posities van de atomen. Hieruit kan men door middel van ingewikkelde berekeningen de ruimtelijke posities van de atomen van een kristal en daarmee de structuur bepalen. Daarbij speelt de computer een belangrijke rol.

Begin studie kristallen • Al ongeveer twee eeuwen worden er kristallen aan deze universiteit bestudeerd. In 1815 begon Th. van Swinderen, die onder meer mineralogie en geologie doceerde, met het verzamelen van mineralen. 'Hij werd daarbij niet alleen geleid door de belangen van het Akademisch onderwijs, maar hij hield ook die van zijne 'onbestudeerde en jeugdige stadgenooten' op het oog', zoals staat te lezen in een universitair gedenkboek uit 1864².



*Mineralogisch-Geologisch Instituut, Melkweg 1
begin 20^e eeuw.*



Donald W. Smits tijdens zijn afscheidsrede in 1984.

Van alle kanten kwamen de mineralen. Een Duitse amanuensis zorgde voor een collectie uit Hanau en zelfs koning Willem I schonk een verzameling van 'in hout bewerkte kristalvormen en diamantkristallen'.

De collectie kwam in 1901 terecht in het museum van het pas gebouwde Mineralogisch-Geologisch Instituut, een neogotisch gebouw aan de Melkweg in Groningen. Het gebouw bestaat nog en is tegenwoordig bekend als Het Kasteel. Van 1924 tot 1957 doceerde P. Terpstra hier Kristallografie. Na de Tweede Wereldoorlog kregen chemici zoals E.H. Wiebenga belangstelling voor structuurbepalingen³. Bij Natuurkunde werd Kristallografie weldra omgevormd tot Vaste Stof Fysica.

Student op Melkweg 1 • De mineralogische collectie bevond zich nog steeds aan de Melkweg toen ik daar eind jaren zestig als student Natuurkunde mijn afstudeerwerk deed. Tijdens een verkenningstocht kwam ik boven in het gebouw in een grote zaal terecht met vitrinekasten vol kristallen en mineralen. Het was er een grote chaos. Veel kasten waren half opgetrokken en de mineralen met Duitse opschriften lagen kriskas door elkaar. Sommige kristallen begonnen te vergruizen.

In de kelder maakte ik kennis met kernspinresonantie (NMR) in de groep van Wim van der Lugt. Verder volgde ik het college kristallografie bij W.G. Perdok. Het was een plezierige tijd, maar het theoretische werk onder leiding van theoretisch natuurkundige W.J. Caspers lag me het beste. Ik raakte geboeid door de symmetrie van kristallen en groepentheorie, waarmee je heel beknopt uitspraken kunt doen over fysische eigenschappen in relatie tot symmetrie.⁴

Donald W. Smits begon als kristallograaf • Op een avond om een uur of zeven aan het einde van 1969 had ik een sollicitatiegesprek met dr. D.W. Smits op zijn smalle werkkamer in het Rekencentrum aan de Grote Appelstraat. Hij was juist bezig zijn



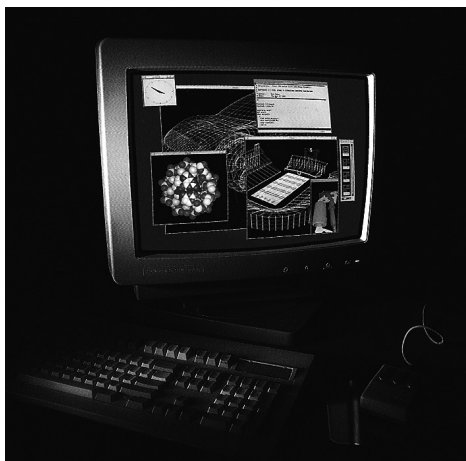
Eiwitstructuur bij Natuur- en Scheikunde.

boterhammen van thuis te nuttigen. Later begreep ik dat Smits dan pas halverwege zijn werkdag was en nog tot diep in de nacht door zou werken. Behalve directeur was hij ook systeemp programmeur, daarbij geholpen door onder meer Flip Visser.

Smits spiegelde me de elegantie voor van de toen pas ontwikkelde hogere programmeertalen, zoals ALGOL 60. Dat sprak me aan. Verder vroeg hij of ik van puzzelen hield. Daar hield ik niet van. Desondanks kon ik begin 1970 komen werken op het Rekencentrum; een aanbod om door te gaan in de Theoretische Natuurkunde sloeg ik later af. Al snel vernam ik dat Smits veel werk deed als secretaris van de International Union of Crystallography.⁵

Pas veel later kwam ik meer te weten over het begin van Smits' carrière en over hoe hij via kristallografie betrokken raakte bij computers.^{6,7} Na zijn studie Scheikunde aan de Universiteit van Amsterdam kwam Smits in 1947 naar Groningen, waar hij in 1952 promoveerde bij Wiebenga op een proefschrift getiteld: 'De kristalstructuur van het zoutzure zout van glycyl-l-tyrosine'. Tijdens een postdoc-periode in de vs maakte hij kennis met de automatisering van structuurbepalingen, zoals de x-RAC, *an electric computer to analyze architecture of atomic structure*, van Ray Pepinsky. Verder leerde hij ponskaarten gebruiken op een tabelleermachine voor een onderdeel van de structuurbepaling. Terug in Groningen paste hij deze techniek toe op de tabelleermachine van Niemeyers tabaksfabriek, daarbij geholpen door Harm Schurer die heen en weer fietste⁸ met stapels ponskaarten.

Samen met de hoogleraren Wiebenga en Gerretsen stelde Smits de vraag of het niet tijd werd dat de Groninger universiteit zelf de beschikking kreeg over een elektronische rekenmachine. Smits maakte een zeer gedegen studie van in aanmerking komende computers en bereidde de aanvraag voor,



E&S grafisch werkstation, 1990.



Moleculen in het Reality Center van het crr.

die in 1959 leidde tot de eerste elektronische rekenmachine bij de rug, de ZEBRA ('Zeer Eenvoudige Binaire Reken Automaat').⁹

Wim Hol bepaalt eiwitstructuren • In het Rekencentrum in de Grote Appelstraat bevond zich vanaf het einde van de jaren zestig een tekenapparaat, plotter genoemd, waarmee via een inktpen op een rol papier kon worden getekend. Dit was jarenlang de enige plotter van de hele universiteit¹⁰ Spoedig zouden daar veel grafieken mee worden getekend die waren geprogrammeerd met het grafiekenpakket KOMPLOT, waar ik toen net mee was begonnen.¹¹

In 1970 was fysisch chemicus Wim Hol uit de groep van Jan Drenth één van de grootste plottergebruikers. Hij liet contourlijnen tekenen vanuit röntgendiffractiepatronen berekende elektronenverdelingen van grote eiwitmoleculen. Hiermee werd op een ingenieuze manier de eiwitstructuur bepaald.

De contourlijnen in een groot aantal evenwijdige doorsnijdingen van het molecuul werden daartoe overgetrokken op doorzichtige perspexplaten, die op elkaar werden gestapeld. Vervolgens werden de contourlijnen via een spiegel in de vrije ruimte ernaast geprojecteerd. Daarin werd dan met eindeloos geduld via staafjes en bolletjes, die met schroefjes aan elkaar konden worden vastgezet, een model van het molecuul gebouwd. Met de atomen op plaatsen met een hoge elektronendichtheid. Hiervoor was een grote handigheid nodig, maar ook lange armen om bij de verst verwijderde atomen te kunnen komen.

Wim Hol vertelde me toen (ironisch?) dat hij er het beste in was, omdat hij de allerlangste armen had. In het gebouw van Natuur- en Scheikunde van de rug staat een aldus gemaakt bolletjes-en-staafjes-model. Tijdens het schrijven van dit artikel besepte ik dat de bepaling van de dubbele helixstructuur van DNA door Crick en Watson in 1953 ongeveer op dezelfde manier in zijn werk moet zijn gegaan.

Grafisch werkstation • Omdat Drenth en Hol succes hadden, kregen zij geld voor de aanschaf van een geavanceerd grafisch werkstation van de firma Evans & Sutherland (E&S).



Auke Meetsma bij zijn afscheid, met een verzameling historische informatiedragers.



De SMARTX2S voor automatische kristalstructuurbepaling.

Dat kwam aanvankelijk te staan in het inmiddels naar het Zernikecomplex (Paddepoel) verhuisde Rekencentrum. Smits had graag gewild dat het werkstation ook door anderen was gebruikt, maar daar waren de tijden toen nog lang niet rijp voor.

In plaats van het geknutsel met mechanische staafjes en bolletjes konden Hol en zijn collega's nu langs interactieve grafische weg de structuur van moleculen bepalen. Voor het scherm bevond zich een stereokijker om de op het scherm geprojecteerde contourlijnen driedimensionaal te bekijken.

In 1992 kreeg Wim Hol meer mogelijkheden in Seattle, waar hij met een deel van zijn staf naar toe trok. Later hoorde ik hem in een lezing boeiend en geëmotioneerd spreken over wat hem bewoog: het vinden van medicijnen voor tropische ziekten. Het door Hol begonnen werk wordt thans voortgezet door de groep van Bauke Dijkstra.¹² Daarin is hun leermeester Jan Drenth nog steeds actief.

Reality Center • Fysicus Frans van Hoesel raakte in de jaren negentig betrokken bij structuurbepalingen en de visualisatie van moleculen. Daarover kan men lezen op zijn persoonlijke website¹³, die vrolijk begint met de woorden 'Hi, my name is frans. I'm your crazy scientist for today'. Thans is Frans hoofd van het Centrum voor High Performance Computing en Visualisatie (HPC/V) van het CRT, waar virtual reality-technieken toegepast kunnen worden om inzicht in de structuur van moleculen te krijgen.

Afscheid Auke Meetsma • Op 28 november 2008 nam kristallograaf Auke Meetsma na ruim veertig jaar afscheid van de universiteit. Vanaf 1984 bepaalde hij structuren via één kristalröntgendiffractie, met een andere aanpak dan de structuurbepaling van eiwitten. Terwijl daarbij het accent lag op grafische interactie, begon Meetsma met grote FORTRAN-batchprogramma's, zoals PLUTO. Met vindingrijke scripts voor allerlei taken probeerde hij de interactie met een programma te minimaliseren.

Hij was zeer productief: van de 285 publicaties van de werkgroep Organometaal Chemie sinds 1985 was hij 116 keer medeauteur. In zijn begintijd deed hij twee maanden over een structuurbepaling en aan het einde was hij binnen een dag klaar. Dat kwam vooral door de verbetering van technische hulpmiddelen.

Bij zijn afscheid waren vijf sprekers waaronder Ton Spek, hoogleraar Chemische en Computationele Kristallografie in Utrecht. Bij Spek leerde Meetsma het vak. Spek toonde een plaatje van de SMARTX2S - een realisatie van Ray Pepinsky's droom? Na het monteren van het kristal en het intoetsen van de chemische formule verschijnt na enige tijd een plaatje van de kristalstructuur op het scherm. Ton Spek stelde zich de (retorische) vraag of de kristallografie klaar is. Omdat er veel fout kan gaan, is dat nog niet het geval.¹⁴

Voortschrijdende informatisering • Auke Meetsma draaide aanvankelijk zijn programma's op het centrale mainframe, de CYBER. Hij gebruikte door mij ontwikkelde plotprogrammatuur om op de centrale plotter te tekenen. Van tijd tot tijd liet hij programmateksten afdrukken op de regeldrukker. In de begintijd fietsten veel gebruikers op weg van huis naar hun laboratorium en ook weer op de terugweg langs het RC, om uitvoer op te halen. Auke Meetsma was één van de laatsten met die routine, in juli 2000 haalde hij zijn allerlaatste pak papier op.

Tijdens zijn slotwoord illustreerde Auke mooi de steeds verdere informatisering van kristallografie. De laatste jaren deed hij alles met een krachtige LINUX PC. De opeenvolgende soorten informatiedragers voor zijn grote hoeveelheden data, zoals ponskaarten en een magneetband, had hij naast zich uitgesteld. Daarbij was het eerder genoemde pak papier. Tot slot overhandigde hij een beveiligde usb-stick van 8GB aan zijn leidinggevende, met daarop al zijn data en programma's.

1 Onlangs is wetenschapshistoricus Ton van Helvoort een historische studie begonnen naar de informatisering van de rug. Dit werk valt onder de auspiciën van de Commissie Geschiedschrijving rug. Eerder schreef hij, eveneens onder het toezien oog van genoemde Commissie, een geschiedenis van de Groningse Scheikunde na de Tweede Wereldoorlog, zie noot 3.

2 W.J.A. Jonckbloet, *Gedenkboek der Hoogeschool te Groningen*, 1864

3 T. van Helvoort, *De chemie van de universitaire wetenschapsbeoefening, Een halve eeuw scheikunde in Groningen, 1945-1995*, Hilversum, 2008.

4 J. Kraak, *Ontaardingen bij N.Q.R. spectra*, 1969.

5 In de jaren '70 heeft iemand, die gehuisvest was op het RC, contractwerk uitgevoerd voor de Union.

6 L. Th. Van der Weele, *In memoriam dr. D.W. Smits (DWS)*, www.rug.nl/cit/organisatie/overhetcit/geschiedenis/smits

7 T. van Helvoort, *The early development of a university computing centre (1955-1975): Cementing disconnected disciplines, Three Societies Meeting 'Connecting Disciplines'*, Oxford (UK), 4-6 July 2008.

8 Voor de komst van netwerken was de fiets belangrijk voor datatransport.

9 Zie ook de geschiedenis van het RC op www.rug.nl/cit/organisatie/overhetcit/geschiedenis.

Andere visualisatietoepassingen

- 10 Toen het papier van de plotter op was, kocht een ongeduldige gebruiker bij een bakker een rol papier waar vroeger het brood in werd verpakt, zaagde daar een deel van af om de rol passend te maken, en kreeg vervolgens de operator zo ver dat hij het nieuwe papier monteerde, met als gevolg dat de plotter in het ongerede raakte.
- 11 Website Jan Kraak www.rug.nl/cit/hpcv/people/kraak/index.
- 12 Protein Crystallography Group, www.xray.chem.rug.nl/Home_p.htm
- 13 Website Frans van Hoesel, acornatom.nl/atom_handleidingen/pcharme/fvh/frans.html
- 14 T. Spek, *Chemische Kristallografie - Verleden, Heden en Toekomst*,
www.platonsoft.nl/ppp/groningen.ppt

16 Schelpen seksen en modelleren

100

101

Kinderen vinden schelpen vaak leuk. Enkele behouden ook op volwassen leeftijd hun fascinatie voor de fraaie regelmatige vormen, de mooie kleuren en de verscheidenheid van schelpen.

Pas op middelbare leeftijd ontdekte mejuffrouw J.A.W. Warners (1899-1986) haar grote passie: het verzamelen van schelpen. Ze reisde daarvoor, getooid met een safarihoed, de hele wereld over op roestige vrachtschepen. Ze bracht haar collectie onder in het zeemuseum Miramar ('Spiegel der zee') in het Drentse dorp Vledder, dat na haar overlijden nog steeds bestaat.

Maar ook dichterbij huis, in een 'krullerige' kast op de eerste verdieping van het Universiteitsmuseum, kan men schelpen bewonderen (*figuur 1*). Ze komen voornamelijk uit de Indische oceaan en zijn geschonken door prof.dr. G.J. Boekschoten.

Logaritmische spiraal • Schelpen genieten al lang de belangstelling van mensen met een wetenschappelijke instelling. Zij beginnen zich meestal eerst af te vragen welk mechanisme achter de regelmatige vorm zit. Ik zal dit proberen uit te leggen.

Tijdens de groei vormt een slak zijn eigen huisje, de schelp. De opening van de schelp waaruit de slak naar buiten kruipt, ook wel de mondrand genoemd, groeit aan rond een denkbeeldige as. De ruimtelijke groei van de mondrand is evenredig met de afmetingen van de opening zelf. Descartes schreef al in 1632 dat de logaritmische spiraal de essentie is van de schelpenvorm.

In 1838 hervatte de Britse dominee Moseley de studie van de groei van de schelp. Hij was verwonderd over het feit dat zo 'n simpel diertje als een slak kennelijk op de hoogte was van de logaritmische spiraal. Daar moest wel een 'intelligent design' achter zitten¹. Omstreeks 1920 verbeterde D'Arcy W. Thompson de groeitheorie in zijn beroemde boek 'On Growth and Form'.

Consultatiedienst • Als rc-medewerker maakte ik in het begin van de jaren zeventig kennis met de wetenschappelijke studie van schelpen toen ik op de consultatiedienst zat, tegenwoordig heet dat de Servicedesk. Het was de tijd dat computers puur voor wetenschappelijk werk werden gebruikt. Dus om berekeningen te doen, simulaties uit te voeren, statistische analyses te doen etc.

Het werk van rc-medewerkers was toen veel directer betrokken bij het wetenschappelijke werk op de universiteit dan tegenwoordig, nu een grote, maar onvermijdelijke, specialisatie is opgetreden in de rr. Persoonlijk heb ik die ontwikkeling altijd als een verarming beschouwd, al had ik zelf geen klagen.



Figuur 1. Schelpen in het universiteitsmuseum



Figuur 2. Cato ten Hallers-Tjabbes duikt naar wulken.

Op een dag betrad een montere dame de kamer van de consultatiedienst op de begane grond in de Hoogbouw wsn, met in haar armen een grote stapel papieren. Met een diepe zucht deponeerde ze de stapel voor me op tafel en zei: “Hier wil ik iets mee doen op de computer”. Het bleek dat Cato ten Hallers-Tjabbes - want zo heette ze en ze was bioloog - nog geen scherp omlijnd idee had waarvoor ze de computer wilde gebruiken.

Wulken duiken • Cato deed promotieonderzoek naar de seksuele verschillen tussen schelpen van wulken: een bepaalde soort slakken. Daarvoor verzamelde ze levende wulken in de Noordzee en de Waddenzee. Ze voer mee op vissersschepen om op wulken te duiken (zie *figuur 2*) en ze bezocht visafslagen.

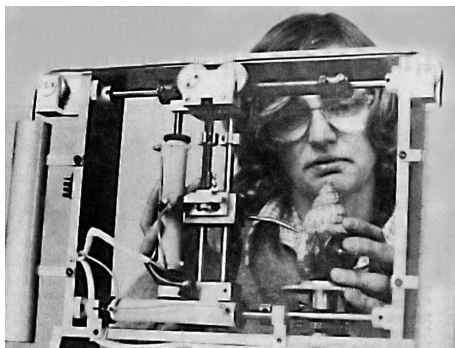
Haar avontuurlijke leven had wel iets van dat van mej. Warners. Ze haalde het lichaam van de slak uit de schelp en bepaalde het geslacht. Dat was een eenvoudige visuele taak: bij een mannetje stak immers de penis door de ‘mondrand’ naar buiten, terwijl die bij een vrouwtje ontbrak. Op elke schelp plakte ze een etiketje (*figuur 3*).

Digitaliseren • Cato liet een handige instrumentenmaker – nu een bijna verdwenen beroep aan de universiteit – een ingenieus apparaat maken, waarmee ze de (X,Y, Z)-coördinaten van punten op het schelpenoppervlak kon digitaliseren. Dat deed ze voor een zeer groot aantal schelpen, punt voor punt moest ze aanwijzen (*figuur 4*). De meetresultaten werden door het apparaat uitgeprint, dat vond men al heel geavanceerd. Maar verdere aansluiting op computerverwerking ontbrak.

De stapel papieren die Cato bij me op tafel deponeerde, waren de resultaten van het digitaliseren. Ze moest ze allemaal overtypen op ponskaarten. Een geweldig werk, maar dat deden promovendi destijds zonder morren.



Figuur 3. Drie schelpen van wulken, met links een mannetje en rechts een vrouwtje.



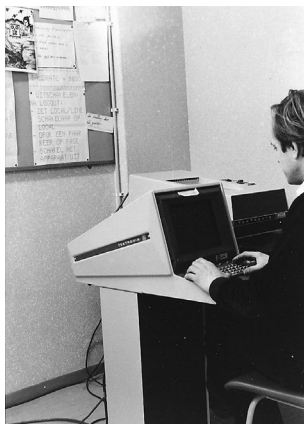
Figuur 4. Cato digitaliseert handmatig een wulk.

Pionierswerk • Biologen gebruikten destijds nog vrijwel geen computers, en vrouwelijke biologen al helemaal niet. Cato verrichte dus in dubbel opzicht voortrekkerswerk. Al in 1969 volgde ze een cursus ALGOL 60. Eén van haar hoogleraren verklaarde haar voor gek, maar een andere vond het prachtig. Dat schreef Cato me kortgeleden, ze voegde er aan toe: “Mijn echte vraag waarmee ik rondsleepte op het Rekencentrum (en eerst ook elders) was: zelf kan ik, op het oog, mannetjes en vrouwtjes meestal herkennen. Nu wil ik het de computer kunnen leren, als hard ‘bewijs’. Met die vraag had ik al her en der aangeklopt. Ik kreeg op mijn verhalen hoe ik de diertjes opdook enthousiaste respons; waarna op mijn echte vraag een glazige blik volgde. Daar moest ik dus niet wezen. En toen kwam ik bij jou, en zag in jouw reactie dat sprankje interesse dat het leuk maakte. En het vervolg weet je.”

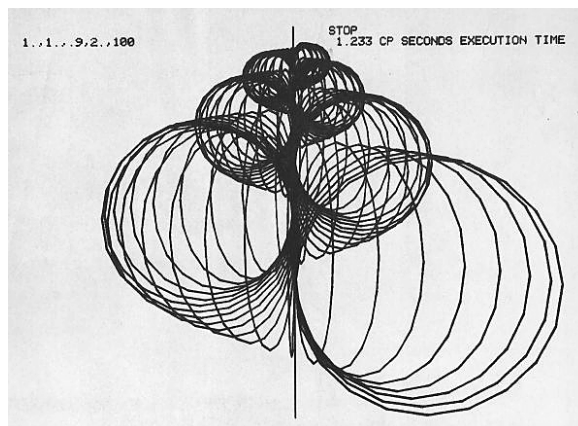
Statistische patroonherkenning • Misschien was het Leo van der Weele, destijds op het RC werkzaam als statistisch adviseur die ons adviseerde om in de handleiding van het statistische pakket SPSS te kijken, waarin toen - en misschien nu ook nog wel - veel voorbeelden stonden. Een Amerikaans voorbeeld betrof het voorspellen van stemgedrag, in dit geval op de Democratische of de Republikeinse partij, op grond van een aantal persoonsgegevens zoals woonplaats, salaris, geslacht etc. Door de module discriminantanalyse te ‘voeden’ met de gegevens van een groot aantal personen waarvan ook het stemgedrag bekend was, kon je SPSS ‘trainen’ om later van een proefpersoon het stemgedrag te voorspellen uit zijn gegevens. Uiteraard met een zekere marge van nauwkeurigheid, statistische patroonherkenning heet het.

Je hoefde maar in het SPSS-voorbeeld de persoonsgegevens door de coördinaten van punten op het schelpenoppervlak te vervangen, en de politieke voorkeur door het geslacht, om het voorbeeld op de schelpendata toe te kunnen passen.

Om de achtergrond van de statistische methode beter te begrijpen, volgden we een college multivariate statistiek. Er heerste toen nog sterk de gedachte dat je alleen aan statistiek mocht doen, als je de achtergrond van een methode tot in het kleinste detail begreep. Daar hebben we ons echter niet door laten intimideren, omdat we de uitkomsten goed konden verifiëren.



Figuur 5. Jan Kraak achter een Tektronix grafische terminal met daarnaast een hardcopy-apparaat, ca. 1979.

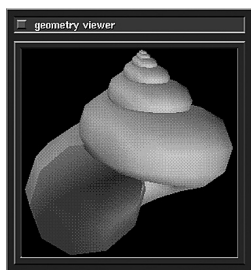


Figuur 6. Projecties van de mondrand van een schelp volgens het model van Raup, ca. 1979.

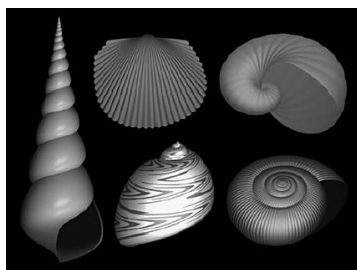
Seksen • Voor patroonherkenning werden alleen de gegevens van de mondrand gebruikt. Want daarin was bij de mannetjes duidelijk een ‘uitstulping’ te zien (*figuur 3*). Nadat we SPSS hadden getraind met gegevens van schelpen met een bekend geslacht, probeerden we andere schelpen te ‘seksen’. Dat bleek wonderwel te gaan: soms lukte het om bijna 90% goed te seksen. Dat je op het oog na een training van ongeveer vijf minuten net zo goed kon seksen als de computer, doet niets af aan dit resultaat. Want iedereen die maar een beetje op de hoogte is met automatische patroonherkenning is, weet hoe lastig dat is en hoe verbazend goed een mens daarin is.

Dit is heel in het kort het deel van het proefschrift van Cato uit 1979 waar ik bij betrokken ben geweest². Ik was bij de promotie als coreferent aanwezig, professor Boekschoten was haar promotor. Ik kocht een duur pak dat ik alleen bij die gelegenheid heb gedragen. Van de plechtigheid zelf herinner ik me niet zo veel. Alleen weet ik nog dat de hoogleraren het tijdens het beraad niet over het proefschrift hadden, maar gewoon over koetjes en kalfjes babbelden terwijl ze een sigaretje rookten.

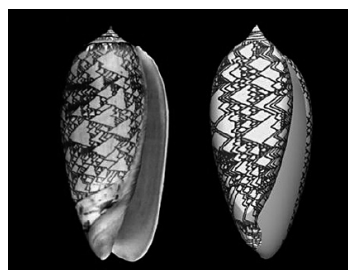
Schelpen tekenen met computer • Als het hier bij was gebleven, had ik dit artikel waarschijnlijk niet geschreven. Ik ging echter voor eigen plezier door met het tekenen van schelpen. Ik baseerde me op een computermodel van de bekende paleontoloog David M. Raup³. Hij kon al in 1966 beschikken over een grafisch beeldscherm en door variatie van een viertal parameters kon hij alle denkbare schelpenvormen genereren – zo was zijn bewering. Omdat het RC slechts een Tektronix grafische terminal had, waarmee alleen lijnen waren te tekenen (*zie figuur 5*), beperkte ik me tot het tekenen van projecties van de mondrand, die ik door een cirkel benaderde (*figuur 6*). In diezelfde



Figuur 7. Schelp getekend met het visualisatiesysteem AVS, ca. 1992.



Figuur 8. Enkele schelpenvormen gegenereerd door Meinhardt en medewerkers, 1992.



Figuur 9. Links een foto en rechts het gegenereerde beeld van dezelfde schelp, volgens Meinhardt.

tijd tekende de Australiër Chris Illert schelpen met behulp van een minicomputer en een penplotter⁴.

In schulp kruipen • Toen het rc in het begin van de jaren negentig⁵ een geavanceerd grafische werkstation kreeg voor wetenschappelijke visualisatie, hervatte ik het tekenen van schelpen. In plaats van door lijnen, benaderde het schelpenoppervlak nu door strips van driehoekjes, gedefinieerd in een driedimensionale ruimte. De schelp kon ik laten draaien. Door variatie van de parameters kon ik snel de vorm aanpassen.

Aanvankelijk gebruikte ik het visualisatiepakket AVS (figuur 7). Later ging ik over op het public domain systeem VTK, waarvoor ik een collectie voorbeelden schreef die nu onder de naam rugVtk-examples op internet staan. Eén ervan is de visualisatie van een schelp, inclusief een grafische gebruikersinterface. Ik heb dit voorbeeld in 2003 in de Virtual Reality-installaties in de Zernikeborg toegepast. Je kon de schelp van binnenuit bekijken. Dan zag je hetzelfde als een slak die ‘in zijn schulp kruipt’.

Algorithmic Beauty • Terwijl ik mezelf heb beperkt tot de basis - want het moest toch een grapje blijven - zijn andere computergrafici verder gegaan. Groter realisme was hun doel. Ze probeerden bijvoorbeeld de ribbels van sommige soorten schelpen te modelleren. Als u Google op ‘modeling seashells’ laat zoeken, krijgt u een stortvloed van onderzoeken. Voor zover ik het kan overzien, weerspiegelt de ACM/SIGGRAPH publicatie ‘Modelling seashells’ van Fowler, Meinhardt en Prusinkiewicz uit 1992 de state of the art op dit gebied⁶. Met het hierin beschreven model kunnen ook de pigmentpatronen op sommige schelpen worden gemodelleerd (figuur 8 en 9). Later schreef Meinhardt nog het prachtige boek *The Algorithmic Beauty of Sea Shells*⁷.

1 Rev. H. Moseley, *On the Geometrical Forms of Turbinate and Discoid Shells*, 1838.

2 C.C. ten Hallers – Tjabbes, *The Shell of the welk Buccinum undatum L: shape analysis and sex discrimination*, proefschrift Rijksuniversiteit Groningen, 1979.

3 D.M. Raup, *Geometric analysis of shell coiling: general problems*, Journal of Paleontology, sept. 1966.

Andere visualisatietoepassingen

- 4 C.R. Illert, *Sea-Shell Mathematics – a study of nearly Gnomonic Surfaces*, Griffin Press, 1976.
- 5 De geschiedenis van het Rekencentrum, rug.nl/society-business/centre-for-information-technology/organisation/geschiedenis/.
- 6 <http://algorithmicbotany.org/papers/shells.sig92.pdf>.
- 7 H. Meinhardt, *The Algorithmic Beauty of Sea Shells – Shell Patterns as Dynamic Systems*, Springer, 1995.

17 Computerkunst(jes)

106

107

Naar aanleiding van de geslaagde theatervoorstelling 'The Cave' in het Virtual Reality-theater, meer over computerkunst en over enkele personen aan de Rijksuniversiteit Groningen die daar in de loop der tijd wat aan deden.

Virtueel decor • Op 9 juni 2006 vond er in het Virtual Reality-theater van het rc onder de naam 'The Cave' een voorstelling plaats van Wikke van Houwelingen. Hij is student aan het Frank Mohr Instituut (FMI), een onderdeel van de Hanzehogeschool.

Eerder volgde Van Houwelingen een opleiding theatervorming in Utrecht, waar hij geïnteresseerd raakte in nieuwe media en theater. Tijdens een rondleiding in het rc beseftte Van Houwelingen dat de projecties in het Reality Centre 'normale' video doen verbleken.

Aldus ontstond het idee om een acteur in een virtueel, driedimensionaal decor te laten spelen. Rob de Bruin, lector computervisualisatie aan het FMI, ondersteunde dit plan. HPC&V-medewerkers Paul Melis en Laurens Voerman gaven technische ondersteuning, evenals Iris van Dijk. Nieuwsgierig gemaakt door de goede inleidende tekst, besloot ik de voorstelling bij te wonen.

The Cave • Samen met de andere toeschouwers zag ik acteur Taco van Dijk door nauwe 'bakstenen' gangen wandelen die een serie ruimten in een virtuele wereld verbonden (figuur 1). In werkelijkheid bleef hij echter steeds ongeveer op hetzelfde punt staan en bewoog de omgeving. Ondertussen sprak hij over de vervreemding en de schijnbare dood op teksten van Hamsun, Strijards, Lucebert en Shakespeare. Uit de aankondiging: "The Cave is een virtueel gedicht dat je op bijzonder wijze in aanraking brengt met het hier en het nu van theater".

Na afloop klonk er een enthousiast applaus en kon ik Van Houwelingen complimenteren met de voorstelling. Ik volg nu al ongeveer 35 jaar zo'n beetje het gebruik van de computer in de kunst en nu begint het er eindelijk wat op te lijken, dank zij de geslaagde combinatie van goede teksten, aansprekende muziek en niet overheersend gebruik van vr-techniek.

Cybernetic Serendipity • Cybernetic Serendipity, gehouden in Londen in 1968, was waarschijnlijk de eerste internationale overzichtstentoonstelling van computer art, dat ook wel digital art¹ wordt genoemd. Jasia Reichardt schreef in de catalogus²: "This is an international exhibition exploring and demonstrating some of the relationships between technology and creativity".



Figuur 1. Virtueel decor voor 'The Cave', Wikke van Houwelingen 2006.



Figuur 2. Links de echte en rechts de gesimuleerde Mondriaan, 1968.

De computergrafische bijdragen tonen vooral lijntekeningen gemaakt met een plotter en enkele plaatjes geproduceerd met een regeldrukker. De nog steeds actieve Charles Csuri gebruikte een random generator³ om de tekening van een speelgoedsoldaatje willekeurig te positioneren. Interessant vond ik de poging van A. Michael Noll om het 'algoritme' achter Piet Mondriaan's schilderij 'Compositie met lijnen' uit 1917 op te sporen via programmering met een semi-random generator (*figuur 2*).

Beatrix-postzegels • Er namen geen Nederlanders deel aan de Londense tentoonstelling. Omstreeks 1970 liet de Nederlandse kunstenaar Peter Struycken een computer alle denkbare ruimtelijke combinaties van enkele basisstructuren uitrekenen, zoals witte en zwarte vierkanten.

Daaruit maakte Struycken vervolgens een keuze. Zijn werk kreeg veel aandacht in de landelijke pers maar ook kritiek, omdat de critici dachten dat hij de kunstenaar wilde vervangen door een computer.

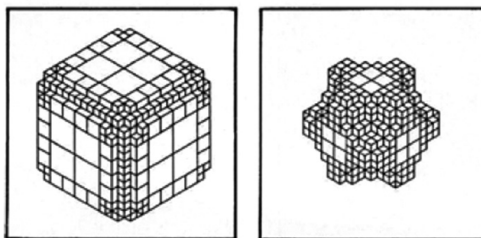
De destijds bekende criticus Lambert Tegenbosch schreef in 1970 een fel stuk in de Volkskrant met als kop 'Computerkunst: nep in de zestiende macht'. Tegenwoordig krijgt computerkunst lang niet meer zo veel aandacht.

Struycken werd in 1980 bekend door zijn Beatrix-postzegels (*figuur 3*). Daarvoor liet hij het portret van de koningin digitaliseren. Vervolgens zette hij het regelmatige puntenpatroon om in een schijnbaar willekeurig patroon volgens een eenvoudig 'recept': hij telde de grijswaarden langs een horizontale lijn op tot de som boven een zekere grens kwam en tekende op die positie een punt.

Cubische Constructies • Eind 1971 was in Groningen voor het eerst computerkunst te zien in de destijds vermaarde galerie De Mangelgang in de Oude Kijk in 't Jatstraat. Vaag herinner ik me de opgewonden sfeer. Over die gebeurtenis bewaarde ik wat documentatie, die ik pas voor het schrijven van



Figuur 3. Beatrix-postzegels, Peter Struycken 1980.



Figuur 4. Cubische Constructies, 1971

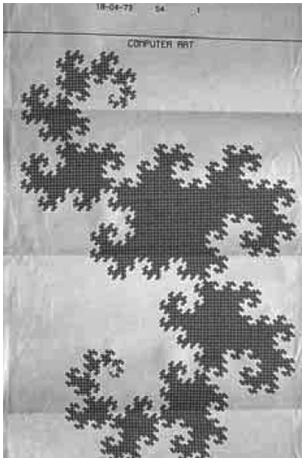
dit artikel serieus bestudeerde. Wat er destijds met computerkunst werd bedoeld, valt me nu nogal tegen. Het betreffen technische tekeningen van gestapelde kubussen, gemaakt door het Centrum voor Cubische Constructies met behulp van een plotter (*figuur 4*).

Han Jansen • Wel zo boeiend bij de documentatie is de aankondiging van een tentoonstelling van de schilder Han Jansen (1931-1994), op dat moment in zijn 'koeienperiode'. Ik heb hem gekend. Als zoon van een herenboer uit Kloosterburen kon hij prachtig over koeien en vooral stieren vertellen. Aan het zomerse groen in de natuur had hij een grote hekel. Momenteel is de gang naar de VR-faciliteiten in de Zernikeborg versierd met reproducties van het werk van Jansen. En sinds eind 2005 hangt er naast de koffieautomaat een koeienschilderij: een geschenk van de universiteit.

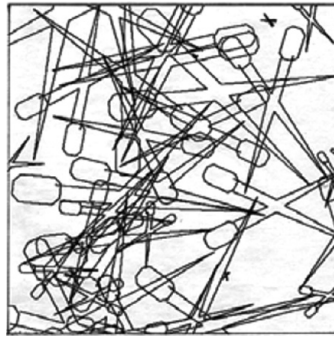
Muziek met de TR4 • In 1958 kreeg de Rijksuniversiteit Groningen haar eerste computer, de ZEBRA. Van kunst was nog geen sprake, maar er werden wel spelletjes op gedaan zoals eenentwintigen. In 1964 volgde de TR4 de ZEBRA op. Met de TR4 kon je, in een tijd ver voordat er geluidskaarten waren, al muziek maken met behulp van een gewoon radiotoestel, dat de elektromagnetische signalen van de rekenregisters opving. Bij de in het RC-archief bewaarde programma's van Donald W. Smits, de eerste directeur van het RC en tevens hoofd systeemprogrammering, bevindt zich een afdruk van een muziekprogramma⁴. Het zal destijds als een aardig geintje zijn beschouwd. Toen de TR4 in 1972 werd opgevolgd door een computer van de firma Control Data kreeg het RC een computerkunstwerk van Manfred Mohr (1938) aangeboden, dat priemgetallen visualiseerde.

Krook en Kraak • Van wijlen RC-medewerker Johan Krook bewaar ik een aardige computertekening uit 1973 (*figuur 5*). Kenmerkend was zijn uitdrukking 'dat was een fluitje van een cent'; daarmee heeft hij zichzelf veel te kort gedaan.

Geïnspireerd door de plaatjes van Cybernetic Serendipity heb ik zelf rond 1971 een beetje gestoeid met computerkunst. Zo tekende ik bijvoorbeeld zoals Csuri op random wijze een figuurtje, in dit geval een schaartje (*figuur 6*). Later in de jaren zeventig begon ik



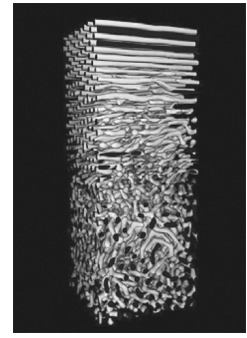
Figuur 5. Computer art, Johan Krook 1973.



Figuur 6. Random scharen, Jan Kraak 1971.



Figuur 7. Fractal uit het rc-jaarverslag 2002.



Figuur 8. Wetenschappelijke visualisatie, Frans van Hoesel ca. 2000.

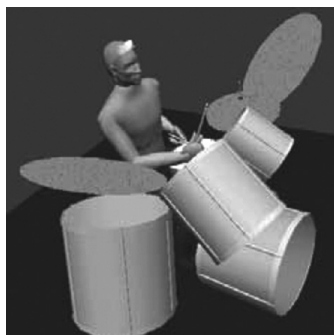
schelpen te tekenen⁵: het onderwerp van een volgend Pictogram-artikel. De computerkunst die ik vanaf 1980 op conferenties van EUROGRAPHICS zag, was vaak van matige kwaliteit.

Fractals • Eind 1983 viel op een late namiddag de beeldend kunstenaar Casper Bosveld mijn kamer binnen. Hij hield zijn grote hoed op en rookte aan één stuk door sigaren. Terwijl het langzaamaan donker werd, praatte hij op me in over computerkunst en bood me werk aan als programmeur. Maar ik had mijn aarzelingen. Hij schreef een brief aan de directeur, met het verzoek om van de beeldverwerkende faciliteiten voor Sterrenkunde, die toen op het rc stonden, gebruik te kunnen maken. Daar is om allerlei redenen niets van terecht gekomen. Nadien vroeg ik me zo nu en dan af hoe het verder met Bosveld was gegaan, want met computerkunst was hij zijn tijd ver vooruit.

Sinds kort weet ik, dankzij Google, dat Bosveld nog steeds actief is en thans fractals maakt⁶.

Fractals⁷ zijn, eenvoudig gezegd, meetkundige figuren met als karakteristieke eigenschap dat onderdelen van de figuur (ongeveer) dezelfde vorm hebben als de figuur zelf, maar dan op een kleinere schaal (*figuur 7*). Fractals zijn soms saai vanwege een te grote regelmatigheid, maar die van Bosveld zijn de moeite waard. Blijkens zijn website is zijn geloof in computerkunst ongebroken.

Seth Shostak • In de loop van de jaren tachtig raakte de Groningse radioastronoom Seth Shostak gefascineerd door de beeldende mogelijkheden van het door hem gebruikte beeldverwerkende systeem. Eind jaren tachtig richtte hij in Groningen de firma DIGIMA BV op die computeranimaties ging maken, bijvoorbeeld als leader van tv-programma's. Hij ontwikkelde speciale software waarvoor hij de Wubbo Ockels prijs kreeg. Later keerde hij



Figuur 9. Virtuele drummer, Martijn Kragtwijk 2002.



Figuur 10. Distance transform functies, Arnold Meijster, 2004.

naar zijn geboorteland Amerika terug en werd bekend is als woordvoerder van het SETI-instituut dat naar buitenaardse intelligentie zoekt: tot nu toe zonder resultaat. DIGIMA ging later over in SCAN.

Hi, my name is Frans • In de jaren negentig veranderde er veel op ICT-gebied. Computers werden algemeen en ze werden niet meer onder de hoede van het RC gebruikt. Mogelijk zijn me daarom ontwikkelingen ontgaan. Vanaf 1993 kwam wetenschappelijke visualisatie⁸ op. Veel van de toen gemaakte plaatjes en animaties hebben esthetische kwaliteiten. Met name Frans van Hoesel, destijds werkzaam bij Scheikunde, had daar oog voor (*figuur 8*). “Hi, my name is Frans. I’m your crazy scientist for today” is nog steeds de vrolijke aanhef van zijn website⁹.

VR in de Zernikeborg • Sinds HPC&V-medewerker Rob de Bruin lector computervisualisatie werd bij het Frank Mohr Instituut, is het contact met de kunstwereld pas goed tot stand gekomen toen. Ik begon mijn artikel met een voorbeeld van deze samenwerking, maar er zijn meer.

In 2002 werd bij de opening van de Zernikeborg - het huidige onderkomen van het RC - een virtueel kunstwerk¹⁰ getoond naar het ontwerp van de bekende kunstenares Marte Röling. Frans van Hoesel, thans hoofd van de unit High Performance Computing & Visualisatie (HPC&V), en Berk Hess zorgden voor de technische realisatie.

Momenteel hangt er, op initiatief van Frans, in de lift van de Zernikeborg een plat beeldscherm waarop een animatie wordt afgebeeld, die af hangt van de hoogte van de lift. Zo waren in juni 2006 de coupes te zien van The Visual Man, een bekende medische dataset¹¹. De beelden van deze dataset zijn afkomstig van de 39-jarige Amerikaan Joseph Paul Jernigan. Na een moord werd Jernigan ter dood door injectie veroordeeld. Bij een reisje in de lift naar de derde verdieping van de Zernikeborg zie je zijn lichaam aan je voorbij gaan.

HPC&V-medewerker Martijn Kragtwijk houdt zich ook bezig met de creatie van virtuele kunst. Hij stond de kunstenaar Michiel Koelink terzijde bij het maken van ondermeer

‘PanoramiXilinders in Beetsterzwaag’. Martijn maakte tijdens zijn studie aan de Universiteit Twente een virtuele drummer: de bewegingen worden aangestuurd door een MIDI geluidsbestand (figuur 9)¹².

Als laatste voorbeeld van wetenschappelijke visualisatie wil ik het proefschrift van Arnold Meijster¹³ noemen, eveneens werkzaam bij de unit HPC&V. Voor de voorkant van zijn proefschrift visualiseerde hij op fraaie wijze vier distance transform-functies rond twintig random punten (figuur 10).

1 Digital Art Museum, dam.org.

2 S. Reichardt, *Cybernetic Serendipity: the computer and the arts*, a Studio International special issue, 1968.

3 De wiskundige Siep Kroonenberg, van wie een schilderij in het rc hangt, deed eens onderzoek naar random generatoren.

4 Geschiedenis van rc, rug.nl/society-business/centre-for-information-technology/organisation/geschiedenis/.

5 In de kunstwereld spreekt men van artificial life

6 Website Casper C. Bosveld, nl.wikipedia.org/wiki/Casper_C._Bosveld.

7 Fractals zijn in 1980 uitgevonden door Benoît Mandelbrot.

8 J. Kraak, *Wetenschappelijke visualisatie en Virtual Reality*, Pictogram, 2004.

9 Website Frans van Hoesel, acornatom.nl/atom_handleidingen/pcharme/fvh/frans.html

10 Kunstwerk van Marte Röling, Meer over dit kunstwerk: rug.nl/society-business/centre-for-information-technology/research/hpcv/vr_visualisation/art_and_exhibitions.

11 J. Kraak, *Ervaringen met segmentatie bij medische visualisatie*, Pictogram 2001.

12 M. Kragtwijk, *Virtuele drummer*, ris.utwente.nl/ws/files/83237517/icav_kr2001.pdf.

13 A. Meijster, *Efficient Sequential and Parallel Algorithms for Morphological Image Processing*, 2005

18 Geografische Informatie Systemen

112

113

verleden, heden en toekomst

Bij de Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen (FRW) is de automatisering van de cartografie ruim 20 jaar geleden begonnen met het kaartprogramma GEKAART, het Rekencentrum (RC) hielp bij de programmering. Het werd in combinatie met SPSS gebruikt en vormde aldus een Geografisch Informatie Systeem (GIS) avant la lettre. Na verloop van tijd is GEKAART opgevolgd door een 'echt' GIS, tegenwoordig is dat ArcGIS.

GIS-pakketten, die tot voor kort tweedimensionaal waren, kunnen profiteren van de Virtual Reality (VR)-technologie bij presentatie van visueel ingrijpende plannen voor een woonomgeving of een landschap. In het Virtual Reality-theater in de Zernikeborg (www.rug.nl/rc/hpcv) zijn hiervan overtuigende voorbeelden te zien. Inmiddels kan men in de Zernikeborg door een landschap uit een GIS wandelen.

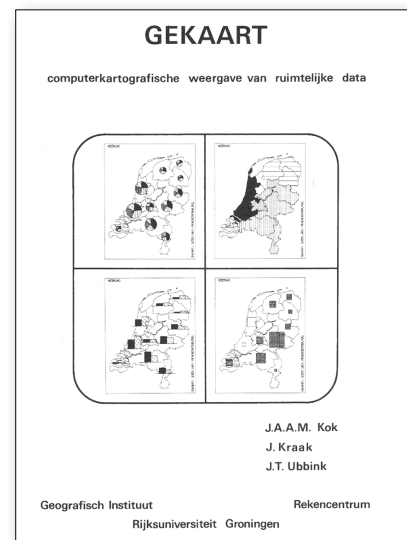
Start automatisering • Tot het begin van de jaren tachtig werden thematische kaarten, ook wel cartogrammen genoemd, bij FRW op ambachtelijke wijze getekend. Het waren fraaie staaltjes van vakmanschap.

Jos Kok, een in Nijmegen afgestudeerde geograaf die daar met een kaartprogramma had gewerkt, bracht omstreeks 1981 de automatisering van de cartografie energiek op gang. Hij zocht contact met het RC en kwam al snel bij mij terecht, want ik had me toen reeds ruim tien jaar met grafische programmering bezig gehouden, voornamelijk van het grafiekenprogramma KOMPLOT.

Ik had alleen een plotterlibrary toen ik begon te programmeren. Dat leek niet al te moeilijk te zijn, want mijn eerste cartogram bestond uit aansluitende gebieden die werden gearceerd door evenwijdige lijnen.

Op basis van de coördinaten van punten op de omtrek tekende het programma eerst de rand van het gebied, waarna dat van binnen werd gearceerd. Ik bedacht zelf de punten van enkele omtrekken. Daarvoor werkte het arceeralgoritme goed.

Dat computergrafiek een vak is van vaak gemakkelijk te formuleren problemen die moeilijk zijn op te lossen, bleek toen het arceeralgoritme werd toegepast op de omtrek van het eiland Texel. Het water van de Mokbaai, een inham vlak bij de haven van 't Haantje van Texel, werd namelijk ook gearceerd. Ook enclaves binnen gesloten gebieden bleken een probleem bij het arceren. Na enig nadenken waren de fouten snel hersteld, maar nog steeds als ik op de veerboot zit naar Texel en de Mokbaai aan bakboordzijde zie, word ik aan de programmeerfout herinnerd. Later heeft RC-medewerker Haije Wind ook aan het arceeralgoritme gewerkt.



Omslag GEKAART manual, 1987.

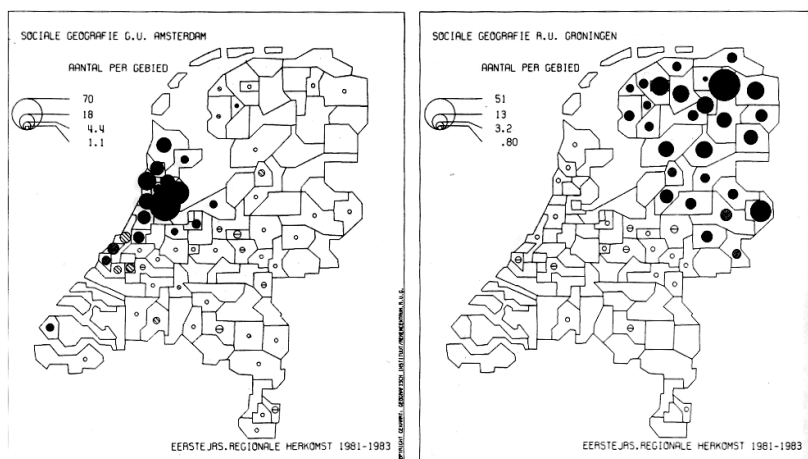
Groningens Eigen KAARTprogramma GEKAART • Jon Ubbink, een theoretisch fysicus van oorsprong die onder meer statistiek doceerde bij FRW, nam al snel mijn werk over. Hij programmeerde een groot aantal typen cartogrammen. Belangrijk was, dat hij een gebruikersinterface maakte die compatibel was met die van het statistische programma SPSS. Daarmee konden statistische gegevens worden bewerkt, bijvoorbeeld door een clusteranalyse, alvorens ze te tekenen.

Studenten, gewend aan SPSS, hadden weinig moeite met het programma dat al spoedig GEKAART werd genoemd. De op tenminste drie manieren uitgesproken naam GEKAART is overigens geïnspireerd door TESO: Texels Eigen Stoomboot Organisatie. Ik herinner me nog goed de drukbezochte introductiebijeenkomst, waar ook enkele enigszins gespannen tekenaars op aanwezig waren.

Het digitaliseren en het onderhouden van kaarten, zoals van de wijken van Groningen en de provincies van Nederland, vormden nieuw werk voor de tekenaars Erik Runau en Johan Zwart. Zodra er voldoende kaartbestanden en bijbehorende bestanden met statistische gegevens waren, werd GEKAART opgenomen in het onderwijs bij FRW, waar het ongeveer tien jaar naar tevredenheid heeft gefunctioneerd.

Met elan werden soortgelijke activiteiten aangepakt. Als student programmeerde Peter Kruijssen rond 1985 CACIP voor een Acorn BBC, een populaire homecomputer met slechts 33 kB intern geheugen, met ongeveer dezelfde mogelijkheden als GEKAART.

Paul van Steen maakte GEKAART interactief met behulp van het dialoogsysteem DIALOG. Het iec PROGAMMA, een instelling die bij universiteiten ontwikkelde programmatuur aanpaste en commercialiseerde,



Twee GEKAART-cartogrammen die de regionale herkomst van de studenten Sociale Geografie aan de GuAmsterdam en de Rijksuniversiteit Groningen in de jaren 1981-1983 illustreren.

koos ook GEKAART uit. Dat resulteerde in de jaren negentig in een pc-versie, genaamd GOMAP.

FRW 'gered' dankzij cartogrammen • Net als tegenwoordig heerste er twintig jaar geleden ook een economische recessie, waardoor er op de universiteiten fors bezuinigd moest worden. In het kader van de, eufemistisch geheten, taakverdelingsoperatie zou het aantal afdelingen Geografie aan Nederlandse universiteiten worden verkleind. Groningen dreigde het slachtoffer te worden.

Om dat onheil te keren zijn Kok, F. Schuurmans en Ubbink in 1983 een maand lang koortsachtig bezig geweest met het rapport *De aanmelding voor het wetenschappelijk onderwijs in Nederland 1981-1983 – regionale structuur en keuzepatronen*. Dit rapport toonde aan dat de universiteit van Groningen, evenals andere universiteiten, een belangrijke regionale functie had gezien de plaatsen van herkomst van de studenten.

Dat was in één oogopslag te zien aan de door Schuurmans bedachte bijzondere cartogrammen, gemaakt met GEKAART. Daarin geven cirkels door middel van hun oppervlakte het aantal studenten weer voor een studierichting aan een bepaalde universiteit, de zwarting bepaalt in hoeverre deze keuze afwijkt van Nederland als geheel.

Bij de onderhandelingen schijnen de cartogrammen een overtuigende rol te hebben gespeeld, waardoor de opheffing van Geografie in Groningen kon worden afgewend.

Geografische Informatie Systemen • Evenals andere programmatuur van eigen makelij kon ook GEKAART het op den duur niet bolwerken tegen commerciële programmatuur die overal werd gebruikt. Daarom werd GEKAART omstreeks 1994 vervangen door een Geografisch Informatie Systeem.

Na eerst enkele andere GIS-en te hebben geprobeerd, koos FRW voor *ArcInfo* en *Arcview* van de firma ESRI, de 'Microsoft binnen de GIS-wereld'. ArcView tekent net als GEKAART cartogrammen. Met ArcInfo kan men geografische en statistische gegevens met elkaar combineren en er (numerieke) analyses op los laten, om aldus planningsproblemen op te lossen.

Weidewinkels nabij Hoogezand? • Temidden van de weiden bij Lelystad ligt het winkelcentrum Bataviastad, waar fabrieken hun restpartijen met korting verkopen. In het planologisch jargon heet Bataviastad een *Factory Outlet Center*, afgekort tot foc. Het vinden van een geschikte locatie voor een foc in de drie Noordelijke provincies is een aardige illustratie van het gebruik van een GIS.

Door het opstellen van randvoorwaarden krijgt men een goed overzicht van potentiële mogelijkheden. Drie studenten Technische Planologie, Andreas Hartman, Michiel Mosterman en Geert-Wiebe van der Wijk, voerden in 2001 het onderzoek uit in het kader van het derdejaars vak *Geo-Informatiemanagement 1*, dat wordt gedoceerd door Henk Oosterhoff en Jan de Ruiter van het GIS Expertisecentrum.

Omdat Bataviastad enorme autostromen veroorzaakt, middenstanders dupeert en tevens de vogelstand in het IJsselmeer zou aantasten, heeft het ministerie van VROM voorwaarden opgesteld voor nieuwe foc's. Daarnaast zijn er eisen voor het grondoppervlak van een foc, het aantal parkeerplaatsen, de goede bereikbaarheid per auto, de afstand tot een station etc.

Met behulp van overlay- en buffertechnieken berekende ArcInfo een aantal geschikte locaties uit de geografische data. Door het besteedbare inkomen voor gebieden in de omgeving van een locatie bij elkaar op te tellen, werd de locatie gevonden met de omgeving waarin de mensen het meeste geld hebben te verteren.

Het resultaat was een locatie nabij het station van Hoogezand. Op internet kunt u een en ander precies nalezen in het zeer leesbare verslag. Andere studenten krijgen soortgelijke opdrachten, om ze aldus voor te bereiden op hun latere beroep.

Kunnen GIS-en worden verbeterd? • Is een GIS als ArcInfo te vergelijken met een tekstverwerker als Word, die qua functionaliteit vrijwel is uitgekristalliseerd en waarvan nieuwe versies vrijwel alleen maar nog meer (overbodige) luxe bieden en geen essentiële verbeteringen? Of kunnen GIS-en nog verbeteringen c.q. uitbreidingen ondergaan door technologische ontwikkelingen en dan met name op het terrein van Virtual Reality? Ik heb me in deze vraag verdiept om te kunnen nagaan of FRW eventueel wat zou kunnen hebben aan VR-faciliteiten in de Zernikeborg, die bovendien vlak naast de deur liggen.

Zo plat als een pannenkoek • In zowel GEKAART als in ArcInfo, tot de intrede van de TIN (*Triangulated Irregular Network*)-module binnen het vectormodel, was 'de wereld zo plat als een pannenkoek' – om de titel van het bijna vergeten boek *De aarde is zo plat als een pannenkoek* te parafraseren. Voor veel vraagstellingen in de praktijk van de ruimtelijke ordening is dat geen bezwaar. De betrokken gegevens laten zich immers vaak goed tweedimensionaal weergeven.



De Blauwe Stad ten noorden van Winschoten



Uit ArcGIS afkomstig landschap waardoor men kan 'wandelen' in het vr-theater.

Neem het aantal bewoners per gebied. Dat kan goed worden gevisualiseerd door een cirkel, waarvan het oppervlak evenredig is met het aantal inwoners. Als realistisch alternatief zou je elk mens afzonderlijk, al dan niet gestapeld, kunnen tekenen, maar dat zou geen verbetering opleveren.

Maar er zijn wel degelijk toepassingen waar een meer realistische weergave van de gegevens en/of van het terrein van onderzoek zijn waarde heeft, teneinde mensen op de juiste manier voor te lichten over bijvoorbeeld ingrijpende veranderingen in hun woonomgeving.

Vanuit eigen achtertuin bekijken • In de Zernikeborg zijn twee mooi voorbeelden daarvan te zien. In opdracht van de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) heeft het HPC&V in het Virtual Reality-theater een bestaand landschap gevisualiseerd, waarin een boortoren voor gas is geplaatst. De plattegronden van de bebouwing komen uit een GIS. Omwonenden kunnen de boortoren desgewenst vanuit hun eigen achtertuin bekijken. Iets soortgelijks had indertijd, bij de keuze van de omstreden locatie van het Groninger Museum, gedaan kunnen worden.

Om potentiële kopers van woningen in De Blauwe Stad nabij Winschoten te informeren over hun nieuwe, nog niet bestaande woonomgeving, heeft het HPC&V het toekomstige landschap gevisualiseerd, inclusief boerderijen die blijven staan. Met deze VR-toepassing kan men over het nieuwe woongebied vliegen. Het is verder mogelijk om als het ware vanuit je luie stoel in de woonkamer het nieuwe uitzicht te beoordelen.

Virtuele wandeling • Jan de Ruiter van het GIS-Expertisecentrum lichtte me in over de laatste ontwikkelingen. Zo is ArcInfo/Arcview onlangs opgevolgd door ArcGIS van ESRI waarmee ongeveer hetzelfde kan, alleen is het ArcInfo-deel nu aanzienlijk gemakkelijker in gebruik geworden dankzij een menu-interface. ArcGIS wordt steeds meer een front-end voor verschillende soorten geografische databases. Via sjablonen krijgen cartogrammen een professioneel uiterlijk.

Het blijkt dat de wereld in ArcGIS niet meer helemaal 'zo plat is als een pannenkoek'. Gegevens bekend op een regelmatig rooster in een plat vlak kunnen nu worden weergegeven

in de vorm van een pseudo-3D-landschap, dat via export naar een VRML-file, met de VR-faciliteiten kan worden bekeken.

Hetzelfde geldt voor een oppervlak gemodelleerd met een TIN. Inmiddels is het gelukt om een (Amerikaans) ArcGIS-landschap te importeren in de VR-faciliteiten van de Zernikeborg. U kunt nu met de *walk-mode* in het VR-theater door het landschap *wandelen*. Uiteraard wil het HPC&V graag over meedenken ander gebruik van GIS-uitvoer in het VR-theater of in de VR Cube.

Omgaan met beperkingen • Tot slot nog even een paar opmerkingen over iets waar iedereen vroeg of laat mee te maken krijgt. Velen die ArcGIS leren kennen, zijn opgetogen over de schier oneindig lijkende hoeveelheid mogelijkheden. Maar wie ArcGIS voor onderzoek toepast en zijn/haar eigen gedachten volgt en niet die van de ArcGIS-ontwerpers, loopt soms tegen dingen op die niet, of niet gemakkelijk, kunnen. Dat ondervindt Peter Groote, die tijd-ruimte aspecten van processen onderzoekt en de analytische mogelijkheden gebruikt. Op zijn website staan interessante animaties van de ontwikkeling van de infrastructuur en de levensstandaard in de drie noordelijke provincies tussen 1820 en 1913.

Volgens Groote zijn de ruimtelijk-statistische technieken in ArcGIS nog nauwelijks met elkaar geïntegreerd. Verder weten ArcGIS en andere GIS-en nog niet goed raad met de tijd. Hij concludeert: "ArcGIS is recent vooral uitgewerkt in de richting van visualisatie. Dat maakte de analytische bruikbaarheid voor academici voorlopig nog steeds wat teleurstellend".

Misschien kunnen de programmeer-interface van ArcGIS, het gebruik van scripts of de toepassing van vrij verkrijgbare open source software (www.freegis.org) voorzien in de tekortkomingen van ArcGIS. Om dezelfde reden heeft FRW een, met DTP-software zoals CorelDraw uitgeruste, afdeling Kartografie die kaarten maakt c.q. aanpast, waarvoor ArcGIS tekortschiet.

 www.rug.nl/society-business/centre-for-information-technology/research/services/hpc/

Meer informatie over supercomputers en visualisatie in de Zernikeborg.

19 Segmentatie bij Medische visualisatie met Amira

118

119

Omdat visualisatiepakketten als AVS en VTK in 2002 afbeeldingen van weefsels niet goed konden opsplitsen in delen met een samenhangende structuur (segmenteren), waren ze beperkt bruikbaar voor medische toepassingen. Met het pakket Amira konden veel moeilijk oplosbare, segmentatieproblemen op halfautomatische wijze worden opgelost.

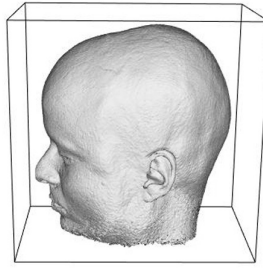
Een geraamte in Heerenveen • In de hoek van het biologielokaal van mijn oude middelbare school aan de Fok in Heerenveen stond het geraamte van een klein uitgevallen mens. Als je de namen van alle botten ervan binnen twee minuten kon opdreunen, dan kreeg je een voldoende van leraar Venhuis. Op mijn vraag waar het geraamte vandaan kwam, vertelde Venhuis, door zijn leerlingen 'Oegje' genoemd, dat het afkomstig was van een Japanse soldaat die in de Japans-Russische oorlog van 1905 in de buurt van Port Arthur in het Verre Oosten was gesneuveld. Japan won deze oorlog.

In de bestseller "Revolutie der Eenzamen" van de in de jaren vijftig en zestig bekende Groningse socioloog prof. dr. P.J. Bouman staat dat dit de eerste maal was dat een Europese mogendheid de strijd verloor tegen een niet-westers land. Bouman liet van het vele geld dat hij met zijn boek verdiende een mooie bungalow in Helpman bouwen. Het was indertijd een bekend grapje in Groningse universitaire kringen, dat het hierbij om 'revolutiebouw' ging. Maar dit even terzijde.

Visible Human Dataset • Aan die Japanse soldaat, die aan schoolklassen met Friese schoolkinderen zijn botten liet zien, moest ik even denken toen ik vele jaren later door mijn werk kennis maakte met de Visible Human Dataset (VHD). Het gaat hierbij om de gegevens van een man en een vrouw die in digitale vorm voor de gehele wereld beschikbaar zijn.

De 59-jarige vrouw is anoniem. De mannelijke data zijn afkomstig van de 39-jarige Joseph Paul Jernigan die, omdat hij ter dood was veroordeeld vanwege moord, zijn lichaam beschikbaar stelde aan de wetenschap. Hij is in 1993 met een injectie geëxecuteerd, de Visible Mandata kwamen in 1994 beschikbaar. Kort na het overlijden zijn van de lichamen MRI- en CT-scans gemaakt in evenwijdige doorsneden loodrecht op de lengteas van het lichaam.

Bij de CT-techniek wordt röntgenstraling gebruikt en bij MRI elektromagnetische straling. Het maken van de scans gebeurde erg nauwkeurig met een sterke straling: om maximaal toegestane stralingsdosissen hoefde men zich immers niet meer te bekommeren. Daarna zijn de lijken ingevroren en in coupes gesneden, overeenkomstig de



Figuur 1. Iso-oppervlak gereconstrueerd uit MRI-scans van het hoofd, de 'baardgroei' komt door ruis in de data.



Figuur 2. In de luchtpijp bij de stembanden.

scans. Vervolgens zijn deze coupes (digitaal) gefotografeerd. De collectie MRI- en CT-scans, alsmede de beelden van de coupes vormen de Visible Human Dataset.

Anatomische tekeningen • Iedere medicus heeft een anatomische atlas met veel handgetekende plaatjes van het menselijk lichaam. Al geruime tijd proberen visualisatiespecialisten uit een stapeling van scans met de computer de menselijke anatomie te reconstrueren en de plaatjes uit de atlas te evenaren. Sinds de VHD beschikt iedereen over dezelfde dataset, zodat de visualisatiere resultaten onderling goed vergeleken kunnen worden.

De eerste indruk is, dat deze computervisualisaties nog niet kunnen tippen aan de handgemaakte tekeningen. Dat is natuurlijk niet verwonderlijk omdat een professionele anatomische tekenaar een grote ervaring heeft en vereenvoudigingen en verfraaiingen toepast, die zeer moeilijk zijn te automatiseren. Maar we zullen zien dat het gebruik van de computer op andere fronten zijn voordelen heeft.

Visualisatiemethoden • De visualisatiemethoden vatten een stapel scans op als een regelmatig driedimensionaal (3D) rooster met meetwaarden van de helderheid op de posities. Over de belangrijkste visualisatiemethoden, het iso-oppervlak en volume-rendering, is zeer veel gepubliceerd. Hier volsta ik met een summier uitleg.

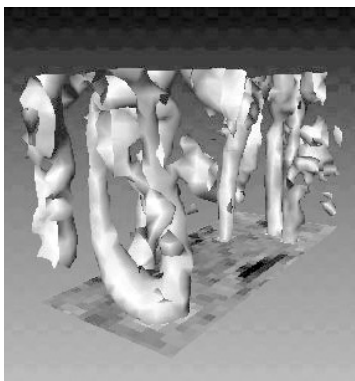
Een iso-oppervlak (zie de figuren 1, 2, 4) bestaat bij nadere beschouwing uit driehoekjes, waarvan de hoekpunten alle dezelfde meetwaarde (iso-level) hebben in het door het 3D-rooster opgespannen volume. Het is de 3D-variant van de 2D-hoogtelijnenkaart bekend uit de aardrijkskunde of een isobaar uit het weerbericht.

Volume-rendering (zie figuur 3) kan men opvatten als de 3D-variant van een 2D-beeld opgebouwd uit pixels, die gekleurd zijn overeenkomstig de pixelwaarden. De 3D-variant van een pixel heet voxel.

Deze methoden zijn zeer rekenintensief, zodat de implementatie veel slimheid vereist om ze voor praktische toepassingen te kunnen gebruiken.



Figuur 3. Volume-rendering van de pols.



Figuur 4. Iso-oppervlak van de halsslagaderen.

Het kostte de pas in gebruik genomen Onyx 3400 ruim een minuut om *figuur 3* uitgaande van een $256 \times 256 \times 160$ dataset te berekenen.

Toepassingen • Bij diverse medische specialisten begint het besef door te dringen dat ze visualisatie goed kunnen gebruiken voor diagnose, therapieplanning en training. Chirurgen kunnen er nut van hebben bij het voorbereiden van een moeilijke operatie. Een 3D-reconstructie van het te opereren 'echte' orgaan met zijn omgeving is beter dan een algemene tekening uit een medische atlas. Uit de literatuur zijn toepassingen bekend waarbij een 3D-reconstructie afgebeeld wordt met Virtual Reality-apparatuur met bijbehorende invoerapparatuur, waardoor het mogelijk is een operatie, bijvoorbeeld aan een knie, vrijwel als echt te simuleren.

Medische visualisatie bij het RC • De afgelopen jaren is het RC van tijd tot tijd betrokken geweest bij medische toepassingen, ik noem een aantal. Reeds ongeveer dertig jaar eerder liet de anatoom prof. De Wilde een bot in plakjes zagen, waarna de omtrekken van de plakjes werden gedigitaliseerd met wat toen een anti-plotter werd genoemd. Uit die omtrekken heeft mevrouw Amesz vervolgens op de plotter, die aan de Telefunken TR4 was gekoppeld, een 3D-reconstructie van het bot laten tekenen door een ALGOL 60-programma.

Door de komst van de VR-faciliteiten in 2002 met allerlei nieuwe mogelijkheden is het RC opnieuw, en in ruimere mate dan voorheen, betrokken bij medische visualisatie. Zo wil de anesthesist Bert Dercksen VR-methoden gaan gebruiken om aankomende anesthesisten het inbrengen van een slang in de luchtpijp te kunnen leren, aan de hand van een 3D-reconstructie van de luchtpijp uitgaande van CT-scans van de borstkas en het strottenhoofd. Tot nu toe wordt hiervoor een oefenpop gebruikt, maar daarmee leert men niet met uitzonderlijke vormen van het strottenhoofd om te gaan.

Als aanzet is een iso-oppervlak van de luchtpijp gemaakt met de Visualization ToolKit (VTK). *Figuur 2* toont een kijkje in de luchtpijp ter hoogte van de stembanden.

Een andere toepassing betreft de voorbereiding van een operatie in de pols, waarbij bepaalde zenuwen niet mogen worden geraakt. Hiervoor is het nodig dat de pezen in de pols, via welke men op de plaats van operatie wil komen, worden gevisualiseerd. *Figuur 3* toont een (voorlopige) visualisatie van de pols via volume rendering; de pezen zijn duidelijk zichtbaar.

Betere methoden gewenst • Bij deze projecten werd duidelijk dat de hiervoor genoemde visualisatiemethoden, die zowel in AVS als in VTK zitten, wel voldoen voor globale visualisaties. Maar voor sommige toepassingen is er meer functionaliteit nodig. Dit komt in de eerste plaats omdat de data door meetonnauwkeurigheden veel ruis bevatten.

Ernstiger is evenwel het feit dat meetwaarden vaak niet eenduidig te koppelen zijn aan één bepaald weefsel, ofwel dat de segmentatie niet eenduidig is. Zo komt het voor dat meetpunten in verschillende weefsels dezelfde meetwaarde hebben in een MRI-scan. Maakt men voor die bepaalde meetwaarde een iso-oppervlak - in feite een threshold segmentatie - dan zijn de weefsels niet goed van elkaar gescheiden.

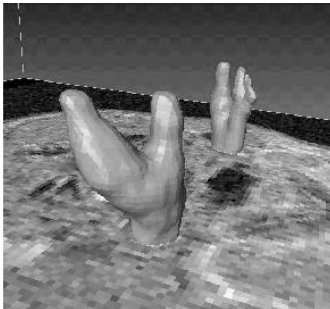
De geometrie van de halsslagader • Bij een recent onderzoek van Natasha Maurits, die werkzaam is als wiskundige bij de afdeling Neurologie van het AZG, kwam deze problematiek duidelijk aan het licht. De bedoeling van dit onderzoek is het ontstaan en de ontwikkeling van aderverkalking in de halsslagaderen te modelleren. Om de stroming van het bloed te simuleren, is een geometrisch model nodig van het oppervlak van de aderen bestaande uit driehoekjes. Tevens moet het volume van de aderen opgebouwd worden uit tetraëders voor wiskundige berekeningen.

Het is niet mogelijk om een iso-oppervlak uit MRI-data van de halsstreek te maken, waarop de aderen helemaal correct waren getekend, zie *figuur 4*. Bovendien bevat de figuur allerlei niet ter zake doende oppervlakken, die verwijderd zouden moeten worden. Daarom moest er worden omgezien naar een andere methode.

Automatisch segmentatie-onderzoek • Tegenwoordig wordt er veel onderzoek gedaan naar automatische segmentatiemethoden van medische weefsels. Deze lenen zich ook goed om aderen op te sporen in volumedata. De connected components-methode bijvoorbeeld zoekt samenhangende delen op in een 2D-beeld of in een volume. Men kan deze methode laten starten in een punt van een ader, waarna hij zich een weg zoekt door het datavolume naar samenhangende voxels. Het is een beetje te vergelijken met een houtworm die zich een weg zoekt door de zachte delen van een stuk hout. De waterscheidingmethode komt uit dezelfde onderzoeksschool.

Deze methoden hebben veel minder last van de hiervoor genoemde niet-eenduidigheid van de meetwaarden, maar door ruis kunnen ze zich nog wel eens 'vergissen' en een verkeerde weg volgen. Zoals bij elke methode, zijn objecten kleiner dan de afstand van de roosterpunten, niet te vinden. Deze oorzaken beperken de toepasbaarheid van de segmentatiemethoden: de menselijke ervaring zal van pas blijven.

Half-automatische segmentatie met Amira • De indruk bestaat dat veel van de hiervoor genoemde segmentatiemethoden momenteel nog in een research-stadium verkeren en niet zijn aangepast voor praktisch



*Figuur 5. Deel van halsslagaderen
gesegmenteerd met Amira.*

gebruik door niet-specialisten. Ze zijn bijvoorbeeld nog niet beschikbaar in vtk en avs. Daarom heb ik gezocht op het web, waar ik het visualisatie- en 3D-reconstructiepakket Amira tegen kwam dat zowel handmatige als automatische segmentatiemethoden heeft. Hiermee lukte het in korte tijd een goed geometrisch model van de halsslagaderen te maken, zie *figuur 5*.

Amira kent een soort connected components methode - daar simpelweg magic wand genoemd en met één muisklik in werking te stellen - die vanuit een bepaald punt in de ader zich een weg zoekt naar soortgelijke voxels, waarbij men een marge in de voxelwaarden kan opgeven. Daarna kan men de resultaten van de automatische segmentatie met de hand verder aanpassen op de manier van Photoshop. Uiteindelijk dient de uitvoer van Amira, in de vorm van een ader opgebouwd uit tetraëders, als invoer voor het numerieke stromingssimulatieprogramma Comflo, ontwikkeld in de onderzoeksgroep van Arthur Veldman van Wiskunde.

De verbeelding van de ruimte

20 Afbeelding van de ruimte op een plat vlak

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 oliekachel 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.

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.



Figuur 1. De Elfstedentocht van Ruurd Wiersma.



Figuur 2. Het laatste avondmaal van Leonardo Da Vinci.

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 voorbeeldenboek, 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.

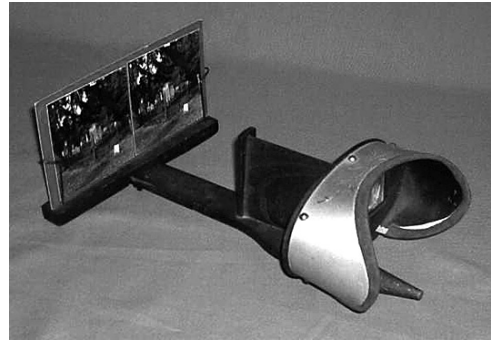
Aan het einde van de 19e eeuw raakten Europese kunstenaars in de ban van Japanse kunst, ondermeer door het 'vreemde' perspectief en het ontbreken van schaduw. Vincent van Gogh verzamelde Japanse prenten. Spoedig na Van Gogh schaften aanhangers van het Kubisme en andere-ismen uit het begin van de 20e 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?'

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 netvliezen 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.



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



Figuur 4. Stereoscoop

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 stereoscoop, 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'.

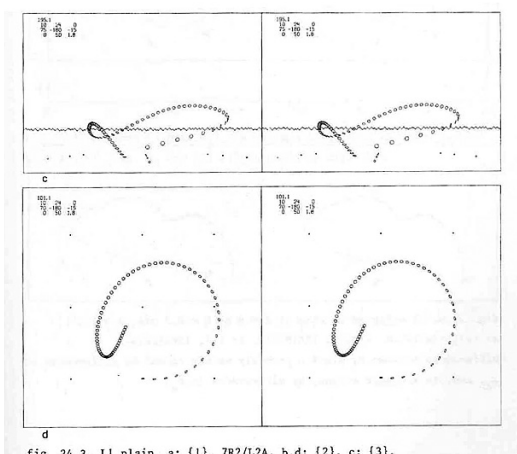
Vanaf de uitvinding van de fotografie in 1839 ontwikkelde zich ook de stereofotografie. Eerst vooral om schilderachtige landschappen en stadsgezichten in stereo te fotograferen. Tot in de twintigste eeuw kon men stereoscopen aantreffen in de huizen der welgestelden. Net zoals men later gezamenlijk vakantiedia's 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 zonder 'hulpmiddelen' als perspectief en schaduwen. Een stereoafbeelding waarvoor een roodgroene bril nodig is wordt ook *anaglyph* genoemd.



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



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

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 licht balsa hout met een kleine draaicirkel, die paste bij de Aula.

Virtual reality • Ruimtelijk realisme is altijd belangrijk geweest in *computer graphics*. Aanvankelijk paste men perspectief en schaduweffecten toe om ruimte te suggereren, maar stereobeelden zijn beter. Al deze opties zaten vanaf het begin van de jaren negentig in visualisatieprogrammatuur, 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.



Figuur 7. Vanuit een skybox in de toekomstige Euroborg.

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 beeldschermpjes met een resolutie van 240*230, waarop door een computer berekende stereobeelden voor beide ogen werden geprojecteerd.

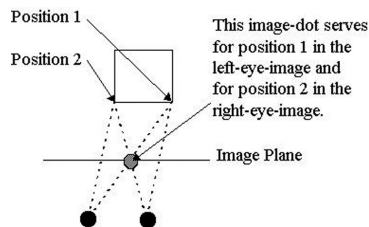
In 2002 kwamen er in de Zernikeborg VR-faciliteiten die geschikt zijn voor meerdere personen: de Reality Cube en het Reality Theatre⁷. Op de wanden van deze systemen worden in snelle afwisseling stereobeelden voor het linker en het rechteroog geprojecteerd. Met zgn. *shutter glasses* krijgen de beide ogen afwisselend de voor die ogen bestemde stereobeelden beelden aangeboden, waardoor het stereo-effect ontstaat. Aanwezig is ook een draagbaar stereodisplay-systeem dat werkt met gepolariseerd licht.

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 voorbeeld⁸.

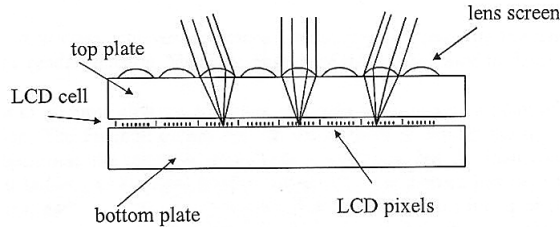
Stereo zonder bril • Bij alle tot nu toe genoemde stereotoepassingen is een 'bril' nodig om stereobeelden samen te voegen. Rond 1990 werd het zgn. auto-stereogram uitgevonden waar de beelden voor beide ogen zodanig in één figuur zijn verwerkt, dat er geen bril meer nodig is – al is enige oefening vaak 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* 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



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



Figuur 9. Doorsnee van autostereoscopisch LCD-beeldscherm.

(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 toepassingen⁹, maar er zijn veel andere toepassingsmogelijkheden.

Stereo-tv • Het zal duidelijk zijn dat ‘stereo zonder bril’ hoog op het verlanglijstje 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 al 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 trekpleisters¹⁰. Maar het zal nog wel geruime tijd duren voordat u thuis 3D-tv heeft.

1 www.ruurdwiersma.nl

2 www.broodjeaap.nl/codex.html

3 Jan Krikke over het Chinese perspectief:

jankrikke2020.medium.com/why-the-world-relies-on-a-chinese-perspective-cf3122caf67f.

4 B. Julesz, *Foundations of Cyclopean Perception*, The University of Chicago Press, 1971. Cyclopien waren wezens uit de Griekse mythologie met slechts één oog op het voorhoofd

5 horses.nl/articles/wat-ziet-een-paard/

6 F. Hess, *Boomerangs, Aerodynamics and Motion*, proefschrift Rijksuniversiteit Groningen, 1975

7 Centrum voor High Performance Computing & Visualisation, rug.nl/society-business/centre-for-information-technology/research/services/hpc/

8 rug.nl/society-business/centre-for-information-technology/research/hpcv/oplocatie

9 Real-Time Auto-Stereoscopic Visualization of 3D Medical Images, spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/3976/0000/Real-time-auto-stereoscopic-visualization-of-3D-medical-images/10.1117/12.383054.short

10 W. Matusik, H. Pfister, *3D TV: A Scalable System for Real-Time Acquisition, Transmission and Autostereoscopic Display of Dynamic Scenes*, proceedings SIGGRAPH 2004.

21 Kijken in de N-dimensionale ruimte

Net als de ‘gewone’ driedimensionale ruimte, is ook de N-dimensionale ruimte ($N > 3$) te ‘verbeelden’ in een vlak. Als illustraties dienen een nieuwe visualisatiemethode voor EEG-data en een vierdimensionale kubus.

Wie deel 1 schrijft, moet ook deel 2 schrijven. In hoofdstuk 20 behandelde ik verschillende methoden om de ‘gewone’ driedimensionale ruimte in een plat vlak af te beelden, zodat we ons die ruimte later weer kunnen ‘verbeelden’¹. Dit hoofdstuk gaat over de verbeelding van de N-dimensionale ruimte met $N > 3$.

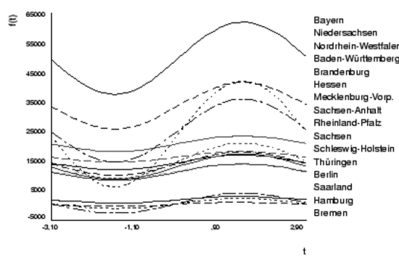
Al lang zijn mensen gefascineerd door het idee dat er meer dan drie dimensies kunnen zijn. In de fysica wordt de tijd als de vierde dimensie beschouwd. Edwin A. Abbott schreef in 1884 het boek *Flatland – A romance of many dimensions*², een soort cultboek avant la lettre, over een tweedimensionale wereld met de mogelijkheid om in de derde dimensie te reizen.

Ik beschouw hier de N-dimensionale ruimte als een gedachteconstructie. Net zoals je de tweedimensionale ruimte kunt uitbreiden tot de driedimensionale ruimte, kun je die op zijn beurt uitbreiden tot een vierdimensionale ruimte, enzovoort. Ook in de N-dimensionale ruimte is een afstand te berekenen tussen punten.

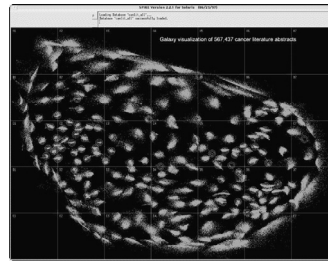
Veel verschijnselen zijn te beschrijven door een aantal (N-) variabelen die een zogenaamd *multivariaat gegeven* vormen. De N-variabelen kan men opvatten als de coördinaten van een punt in de N-dimensionale ruimte. In een hierna te geven voorbeeld worden de Duitse deelstaten beschreven door 4 variabelen: oppervlakte, bevolkingsdichtheid, werkloosheidspercentage en opkomstpercentage bij de Bondsdagverkiezing. Elke deelstaat correspondeert dus met een punt in de vierdimensionale ruimte.

Voor $N \leq 3$ kunnen we ons die ruimte voorstellen, maar voor $N > 3$ moeten we een afbeelding op het platte vlak zien te vinden. Het is nu de kunst om een zodanige afbeelding te vinden, dat we dingen over de hoogdimensionale ruimte te weten komen.

In de loop van de tijd zijn er al heel wat methoden bedacht die soms wat wonderlijk aandoen. Sommige werken niet, maar weer andere blijken erg nuttig te zijn.



Figuur 1. Andrews' plot van vier gegevens van de 16 Duitse deelstaten, let op de clustering.



Figuur 2. Sterrenwolk-visualisatie van de 567.437 artikelen over kanker.

132

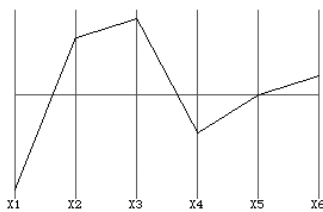
133

Looking at multivariate data • Omstreeks 1980 bestond er in de multivariate statistiek grote belangstelling voor visualisatiemethoden, er werden conferenties aan gewijd. In maart 1980 bezocht ik met Anne Boomsma (Sociologie) de conferentie 'Looking at multivariate data' in Sheffield. De eerste spreker was David Andrews. Met behulp van een wiskundige formule³ beeldde hij multivariate gegevens af op curven in een grafiek. Deze afbeelding heeft een interessante eigenschap: punten die in de N-dimensionale ruimte dicht bij elkaar liggen, corresponderen met curven die in de grafiek dicht langs elkaar lopen. Dit biedt de mogelijkheid om visueel *clustering* te ontdekken (figuur 1)⁴. Andrews' plots zijn met Excel te maken.

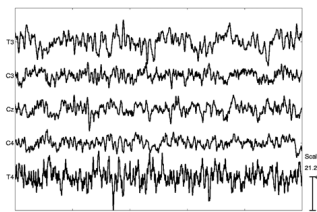
Hoofdspreker was John W. Tukey, auteur van *Exploratory Data Analysis*⁵. Niet lang na deze conferentie verminderde de belangstelling voor multivariate visualisatie. Na verloop van tijd kregen analisten van grote databases weer belangstelling, ze spraken van *data mining* en *knowledge discovery*. Ook de algemene term informatievevisualisatie deed opgang. Over dat onderwerp schreef ik eerder^{6 7 8}.

Visual Analytics • Kortgeleden werd me een foldertje toegestuurd over de workshop 'Visual Analytics' op 4 juni 2005 in Darmstadt bij het Fraunhofer Instituut. Met visual analytics wordt het samengaan bedoeld van data mining en informatievevisualisatie, om greep te krijgen op enorme hoeveelheden data. Dus: 'oude wijn in nieuwe zakken'. In het foldertje wordt het National Visualization and Analysis Center (NVAC)⁹ genoemd, dat is gehuisvest in het Pacific NorthWest National Laboratory. Daar wordt software ontwikkeld voor informatievevisualisatie, zoals de 'sterrenwolkvisualisatie' van artikelen over kanker (figuur 2). Verwante artikelen klonteren samen. Het onlangs door president George W. Bush opgerichte ministerie voor binnenlandse veiligheid (Department of Homeland Security) is de sponsor van het NVAC. In het kader van de binnenlandse veiligheid kan men immers sterrenwolkvisualisatie e.d. toepassen op de e-mails van personen, die van terrorisme zijn verdacht.

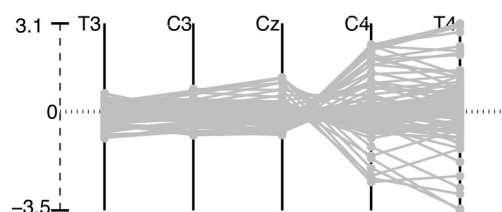
Parallele coördinaten • Ik ga nu verder met de multidimensionale visualisatie van punten volgens de methode van de parallele coördinaten, die is uitgevonden door Alfred Inselberg¹⁰ in 1981. De methode is in wezen doodsimpel. In plaats van langs onderling



Figuur 3. De afbeelding van een zesdimensionaal punt met parallelle coördinaten.



Figuur 4. De potentialen op vijf elektroden uitgezet tegen de tijd.



Figuur 5. Parallelle coördinaten representatie van de potentialen op vijf elektroden voor 100 tijdstappen.

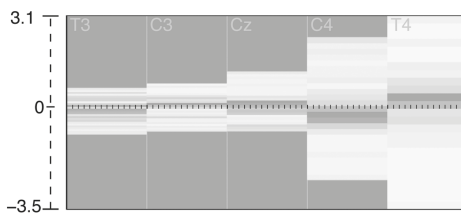
loodrechte coördinaatassen, waarvan er maar hooguit drie zijn in 3D, zet Inselberg multivariate data af langs onderling parallelle coördinaten (PC), die op gelijke afstand van elkaar liggen. Het aantal assen is onbeperkt, de onderlinge volgorde doet er niet toe. Met de PC-methode zijn punten, lijnen en vlakken af te beelden¹¹. Ik beperk me tot punten. In *figuur 3* staat de representatie van het zesdimensionale punt $(-5, 3, 4, -2, 0, 1)$.

Er zijn verschillende programma's beschikbaar om data met parallelle coördinaten te visualiseren, zoals Xmdv-Tool¹². Omdat onze geometrische intuïtie hier niet meer opgaat, moeten we nieuwe regels leren om deze methode goed te kunnen gebruiken.

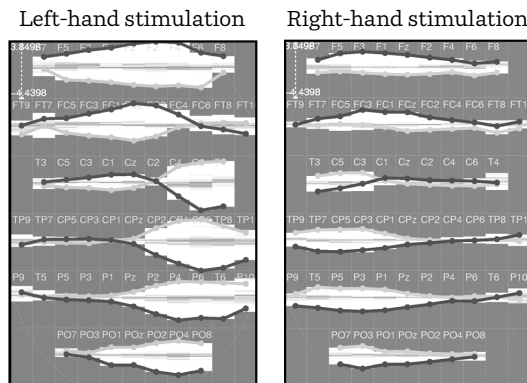
Conventionele EEG-visualisatie • Michael ten Caat, als AIO werkzaam bij Informatica en bij het Neuro-imaging Centrum van de RuG, paste de PC-methode toe op EEG (electro-encephalografische) gegevens. Tijdens een EEG-experiment wordt de elektrische activiteit van de hersenen gemeten met behulp van (maximaal 256) elektroden, die zijn aangebracht in een aantal vaste punten op de schedel. Op alle elektroden wordt *simultaan* de elektrische potentiaal gemeten met een sample frequentie van maximaal 2000 Hz. Een klinisch experiment duurt tussen de 15 en 30 minuten, terwijl sommige slaapexperimenten uren lang kunnen duren. Gedurende experimenten wordt de patiënt aan bepaalde stimuli bloot gesteld, zoals lichtflitsen of elektrische prikkels, om bepaalde hersenreacties op te wekken.

Het is gebruikelijk om de potentialen op de elektroden in een grafiek boven elkaar tegen de tijd uit te zetten. In *figuur 4* staan de gegevens van vijf elektrodes. Het moge duidelijk zijn dat het veel ervaring vereist om hier iets uit af te lezen, vooral bij veel curven. Reden genoeg dus om eens naar een andere visualisatiemethode te zoeken, die hopelijk beter is.

Tiled parallel coordinates (TPC) • Michael ten Caat bedacht samen met Natasha Maurits (UMCG) en Jos Roerdink (Informatica) de zogeheten *tiled parallel coordinates* (TPC) methode. Deze wordt toegepast op de



Figuur 6. Samenvatting in tiles van de data uit figuur 4.



Figuur 7. TPC-visualisatie van data op 58 elektroden voor responses op de elektrische prikkeling van beide polsen.

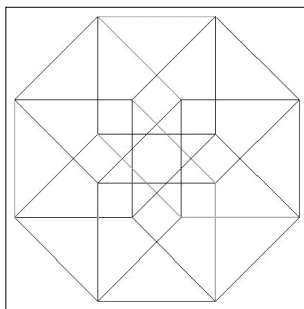
hersenenresponses op de elektrische stimulatie van de centrale zenuw in de pols, wat aanleiding geeft tot activiteit in de tegenovergestelde hersenhelft. In plaats van de conventionele manier, waarbij de potentialen op de N-elektrodes tegen de tijd worden uitgezet, worden nu *tijdens elke tijdstap de potentialen op de N-elektrodes opgevat als de coördinaten van een punt in de N-dimensionale ruimte*. Dat kan worden gevisualiseerd met N-parallelle coördinaten. Elke punt geeft aanleiding tot een lijn. Bij veel tijdstappen in dezelfde figuur krijgt men een chaos van lijnen op zoals *figuur 5* toont.

Beter is het om de ruimte om één parallelle as als een *tile* (tegel) te beschouwen behorende bij een bepaalde elektrode, waarop een *samenvatting* is getekend van de bij de tijdstappen behorende lijnen. De extrema zijn aangegeven door het zwarte deel, waarin geen lijnen lopen. Tevens wordt de dichtheid van de lijnen doormiddel van grijswaarden weergegeven. In *figuur 6* staan samenvattingen van de gegevens van vijf elektroden voor 100 tijdstippen.

De tiles worden nu zodanig gerangschikt, dat hun posities ongeveer overeenkomen met de werkelijke plaats van de elektroden op de schedel. *Figuur 7* toont 58 elektroden. Links zijn de responses op de elektrische prikkeling van de linker pols getekend en rechts responses voor prikkeling van de rechter pols. De verwachting is dat neurologische 'defecten' zichtbaar zullen worden als een asymmetrie in de weergave. Voor meer uitleg verwijz ik naar de paper die Michael ten Caat heeft gepresenteerd op het Eurographics/IEEE visualisatiesymposium in Leeds, begin juni 2005¹³.

Het zal duidelijk zijn dat met de TPC-methode veel meer elektroden en veel meer tijdstappen zijn te visualiseren dan met de conventionele methode. De TPC-methode is al aan klinische EEG-experts van het UMCG voorgelegd. Binnenkort wordt de methode geëvalueerd, waarbij hij wordt vergeleken met een bestaande methode. De TPC-methode is ook toe te passen op andere tijdsafhankelijke multivariate gegevens, bijvoorbeeld van seismisch onderzoek.

Hyperkubussen • Na de multidimensionale punten, beschouw ik tot besluit de hyperkubussen van Jonathan Bowen als een voorbeeld van de visualisatie van hoogdimensionale figuren¹⁴. Net als bij parallelle coördinaten worden de coördinaatassen in één vlak getekend, maar nu niet evenwijdig aan elkaar. We beginnen met een punt als een nuldimensionaal object. Vervolgens verplaatsen we dit punt vanuit de oorsprong



Figuur 8. Vierdimensionale kubus.

langs de X-as over een afstand L. Dan krijgen we een lijn van lengte L, een eendimensionale kubus. Daarna verplaatsen we deze lijn over een afstand L langs de Y-as en verbinden de uiteinden van de lijn, en krijgen een vierkant ofwel een tweedimensionale kubus. In het vlak is de projectie van de Z-as getekend. We verplaatsen verder de hoekpunten van het vierkant over een afstand langs de Z-as en krijgen dan een 3D-kubus. Vervolgens kiezen we een nieuwe vierde W-as in het vlak, waarlangs we de punten van de 3D-kubus over een afstand L verplaatsen. Als we alle punten met elkaar verbinden krijgen we een 4D-kubus (figuur 8). Dit proces is te herhalen voor 5D-, 6D-, ... kubussen. Voor meer details verwijs ik naar het artikel van Bowen.

Bij Chemie zijn er plannen om met een soortgelijke methode vierdimensionale NMR-spectra, die worden gebruikt voor structuurbepalingen, driedimensionaal te visualiseren in de Reality Cube van het universitair centrum voor High Performance Computing & Visualization (HPC&V)¹⁵.

- 1 Zie hoofdstuk 20, pagina 126
- 2 www.geom.uiuc.edu/~banchoff/Flatland.
- 3 De variabelen worden opgevat als de coëfficiënten van een Fourierreeks die wordt getekend van -3.14 naar +3.14.
- 4 Beispiel zum Andrews' Plot, en.wikipedia.org/wiki/Andrews_plot.
- 5 Zie 6.
- 6 J. Kraak, *Voor de dolende webspeurder - Visualisatie van documenten*, Pictogram 2001, ugp.rug.nl/pictogram/article/view/3780/3773.
- 7 J. Kraak, *Informatievisualisatie met treemaps*, Pictogram 2003. Zie hoofdstuk 11, pagina 67.
- 8 J. Kraak, *Waarom werkt informatievisualisatie zo goed?*, Pictogram 2005. Zie hoofdstuk 10, pagina 60.
- 9 NVAC, www.vacommunity.org/item1.
- 10 Home-pagina Alfred Inselberg, en.wikipedia.org/wiki/Alfred_Inselberg.
- 11 Parallel coordinates, en.wikipedia.org/wiki/Parallel_coordinates.
- 12 <http://davis.wpi.edu/~xmdv>.
- 13 M. ten Caat, N.M. Maurits, and J.B.T.M. Roerdink, *Tiled Parallel Coordinates for the Visualization of Time-Varying Multichannel EEG Data*.
- 14 J. Bowen, *Hypercubes*, 1981, www.researchgate.net/publication/280949339_Hypercube.
- 15 HPC&V, www.rug.nl/staff/departments/20025.

22 Visualisatie van documenten

136

137

Web-zoekmachines zoals Google voldoen goed wanneer de relevante trefwoorden van documenten bekend zijn. Maar ze zijn minder geschikt voor het verkennen en het krijgen van een overzicht van een onbekende collectie documenten. Daarin kan verbetering worden gebracht door de documenten te visualiseren, zodat verbanden zichtbaar worden en exploratie mogelijk wordt. Na een inleiding worden in dit artikel drie voorbeelden van document-visualisatie gegeven, met als laatste de WEBSOM-methode gebaseerd op een tweedimensionaal neurale netwerk waarmee reeds 7.000.000 documenten tegelijk kunnen worden gevisualiseerd.

Een bijzondere winkel • In Leeuwarden bevond zich aan de Westerplantage de bijzondere winkel van de firma Auke Rauwerda, gevestigd in een aantal naast elkaar gelegen panden. Daardoor verwacht je bij binnenkomst in een grote ruimte terecht te komen en niet in een kleine, tamelijk donkere, ruimte met een smalle toonbank, waarachter enkele vriendelijke mannen staan, tegen wie je zegt wat je wilt hebben.

Nadat je dat hebt gedaan, snelt een van de mannen weg naar de magazijnen om het verlangde voor je op te halen. Vaak duurt het even, want de magazijnen hebben een enorme omvang. Zonder dat het van buiten opvalt, beslaan ze heel wat huizenblokken van Leeuwarden. Duidelijk is dat ze niet vaak 'nee' hoeven te verkopen, al krijg je de inhoud van de magazijnen niet te zien. Ze hebben een vaste klantenkring van mensen die precies weten wat ze willen hebben en ook een overzicht in hun hoofd hebben van wat ze bij Rauwerda verkopen. Funshoppers, die zonder een vooropgezet doel een winkel binnen komen en wat rondsnuffelen, zal je er niet aantreffen, want daar leent de winkel zich niet voor.

Deze bijzondere winkel is enige jaren geleden tentoongesteld geweest in het Fries Museum in Leeuwarden.

Zoekmachines ontoereikend • Waarom zoveel aandacht voor een winkel, die in zeker opzicht niet meer van deze tijd is, zult u zich afvragen? Wel, om duidelijk te maken dat een veel gebruikt hulpmiddel op internet eigenlijk ook niet meer van deze tijd is, aangezien dat ongeveer net zo te werk gaat als het bedienend personeel in de winkel van Rauwerda.

Ik bedoel de zoekmachines op internet zoals Google waar, dat moet worden toegegeven, een fantastische technologie achter schuilt. Maar evenals bij Rauwerda, moet je je wensen in de vorm van een aantal trefwoorden formuleren in een loketje, zonder enig zicht op de informatie op het web en de wijze waarop er wordt gezocht.



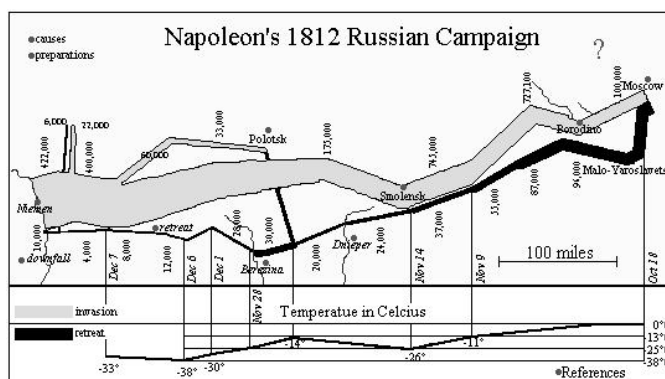
Huidige web-zoekmachines vertonen gelijkenis met de manier waarop je geholpen wordt in de winkel van Auke Rauwerda in Leeuwarden.

Formuleer je je zoekopdracht verkeerd, dan krijg je niets of - wat erger is - een lijst die zó groot is, dat je er in verzuipt. Dan is men bij de firma Rauwerda heel wat gebruikersvriendelijker: daar zeggen ze tenminste meteen wanneer ze iets niet hebben en komen ze niet terug met 'vrachtwagens' vol artikelen als je je vraag verkeerd hebt geformuleerd, maar ze helpen je om je vraag beter te formuleren.

Visueel overzicht gewenst • Met een webzoekmachine zou je, als aanvulling op het zoeken op trefwoorden, eigenlijk ook de mogelijkheid willen hebben om een overzicht te krijgen over alle web-documenten betreffende een bepaald onderwerp. Zo'n overzicht zou de vorm kunnen hebben van de inhoudsopgave van een boek, maar een grafische voorstelling, ofwel een visualisatie, van de inhoud van tekstdocumenten is veel beter. Want ons menselijke visuele systeem is bij uitstek het instrument om verbanden in grote hoeveelheden gevisualiseerde data te ontdekken. Het is nu de kunst om de documenten zodanig te visualiseren, dat ons oog er onmiddellijk verbanden, uitzonderingen etc. in ziet.

Geslaagde visualisaties • Er zijn op allerlei terreinen al heel wat geslaagde visualisaties gemaakt van grote hoeveelheden data, die in één oogopslag iets duidelijk maken. Velen noemen de grafiek van de veldtocht van Napoleon naar Rusland in 1812 door de Franse cartograaf Minard de beste visualisatie aller tijden, die al eerder in C.2 aan de orde kwam.

Omdat visualisatie zijn nut heeft bewezen, ligt het voor de hand dit krachtige middel ook toe te passen op document-visualisatie en op het



De veldtocht van Napoleon naar Rusland in 1812



Krista Lagus
schreef een
waardevol
proefschrift over
text mining

verkennen van internet. Om grote hoeveelheden data te exploreren en om verbanden erin te vinden zonder dat er vooraf een model aanwezig is.

Document-visualisatie • Als onderdeel van information visualization, een nieuwe visualisatie-toepassing naast bestaande zoals scientific visualization en het tekenen van XY-grafieken, wordt er sinds enige tijd onderzoek gedaan naar de visualisatie van grote hoeveelheden documenten: in het ideale geval honderden miljoenen webdocumenten.

Daarbij moet het niet-visuele worden omgezet in het visuele. De termen die daarbij worden gebruikt zijn visual data mining, text visualization, text data mining, text mining, visual text analysis, document visualization, webbased information visualization, document classification etc.

Na lang zoeken op het web met Google ontdekte ik het boeiende proefschrift van Krista Lagus, getiteld *Text Mining with WEBSOM* (2000) dat ik kan aanbevelen. Ook het boek *Information Visualization* van Robert Spence (2001), en dan vooral het laatste hoofdstuk *Document Visualization*, is de moeite waard om te lezen.

Als een introductie tot het nieuwe gebied van tekstvisualisatie behandel ik hierna in het kort een drietal technieken, met als laatste WEBSOM.

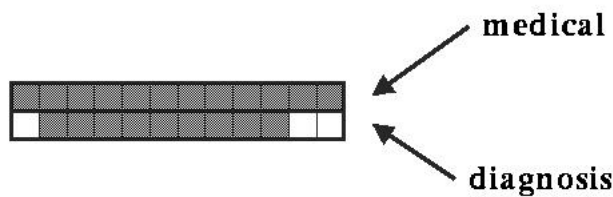
Verdeling van trefwoorden • Met TileBars, van Marti A. Hearst van de Universiteit van Californie, Berkeley (1995, 1999), kan de verdeling van trefwoorden in documenten, die bijvoorbeeld zijn gevonden met een zoekmachine, worden gevisualiseerd.

Stel, je hebt documenten op de twee trefwoorden 'medical' en 'diagnosis' gezocht, en je bent geïnteresseerd in het verband tussen beide begrippen. Elk document wordt dan door twee liggende staven afgebeeld.

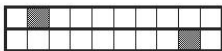
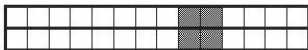
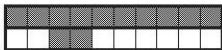
De staven zijn onderverdeeld in 'tegels' overeenkomend met tekstsegmenten, zoals paragrafen of alinea's. De grijswaarde van elke tegel is evenredig met het aantal malen dat het trefwoord daarin voorkomt. In een witte tegel komt het trefwoord dus niet voor.

Door nu de TileBars voor een aantal documenten onder elkaar te tekenen, ziet u vrijwel in één oogopslag de verdeling van trefwoorden over de documenten. De staaflengte is tevens evenredig met de documentlengte.

"medical & diagnosis"



Visualisatie d.m.v. een TileBar



TileBars voor vier documenten

Uit de hiernaast staande visualisatie van vier documenten ziet u dat alleen in het bovenste document in vrijwel alle segmenten beide trefwoorden voorkomen, zodat het aannemelijk is dat het document over het verband tussen beide trefwoorden gaat. De documenten 2 en 3 kennen slechts twee gemeenschappelijk segmenten, en het laatste geen één.

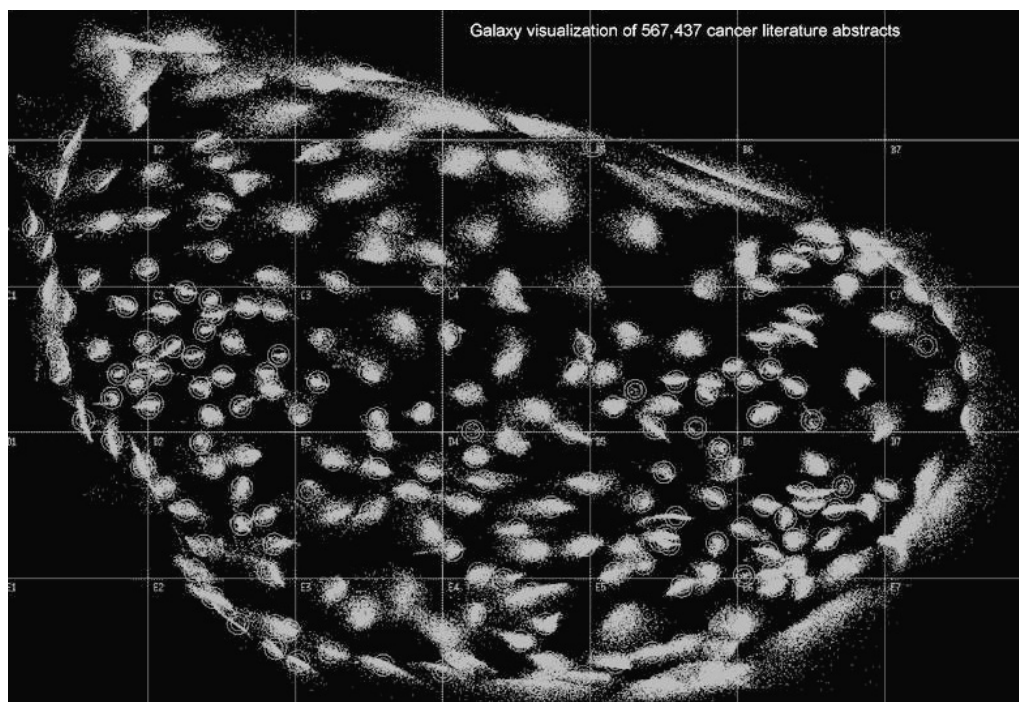
Zakken vol woorden • Bij de TileBars moeten de trefwoorden bekend zijn. Tevens is het aantal te visualiseren documenten beperkt, vanwege de ruimte die ze op een beeldscherm innemen. Als u een nieuw terrein van onderzoek betreedt, kent u de inhoud van de documenten, waaronder relevante trefwoorden, nog onvoldoende. Dan wilt u graag, dat elk document automatisch door een aantal parameters wordt samengevat.

Aan de hand van dergelijke parameters moet dan een visualisatie van het geheel van documenten worden gemaakt, daarbij dient er plaats te zijn voor een groot aantal documenten. Bij voorkeur moeten de documentparameters getallen zijn want daarvoor zijn er reeds allerlei visualisatietechnieken bekend.

Het zal duidelijk zijn dat het vinden van een getalsmatige representatie van documenten geen gemakkelijke opgave is. Alleen bij de verzameling woorden voor kleuren is dat exact te doen. U vertaalt dan namelijk elke kleur in de bijbehorende waarden voor de componenten rood, groen en blauw: rood = (1,0,0) en wit = (1,1,1) etc.

Als eerste benadering vat men bij veel tekstvisualisatiemethoden een document op als een 'zak vol woorden'. Van elk woord telt men de frequentie. Men zondert daarbij 'vulwoorden' als 'en', 'dus' etc. uit. Ook worden URL's, images etc. niet meegenomen tijdens het tellen. Zo'n woordfrequentietelling levert per document meestal een groot aantal getallen (N) op: in de orde van 1000 of nog veel meer.

Hoog-dimensionale bloem platdrukken • Per document worden de woordfrequenties opgevat als een punt in een N-dimensionale ruimte, met per dimensie één woord. Alle documenten voor een bepaald onderzoek te samen vormen dan een puntenwolk in een hoog-dimensionale ruimte, die



Sterrenwolk-visualisatie van de samenvattingen van 56.7439 artikelen over kanker

niet zonder meer gevisualiseerd kan worden. Dat kan alleen voor hooguit drie dimensies, want meer dimensies hebben we in de gewone wereld niet.

De verschillende document-visualisatiemethoden onderscheiden zich in de wijze waarop de hoog-dimensionale wolk op het tweedimensionale (2D) vlak wordt geprojecteerd, waarbij zo weinig mogelijk karakteristieke eigenschappen verloren mogen gaan. U heeft vast wel eens een bloem tussen de bladzijden van een boek gelegd om te drogen. Daarbij verschoof en plooiden u de onderdelen van de bloem zodanig dat bij het platdrukken de bloem goed herkenbaar bleef. In feite is dit een projectie van 3D naar 2D, bij document-visualisatie gaat het evenwel om het platdrukken van een hoog-dimensionale bloem.

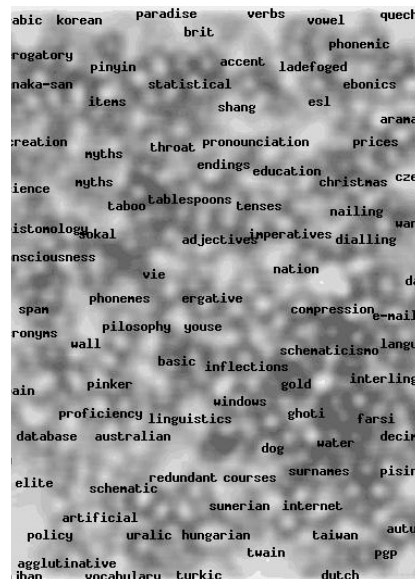
Projectie op 3D kan desgewenst gebeuren in onze toekomstige CAVE, maar die beschouwen we hier niet.

Sterrenwolken • Bij de Galaxies-visualisatie worden cluster- en principale componenten-analyse toegepast. Het resultaat is een wolk van punten die doet denken aan de nachtelijke sterrenhemel, waarin we als mens gewend zijn om daar patronen in te herkennen. Verwante documenten klonteren samen, terwijl niet-verwante documenten ver uit elkaar liggen.

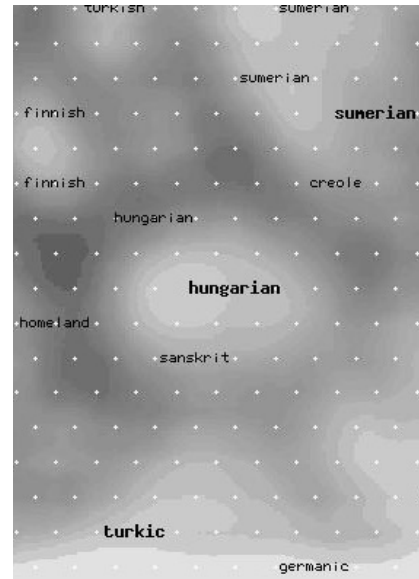
Met Galaxies kan men verder de groepsstructuur van de documenten onderzoeken, de inhoud van afzonderlijke documenten opvragen en - wat belangrijk is - trends in de tijd opsporen. Zo heeft u snel door welk type onderzoek tot niets heeft geleid.

Galaxies is één van de vele hulpmiddelen ontwikkeld door het Pacific Northwest National Laboratory voor visuele tekstanalyse onder de naam SPIRE: Spatial Paradigm for Information Retrieval and Exploration.

De verbeelding van de ruimte



Kohonen-map van 32.617 artikelen van de newsgroup sci.lang



Ingezoomd op hungarian

Behalve de sterrenhemel, passen de SPIRE-hulpmiddelen nog andere metaforen toe zoals:

- het reliëf van een natuurlijk terrein, belangrijke thema's zijn door heuvels weergegeven (ThemeView)
- het licht van sterren (Starlight) - regenbogen voor de weergave en de exploratie van verbanden (Rainbows)
- rivieren om het tijdsverloop van patronen, trends, relaties in grote collecties documenten etc. weer te geven (ThemeRiver).

Het in ontwikkeling zijnde WebTheme past SPIRE toe op webvisualisatie.

som/Kohonen maps • Hierbij wordt het Self-Organizing Map (som) algoritme uit de theorie van de neurale netwerken toegepast om de hoogdimensionale puntenwolk in het tweedimensionale vlak te projecteren, en wel zodanig dat verwante documenten dicht bij elkaar te komen liggen.

Het som- of Kohonen-algoritme, genoemd naar zijn uitvinder Kohonen, is een van de meest gebruikte neurale netwerk algoritmen. Het wordt gebruikt c.q. gerefereerd in meer dan 4000 wetenschappelijke artikelen. Het algoritme staat onder meer beschreven in het reeds genoemde proefschrift van Krista Lagus, werkzaam op het door Teuvo Kohonen opgerichte Neural Network Research Centre van de Technische Universiteit van Helsinki.

Newsgroup sci.lang gevisualiseerd • Lagus geeft een aantal voorbeelden van WEBSOM, zoals de webtoepassing van som worden genoemd. Hier tonen we de visualisatiekaart van de 32.617 artikelen van newsgroup sci.lang over aspecten van talen, overgenomen van de WEBSOM-website.

De grijswaarde geeft de dichtheid van documenten aan: des te lichter de kleur des te meer documenten. In de kaart staan trefwoorden voor de artikelen, op de website zijn ze nader verklaard.

Door 'hungarian', midden onderin de kaart aan te klikken, wordt op een deel van de omgeving van dat punt ingezoomd waarin door middel van witte punten de neuronen staan aangegeven. Door hier weer te klikken krijgt u een artikel uit de newsgroup in het echt te zien.

Op de WEBSOM-website staan nog drie andere SOM-visualisaties, waaronder één van 1.000.000 artikelen uit 80 verschillende newsgroups.

Parallele implementatie • Door Krista Lagus en haar collega's is uitgebreid met WEBSOM geëxperimenteerd. De methode werkt nu reeds voor 7.000.000 documenten. Verder is WEBSOM, geïmplementeerd op een parallelle computer waarbij de units (neuronen) van het tweedimensionale netwerk worden verdeeld over de processoren, goed schaalbaar.

In een iteratief (leer-)proces worden de modelvectoren voor de woordfrequentievectoren in de units door middel van plaatsafhankelijke weging zodanig aangepast, dat een ruimtelijk patroon ontstaat dat een afspiegeling vormt van de hoogdimensionale puntenwolk. Aan het ruimtelijke patroon kunnen automatisch labels worden toegekend.

Aan de Technische Universiteit van Wenen wordt soortgelijk onderzoek gedaan, met als toepassing onder meer de classificatie van elektronische bibliotheken.

De heilige graal • Behalve voor de visualisatie van documenten, wordt het Kohonen-algoritme ook toegepast voor de visualisatie, de classificatie, het vinden van uitzonderingen etc. van vele andere hoog-dimensionale dataverzamelingen. Denk bijvoorbeeld aan data mining.

Omdat de natuur zich zijn geheimen niet zomaar laat ontfutselen, zijn de toepassingen van het Kohonen-algoritme niet altijd zonder problemen uit te voeren. Het aantal berekeningen en iteraties is voor echte problemen erg hoog, waardoor een high performance computer dikwijls gewenst is.

Verder liggen verwante documenten of andere hoog-dimensionale data vaak niet in aaneengesloten maar in verspreide gebieden. Dit neemt echter niet weg, dat WEBSOM en soortgelijke visualisatiemethoden naar mijn overtuiging essentiële hulpmiddelen zullen worden bij het speuren op het web naast de woordgeoriënteerde zoekmachines. Dit schreef ik in 2001.

Ik heb het weleens over de heilige graal van informatievevisualisatie, waarmee ik het zoeken naar een algemene visualisatiemethode bedoel - die waarschijnlijk niet te vinden is. Ik herinner me dat ik indertijd met de WEBSOM-methode heb geëxperimenteerd, maar dat er geen convergentie optrad. Er ontbreken mij nu in 2019 de computermiddelen om daarmee verder te zoeken. Om na te gaan in hoeverre WEBSOM De Heilige Graal benadert, kan ik daarom niet controleren. Ik laat het probleem graag over aan jongere onderzoekers.

Verplaatsing Rauwerda • Per 1 januari 2018 is de unieke winkel van Rauwerda in het centrum van Leeuwarden gesloten en verplaatst naar de Celsiusweg buiten het centrum. Bij het afscheid verscheen bij uitgeverij Bruna het boek Auke Rauwerda – afscheid van de binnenstad, verluchtigd door vele foto's van de oude winkel.

**‘Grote sommen’
berekenen en
visualiseren**

23 Seymour Cray, de vader van supercomputing

In 2003 kreeg de rug een nieuwe supercomputer: de Cray sv1e, die was opgesteld in de Zernikeborg. Deze computer was speciaal bestemd voor onderzoekers die grootschalig rekenwerk willen uitvoeren dat niet op een geavanceerde pc uitgevoerd kan worden, ook al zou je die pc jaren lang door laten rekenen.

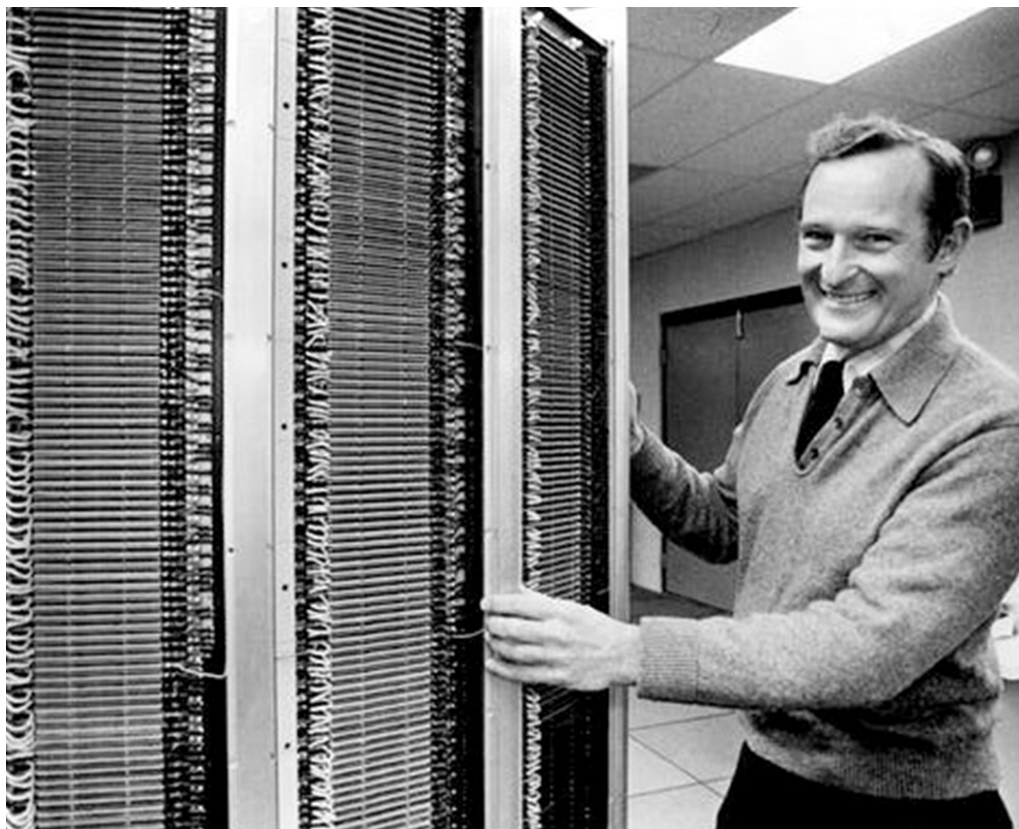
De fascinerende wereld van high performance computing (2003) •

De Cray sv1e was de opvolger van de Cray G932: één uit een opeenvolging van steeds snellere centrale computers van de rug. De Cray sv1e is een shared memory (grootte 32 Gbytes) machine met 32 processoren met een topsnelheid van totaal 64 Gflops/s. Globaal gezien is de capaciteit van de SV1e ongeveer 10 maal groter dan die van zijn voorganger.

Ingewijden in de superlatieve wereld van high performance computing, waarin woorden als giga (G), tera (T) en peta (P) worden gebruikt om de enorme capaciteiten aan te geven, zullen deze termen veel zeggen. Maar voor de meeste lezers zullen ze waarschijnlijk weinig inhoud hebben. Daarom zal ik hier wat vertellen over de fascinerende wereld van high performance computing en over bepaalde problemen die daar worden uitgerekend. Voor nadere informatie heb ik enkele specialisten opgezocht die mij het een en ander hebben laten zien en verteld.

Seymour Cray, de vader van supercomputing • Eerst bekeek ik de nieuwe Cray samen met mijn collega Doeko Homan, die veel ervaring heeft in de programmering en het beheer van grote computers. Veel is er niet te zien aan de twee manshoge zwarte kasten met golvende frontpanelen. Op één van de kasten is een glimmende plaat aangebracht met als frivool element een witte verzonken knop, die aan een navel doet denken. Met deze knop kun je de machine in noodgevallen uitzetten.

Doeko herinnerde me eraan hoe ik eens, door het verplaatsen van een pallet in de rekenhal, per ongeluk de onbeschermden noodknop aanraakte. Het gevolg was dat de spanning in de hele rekenhal uitviel. Dat is nu niet meer mogelijk. Maar dit terzijde. We kregen het over de legendarische Seymour Cray (1925-1996) naar wie de Cray is genoemd en die wel de 'vader van supercomputing' wordt genoemd. Cray was een zeer gedreven en



Seymour Cray met zijn C-vormige Cray-1 met 'love seat'

eigenzinnig man, die met het ontwerpen van computers begon in een tijd dat je nog niet uit wat kant-en-klare onderdelen en een moederbord je eigen computer kon bouwen. Cray heeft zich altijd diepgaand wetenschappelijk georiënteerd om zijn revolutionaire ontwerpen te kunnen doen die stevast weer de rekensnelheid een aanzienlijk stap vooruit brachten. Maar ideeën alleen zijn niet voldoende: hij had ook de overredingskracht en het doorzettingsvermogen om zijn ontwerpen uitgevoerd te krijgen.

Cray was het prototype van iemand die risico durfde te nemen. Daarvoor omringde hij zich het liefst met jonge mensen *because they have a lot of enthusiasm and most basically they don't know it can't be done yet*. Ik haal dit aan uit een boeiend interview met Cray, te vinden op internet.

Cray vond het uiterlijk van computers belangrijk, want computers hebben immers een bepaalde gevoelswaarde. Voor dat uiterlijk had hij graag 5% van de totaalkosten over. Hij noemde zijn computers altijd naar zichzelf, zijn eerste computer rond 1970 heette de Cray-1. De plattegrond van de Cray-1 had de vorm van de eerste letter van zijn naam: de C. Volgens Cray was dat zo gekozen om de bedrading zo kort mogelijk te laten zijn, maar ik verdenk hem er een beetje van dat hij ook in de vorm zijn naam heeft willen verwerken.

Om de C-vormige opbouw was het indertijd beroemde bankje aangebracht dat de duurste love seat ter wereld werd genoemd. Wat de prijs van Cray-computers betreft: lang beweerde Cray dat zijn computers, hoe snel ze ook waren, altijd \$7.000.000 kostten. Dat geldt al lang niet meer.

De ‘sommen’ van Arthur Veldman • Om enig gevoel te krijgen voor de complexiteit van de problemen die met supercomputers als de Cray worden opgelost, sprak ik kort met Arthur Veldman, als hoogleraar verbonden aan het Instituut voor Wiskunde en Informatica van de rug. Vanwege mijn visualisatiewerk ken ik Veldman en zijn enthousiaste groep studenten en medewerkers al lang. Grappig vind ik altijd dat ze het hebben over 'sommen', als ze het over hun enorme berekeningen hebben. Desgevraagd vertelde Veldman me dat het gebruik van het woord 'som' afkomstig is van het Nationaal Lucht- en Ruimtevaartlaboratorium (NLR), waar hij lang heeft gewerkt. Bij het NLR gebruikt iedereen het woord, ook de directeur als hij een belangrijke opdracht moet binnenhalen.

De Titanic in de CAVE • Theresa Helmholt, een promovendus van Veldman, heeft als som voor haar proefschrift opgekregen de simulatie van een schip, de Titanic genoemd, in een wilde zee. In Theresa's huidige model staat het schip nog vast, maar uiteindelijk moet het schip ook nog mee gaan deinen op de golven. Veel sommen uit de groep van Veldman lenen zich goed voor visualisatie getuige zijn fraaie collectie visualisaties op internet.

In 2003 was ik bezig om de Titanic in de CAVE, de nieuwe Virtual Reality-installatie in de Zernikeborg, te visualiseren - inclusief de beweging van de golven. Ik stelde me voor dat je al lopende op het voordek de golven op je af ziet komen. Ik hoop dat deze CAVE-animatie het nodige wetenschappelijk inzicht oplevert. Als dat tegenvalt, is het in ieder geval nuttig voor pr-doeleinden.

Navier-Stokes vergelijking (NSV) • Veldmans groep doet onderzoek naar turbulentie in stromingen rond objecten, zoals vliegtuigen of vaartuigen. Dit soort onderzoek is toepasbaar op elk object in een stroming, zoals een zwemmer, een schaatser, een haai of een golfbal. Turbulentie is een verschijnsel dat al heel wat wetenschappers heeft gefascineerd. Leonardo da Vinci maakte vijf eeuwen geleden reeds een tekening van een turbulente stroming.

In het begin van de 19e eeuw is de Navier-Stokes vergelijking (NSV) opgesteld. Dit is een zgn. partiële differentiaalvergelijking die, samen met de wet van behoud van massa, $\text{div } u = 0$, een stroming inclusief wervelingen rond een object beschrijft.

Hierin is u de snelheid van de lucht in een klein volume-element met druk p ; t staat voor de tijd. In het zgn. Reynoldsgetal Re , dat de stroming karakteriseert, zijn de afmetingen van het object, de dichtheid van het stromende medium en de viskeuze krachten verwerkt.

Om de stroming rond een voorwerp te berekenen, moeten we bovenstaande vergelijking oplossen voor alle volume-elementjes in een voldoende groot gebied rondom het omstroomde voorwerp. Als voorbeeld nemen we de stroming rond een golfbal, waarvan bekend is dat de snelheid toeneemt als er kleine putjes in het oppervlak worden aangebracht. Deze putjes hebben een gunstig effect op het ontstaan van wervelingen.

$$\frac{\partial u}{\partial t} + (u \cdot \text{grad})u = -\text{grad } p + \frac{1}{Re} \text{div grad } u$$

Navier-Stokes vergelijking

Schatting van rekentijd • Stel dat we het totale volume rond de golfbal in elk van de drie ruimtelijke dimensies in 1000 stappen opdelen - minder stappen kan wel, maar dat geeft een onnauwkeurig eindresultaat - dan moet de nsv voor $1000 \cdot 1000 \cdot 1000$ (109) volumedeeltjes worden uitgerekend voor de drie componenten van de snelheid alsmede de druk. Bij deze berekening zijn dus $4 \cdot 109$ variabelen betrokken.

Eenmalig uitrekenen is niet voldoende, aangezien de nsv slechts betrekking heeft op het verschil tussen de variabelen op twee opeenvolgende tijdstappen. Daarom moet men de berekeningen, uitgaande van een bepaalde begintoestand, net zo vaak herhalen, tot een min of meer stabiele toestand ontstaat. Dit kan oplopen tot meer dan 105 tijdstappen.

Volgens het interessante artikel *Turbulentie, golfballetjes en discrete afgeleiden* van Veldman en Verstappen (Nieuw Archief van de Wiskunde 5/2 nr. 4 december 2001), zijn in totaal 1017 flops (= floating point operations) nodig voor het volledige doorrekenen van de golfbal. Daarin is verwerkt de ongeveer 103 flops die het momenteel kost om per volumedeeltje de Poisson-vergelijking op te lossen. Het zal nog veel wiskundige inspanning kosten om deze 1000 flops te verlagen naar bijv. 200.

Als we er van uitgaan dat de theoretische topsnelheid van 64 Gf/sec (= $64 \cdot 109$ flops/sec) van onze nieuwe Cray sv1e inderdaad gehaald wordt, dan zou deze berekening in totaal 500 uur, dus ongeveer een maand, in beslag nemen. Dat is net op de grens van het haalbare met de Cray sv1e, want er zijn natuurlijk ook meer gebruikers die er op willen rekenen. De Titanic zal ook met de Cray sv1e worden berekend.

Om over deze grote getallen te spreken gebruikt men bepaalde termen. G=giga betekent 109; T=tera=1012; P=peta=1015. Voor wetenschappelijke achtergronden en voor de benaderingen die men toepast als men te weinig reken capaciteit heeft met bestaande computers, verwijs ik naar voornoemd artikel.

Bioinformatica • Er zijn nog veel meer problemen die alleen maar met supercomputers kunnen worden opgelost. Ik noem bijv. het onderzoek bij enkele FWN-onderzoeksgroepen, waarin al tientallen jaren grootschalig rekenwerk wordt gedaan. Bioinformatica is een nieuwe klant voor supercomputers. Daarbij doet men genetisch onderzoek, toepasbaar bijvoorbeeld op het ontwerp van nieuwe medicijnen. Heel basaal gezien komen de berekeningen bij genetisch onderzoek neer op het zoeken naar bepaalde patronen, bijv. corresponderende met een genetische afwijking, in een zeer groot DNA-molecuul, bestaande uit ongeveer $3 \cdot 109$ onderdelen. Dit is enigszins vergelijkbaar met het zoeken van een bepaalde tekst in een zeer lang document. Het programma BLAST wordt daarvoor gebruikt. Voor eenvoudige zoekopdrachten voldoet BLAST op een pc goed,

maar voor de echt interessante vraagstellingen is er veel en veel meer rekenkracht vereist.

Zonder op details in te gaan, vermeld ik ook nog dat de Cray sv1e een bepaalde hardware-functie heeft voor bit matrixvermenigvuldigingen (BMM) die uitermate geschikt is voor de zoekproblemen bij genetisch onderzoek. Vergelijkbaar met een integer representatie is een bepaalde berekening met BMM ongeveer 1000 maal zo snel.

Cray sv1e met shared memory • Hoe kunnen we supercomputers, tegenwoordig samengesteld uit een aantal afzonderlijke rekeneenheden (processoren), die enorme grote aantallen berekeningen laten uitvoeren? In de eerste plaats door een 'som' te splitsen in delen die gelijktijdig, ofwel parallel, door de processoren worden berekend. Later worden de antwoorden samengevoegd. Je kunt bijvoorbeeld de voorgaande stromingsberekening van het gehele volume opsplitsen in deelsommen voor deelvolumes.

Omdat de stromingen in de deelvolumes evenwel niet los van elkaar staan, maar een intensief onderling verband vertonen, moeten steeds gegevens worden uitgewisseld tussen processoren. Dat is niet nodig indien de afzonderlijke processoren voor de deelvolumes de beschikking kunnen hebben over elkaars data. Dit wordt technisch bereikt door de afzonderlijke processoren een gemeenschappelijk geheugen te geven, een zgn. shared memory. Het al of niet hebben van een shared memory onderscheidt de twee voornaamste soorten supercomputers tegenwoordig.

Het moge duidelijk zijn dat professor Veldman een sterke voorkeur heeft voor supercomputers met een shared memory, waarvan de Cray sv1e er één is. Bepaalde problemen in de bioinformatica lenen zich ook goed voor dit type computers.

Clusters met distributed memory • De laatste jaren zijn parallelle computers, niet met shared memory maar met distributed memory, sterk in opkomst vanwege de betrekkelijk lage prijs. Men kan ze in principe zelf maken door een groot aantal in de winkel verkrijgbare pc's (nodes) met een eigen geheugen via het net of via glasvezelkabels aan elkaar te knopen tot een zgn. cluster.

Zoals reeds gezegd, lenen stromingsproblemen zich slecht voor clusters omdat de uitwisseling van de data te tijdrovend is. Andere typen algoritmen, zoals bijvoorbeeld bij scheikundige problemen, zijn wel goed met een cluster op te lossen. Inmiddels zijn de volgende twee, algemeen te gebruiken, clusters in het RC aanwezig:

- een 22 node Linux Alpha-cluster met een topsnelheid van 22 Gflops/s, geassembleerd en geïnstalleerd door Kees Visser.
- een 132 node Linux-cluster van 250 Gflops/s (in 2003 vergroot tot 500 Gflops/s)

24 Grand challenges: de virtuele Titanic

150

151

De afbeelding van de Titanic in een golvende zee in de Virtual Reality (vr)-installatie van de Zernikeborg is een fraai voorbeeld van de visualisatie van het dynamisch gedrag van stromingen van vloeistoffen en gassen.

Het begrijpen van dergelijke verschijnselen vormt de grote uitdaging voor Arthur Veldman en zijn onderzoeksgroep op het Instituut voor Wiskunde en Informatica van de Rijksuniversiteit Groningen. Deze vr-toepassing, gemaakt door Michael ten Caat als afstudeeronderwerp, is een eerste stap op een lange weg, nadat voor een eerdere poging onvoldoende grafische capaciteit beschikbaar was.

Grand challenges • De honderden miljoenen computers op deze aarde werken voor het merendeel ver beneden hun capaciteit. Maar er zijn ook computers die constant op topcapaciteit werken, om de grote geheimen van de natuur te ontsluiten. Ik heb het nu over computers die ingezet worden voor projecten die de Amerikanen zo mooi *grand challenges* noemen. De hiervoor vereiste computersimulaties van de bestudeerde processen produceren meestal enorme hoeveelheden gegevens. Vaak kunnen ze pas na visualisatie goed worden geïnterpreteerd.

Voor dit soort onderzoek zijn steeds krachtiger computers nodig, met steeds meer geheugen en meer diskruimte. Verder moeten visualisatiesystemen steeds meer grafische performance krijgen.

Dikwijls zijn onderzoekers hun hele wetenschappelijke leven bezig aan één en hetzelfde project. Aan het einde van hun carrière zeggen ze soms in bescheidenheid, dat ze een klein steentje hebben bijgedragen aan de oplossing.

Navier-Stokes vergelijking • Aan een grand challenge-project ligt dikwijls één formule ten grondslag die een natuurlijk fenomeen beschrijft. De figuur bovenaan pagina 152 toont de belangrijkste formules van zulke projecten, de zogenaamde grand challenge equations. Links onderaan staat de Navier-Stokes vergelijking (nsv) die aan de basis staat van het onderzoek in de groep van Arthur Veldman, als hoogleraar verbonden aan het Instituut voor Wiskunde en Informatica van de rug. Veldman en zijn groep onderzoeken turbulenties in stromingen van vloeistoffen en gassen rond objecten zoals vliegtuigen, vaartuigen, schaatseren en golfballen.

In een eerder artikel ¹ besteedde ik reeds aandacht aan de ‘sommen’ van Veldman en aan de nsv. Daarin legde ik uit dat de berekening van de stroming rond een golfbal om te begrijpen waarom het aanbrengen van kleine putjes in het oppervlak de snelheid doet toenemen, een maand in beslag neemt bij de Cray sv1e van de rug. Toen ik Veldman het

THE GRAND CHALLENGE EQUATIONS

$$B_i A_i = E_i A_i + \rho_i \sum_j B_j A_j F_{ji} \quad \nabla \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad \vec{F} = m \vec{a} + \frac{d\vec{m}}{dt} \vec{v}$$

$$dU = \left(\frac{\partial U}{\partial S} \right)_V dS + \left(\frac{\partial U}{\partial V} \right)_S dV \quad \nabla \cdot \vec{D} = \rho \quad Z = \sum_j g_j e^{-E_j/kT}$$

$$F_j = \sum_{k=0}^{N-1} f_k e^{2\pi i j k / N} \quad \nabla^2 u = \frac{\partial u}{\partial t} \quad \nabla \times \vec{H} = \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} + \vec{J} \quad P(t) = \frac{\sum_i W_i B_i(t) P_i}{\sum_i W_i B_i(t)}$$

$$P_{n+1} = r p_n (1 - p_n) \quad \nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad -\frac{\hbar^2}{8\pi^2 m} \nabla^2 \Psi(r, t) + V \Psi(r, t) = -\frac{\hbar}{2\pi i} \frac{\partial \Psi(r, t)}{\partial t} \quad -\nabla^2 u + \lambda u = f$$

$$\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + (\vec{u} \cdot \nabla) \vec{u} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \gamma \nabla^2 \vec{u} + \frac{1}{\rho} \vec{F} \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = f$$

• NEWTON'S EQUATIONS • SCHRÖDINGER EQUATION (TIME DEPENDENT) • NAVIER-STOKES EQUATION •
 • POISSON EQUATION • HEAT EQUATION • HELMHOLTZ EQUATION • DISCRETE FOURIER TRANSFORM •
 • MAXWELL'S EQUATIONS • PARTITION FUNCTION • POPULATION DYNAMICS •
 • COMBINED 1ST AND 2ND LAWS OF THERMODYNAMICS • RADIOSITY • RATIONAL B-SPLINE •

concept van dit verhaal liet lezen, veranderde hij 'een maand' in 'meerdere maanden'.

In hetzelfde artikel vertelde ik verder dat ik bezig was om de stroming van water rond een schip, de Titanic genaamd, in de Reality Cube (CAVE) te visualiseren. De gegevens waren de resultaten van het promotieonderzoek van Theresa Helmholt.

In het artikel klinken aarzelingen door of het me zou gelukken om de onderzoekers tevreden te stellen. Ik kan nu wel vertellen waarom: ruim vijf jaar eerder deed ik een eerste poging om een stroming weer te geven met de eerste VR-installatie in Groningen. Toen die poging, waarin veel werk was gestoken, in praktisch opzicht mislukte, bleef ik zitten met een wat 'ongelukkig gevoel'. Met het inzicht van tegenwoordig, weet ik dat ik toen betrokken was bij een, wat je zou kunnen noemen, grand challenge-project dat in feite nooit klaar is en waarbij alles wat je doet maar een heel klein stapje verder is naar een groot doel. Over die ervaring wil ik eerst wat vertellen.

Head mounted display • In 1996 schafte de Rijksuniversiteit Groningen haar eerste VR-installatie aan, waarmee ongeveer 600.000 polygonen per seconde konden worden afgebeeld. Deze, destijds hoge, *peak performance* werd echter zelden gehaald. De polygonen, ofwel veelvlakken, vormen de bouwstenen van de virtuele wereld, die in stereo werd geprojecteerd op twee piepkleine beeldschermpjes met een resolutie van 240*230. Ze zaten gemonteerd op een soort bril, een zogenaamde *head mounted display* (HMD). De stereobeelden moeten minimaal tien maal per seconde (de zogenaamde *frame rate*) worden aangepast aan positie en kijkrichting, anders verdwijnt het 'virtuele' effect. Aan deze frame rate werd theoretisch voldaan als de grafische objecten minder dan 30.000 polygonen hadden. In de praktijk bleek die grens echter veel lager.

Op mijn vraag of hij een toepassing voor deze nieuwe vr-installatie had, stelde dr. Roel Verstappen van de onderzoeksgroep van Veldman voor om stromingen te visualiseren. Als voorbeeld noemde hij luchtstromingen gebruikt bij weersvoorspellingen. Uit de met behulp van de nsv berekende luchtvochtigheid zou je bijvoorbeeld de omtrekken van wolken kunnen berekenen en visualiseren als iso-oppervlakken waarop de luchtvochtigheid een constante waarde heeft. Dit doe je voor een groot aantal tijdstappen. Stel dat je het weer op een stormachtige herfstdag simuleert, dan zou je de wolken 'woest' langs de hemel kunnen zien vliegen.

Eerste poging • Ik ging aan de slag om een vr-animatie van iso-oppervlakken te maken, want daar komt de visualisatie van een bewegende wolkenlucht op neer. De wolkenoppervlakken maakte ik met het visualisatiesysteem avs en voor de vr-animatie van de wolken schreef ik een speciaal C-programma².

Dit programma sloeg de voor een groot aantal tijdstippen uitgerekende wolken eerst in het geheugen op, en beeldde ze daarna in een tijdslus één voor één af. Hierbij bleek het geheugen de beperkende factor te zijn, waardoor de wolken maximaal slechts enkele duizenden polygonen mochten hebben. Daarom kon je geen wolkenlucht, of welke andere stromingsvisualisatie, maken die er ook maar enigszins waarheidsgetrouw uit zag.

Het was toen ook nog niet mogelijk om het aantal polygonen te verkleinen (decimeren) zonder zichtbaar effect op de wolken. Tegenwoordig heeft elk goed visualisatiepakket decimatiemethoden.

Na deze proef ben ik met de vr-animatie gestopt. Samen met dr. Andrea Hin, die ook bij vr was betrokken, toonde ik in die zelfde tijd de vr-installatie aan de scheikundige professor Berendsen. Hij was geïnteresseerd in *molecular docking*, waarbij langs interactieve weg nieuwe chemische verbindingen worden gebouwd. Na een paar uur praten was het duidelijk dat de vr-installatie, maar ook de computers die nodig waren voor de real time simulaties, nog verre van toereikend waren. Het afstudeerproject van Ronald Pijnacker bij Andrea Hin en Jos Roerdink over interactie in een vr-omgeving heeft evenwel nuttige inzichten opgeleverd.

Tweede poging • In 2002 nam de rug haar huidige, tweede, vr-installatie in de Zernikeborg in gebruik met een SGI ONYX 3400. In plaats van op de twee piepkleine displays van een HMD, worden de stereobeelden nu met een resolutie van 1024*1024 geprojecteerd op vier wanden van een halfopen kubus met een ribbe van 2,5 meter (Reality Cube), of op het gebogen scherm van een theater dat door drie projectoren wordt aangestuurd (Reality Theatre). *Shutter glasses* zijn nodig om de stereobeelden afwisselend te zien³.

Hiermee deed ik een tweede poging, met de Titanic simulatiegegevens. De iso-oppervlakken maakte ik met de *Visualization Tool Kit* (vtrk) en voor de vr-animatie schreef ik een C++-programma met Performer- en CAVELib-aanroepen.

Vergeleken met de eerste poging waren de eerste resultaten bemoedigend, al was het realiteitsgehalte nog betrekkelijk laag. Je kon over het dek van een - wat primitief vormgegeven - schip 'lopen' en de golven om je heen zien stromen. De omliggende zee en het wolkenzwerk waren evenwel niet afgebeeld. Verder zagen kritische ogen meteen dat de golven opgebouwd waren uit platte vlakjes. Maar de frame rate lag ruim boven de kritische grens van 10.

Afstudeeronderwerp • Ik liet het prototype van de VR-animatie aan Arthur Veldman zien. Hij zag er gelukkig zóveel in, dat hij zijn student Michael ten Caat als afstudeeronderwerp de opdracht gaf het prototype uit te werken en geschikt te maken voor gebruik door onderzoekers die zich niet in de technische details van VR willen verdiepen. Jos Roerdink, de nieuwe hoogleraar Visualisatie, gaf ook leiding aan de opdracht.

Voor het volgende baseer ik me mede op de - ook voor buitenstaanders - interessante scriptie van Ten Caat⁴.

Behalve aan techniek, besteedt hij ook aandacht aan psychologische en filosofische aspecten van virtual reality. In de paragraaf ‘Vision on Vision’ voert hij bijvoorbeeld de filosoof Plato op die 400 jaar voor Christus leefde.

COMFLO • Michael ten Caat ging uit van numerieke gegevens geproduceerd door het programma COMFLO, waarmee stromingen in drie dimensies worden gesimuleerd. Toepassingen zijn onder meer:

- (a) De hier beschreven stroming van een golf water over het dek van een schip. Deze stroming oefent, afhankelijk van de hoogte van de golven, druk uit op het stuurhuis van het schip. Als de dekplaten van het stuurhuis te dun zijn, of als de vorm ervan onjuist is, kan het bij sterke golfslag in elkaar worden gedrukt.
- (b) Luchtgordijnen voor deuropeningen, waardoor klimaatscheiding optreedt. Toe te passen bij winkels en vriesruimtes met geopende deuren.
- (c) De afzetting van vaste stoffen op de wanden van bloedvaten, bekend als aderverkalking.

De virtuele Titanic • Na een evaluatie van visualisatiepakketten koos Ten Caat voor VTK. Hij paste het uitvoerformaat van COMFLO aan op het invoerformaat van VTK, dat de iso-oppervlakken van de golven uitrekent en exporteert in VRML97-formaat. VRML staat voor *Virtual Reality Modelling Language*. Met VRML97 kan je interactie hebben met een virtuele wereld en animaties programmeren.

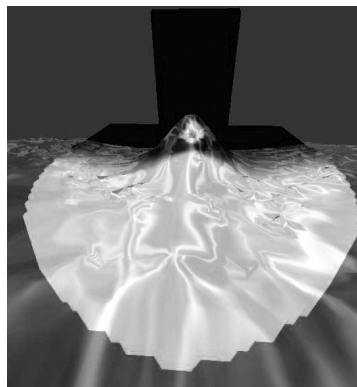
De golven in VRML97-formaat, alsmede de Titanic en haar omgeving, worden in de Cube en het Theatre afgebeeld door het programma VRMLVIEW. Een VRML97-file kan overigens ook bekeken worden met een moderne webbrowser. Van VRMLVIEW is ook een Linux-versie beschikbaar.

Vervolgens ging Ten Caat de stromingsvisualisatie verfinaaien en optimaliseren. Hij paste bijvoorbeeld *texture mapping* toe op de golven, waarbij op het wateroppervlak een weerspiegeling van een echt wateroppervlak werd ‘geplakt’. De Titanic in de bewegende golven werd in een statisch model van een tot de horizon reikende golvende zee geplaatst. Tezamen met een statische afbeelding van fraaie wolkenpartijen boven de horizon, gaf dit de visualisatie een vrij realistisch aanzien.

Dat effect werd nog verhoogd door het geluid van beukende golven in combinatie met een gierende wind. Alleen het gekrijs van zeemeewen en albatrossen ontbreekt nog. Tenslotte werd de eerste versie van het schip vervangen door een model van de ‘echte’ Titanic.



Visualisatie van de Titanic



Vooraanzicht van de boeg met de druk gevisualiseerd

Wetenschappelijk gebruik • Behalve deze realistische versie, die bestemd is voor presentatie- en PR-doeleinden, is er ook een versie voor wetenschappelijke doeleinden waarin de druk op het stuurhuis via kleuren is gevisualiseerd. Hier gaat het uiteindelijk om. Rood betekent een hoge druk en blauw een lage. Om de druk ook onder water te kunnen zien, is het wateroppervlak doorzichtig gemaakt.

Schip vol geld • Men kan concluderen dat Michael ten Caat, in samenwerking met medewerkers van het Centrum voor High Performance Computing and Visualisation (HPC&V), een interessante toepassing van de VR-installatie in de Zernikeborg heeft gemaakt.

Maar ondanks het mooie resultaat, blijven er - zoals gebruikelijk bij dit soort projecten - nog veel wensen over. Je wilt bijvoorbeeld de golven nauwkeuriger afbeelden en het schip laten meedeinen. Om de toepassing interactief te maken, moeten de golven in real time worden uitgerekend. En eigenlijk zou je de toestand van de atmosfeer (het weer), als veroorzaker van de golven, ook moeten simuleren.

Voor al dit soort wensen is 'een schip vol geld' nodig voor veel krachtiger computers en een hogere grafische performance dan we nu hebben. Er bestaan plannen om een cluster van snelle pc's met dito grafische kaarten in te zetten voor de generatie van stereobeelden.

¹ Kraak, J., *De Cray SV1E voor grote sommen*, Pictogram nr. 3, juni/juli 2002. ugp.rug.nl/pictogram/article/view/3922

² Kraak, J. en Roerdink, J.B.T.M., *A Virtual Reality Extension of the Visualization System AVS*, HPCV-rapport 1, 1997.

³ De VR-installatie in de Zernikeborg staat beschreven op rug.nl/society-business/centre-for-information-technology/research/hpcv/faciliteiten/.

⁴ Ten Caat, M., *CFD Visualization in Virtual Reality - The Titanic resurrected*, 2003.

De ontwikkeling van datacommunicatie

25 Wat er vooraf ging aan de aansluiting op internet in 1989

Datacommunicatie heeft het werken met computers drastisch veranderd. In de tijd van de ZEBRA en de TR4¹ spoedden zich aan het begin en het einde van elke werkdag stromen fietsers, later aangevuld met enkele automobilisten, naar het Rekencentrum om daar computerresultaten op te halen en om de centrale computer opnieuw te 'voeden' met gegevens. Eerst op ponsbanden en later op ponskaarten.

Vanaf 1972, met de komst van de CYBER 74-16², deed datacommunicatie heel langzaam zijn intrede. Met behulp daarvan hoefde je niet meer naar de computer zelf te gaan, maar kon je er via een telefoonverbinding mee werken. Daarna kwam de techniek in een stroomversnelling. Dit eerste deel van een driedelige serie gaat over de ontwikkelingen tot de aansluiting op internet in 1989. Deel twee behandelt deze belangrijke gebeurtenis en e-mail. Deel drie tenslotte gaat over de ontwikkeling van het web (WWW) en nog enkele andere aspecten van datacommunicatie.

Waarom en met behulp van welke informatie ik deze korte geschiedenis schreef, wil ik even toelichten. In februari 2005 schreef Lucien Dantuma me in een e-mail: *"Ik heb van 1989 tot 1996 gestudeerd aan de RUG en heb zodoende (een deel van) de introductie van internet (breder dan alleen wetenschappelijk gebruik) in Nederland meegemaakt. Een ervaring die ik nu als zeer waardevol acht. Ik vroeg me af wanneer we voor het eerst in zaaltjes in de UB en bij het Zernike achter de pc konden zitten om met Usenet en Gopher aan de slag te gaan? Is er een publicatie op papier of op internet waar dit beschreven staat?"*

Mijn eerste e-mail • Toen in april 2005 het e-mailprogramma Pegasus Mail (PMail) werd vervangen door Thunderbird vroeg ik me af, wanneer ik voor het eerst e-mail had gebruikt. Omdat ik mijn verzonden berichten heb bewaard, was het antwoord snel gevonden: 6 oktober 1992. Het was een e-mail aan een lid van een landelijke visualisatiewerkgroep – aan collega's stuurde je toen nog geen e-mails. Veel minder snel kon ik achterhalen wanneer ik was begonnen met het maken van een website. En zo waren er meer vragen, waar ik niet meteen een antwoord op had – want het leek zo



Figuur 1. Enige apparaten die staan te wachten om weggegooid te worden. Links een teletype en rechtsonder een Tektronix 4010 grafische terminal.

lang geleden. Ik verkeer echter in de gelukkige omstandigheid dat ik veel van de pioniers, die de gehele ontwikkeling hadden meegemaakt, kon raadplegen. Ook gebruikte ik enige persoonlijke herinneringen als rc-medewerker.

De fascinerende ontwikkeling - zonder enig masterplan - van internet³ uit het militaire ARPANet in Amerika vanaf 1969, de uitvinding van *packet switching*, domeinnaam registratie, het in de praktijk gegroeide TCP/IP-protocol en de teloorgang van het misschien theoretisch beter gefundeerde OSI-protocol en nog veel andere aspecten van internet heb ik niet alleen vanwege plaatsgebrek achterwege gelaten, maar ook omdat het elders is beschreven⁴.

Teletypes, 1972 • In 1969 demonstreerde de firma Bull op het Rekencentrum een terminal die via een telefoonlijn was verbonden met een computer elders. Je kon er paardenrennen mee spelen. Mogelijk was dit het eerste gebruik van een computer op afstand aan de rug.

Met de komst in 1972 van de CDC CYBER 74-16 deed het werken op afstand zijn schuchtere entree met behulp van een teletype (TTY). Een TTY had een toetsenbord en een printer in één (*figuur 1*). De alleroudste typen hadden tevens een ponsbandlezer en een ponsbandponser. Marc Petit, hoofd van de systeemgroep, introduceerde de teletype op het Rekencentrum tijdens een instructiepraatje. Ik kende het woord teletype niet - laat staan de afkorting TTY, op zijn Engels uitgesproken. "Waar heeft hij het toch over", dacht ik steeds.

In het begin waren er slechts zes terminals aan de CYBER gekoppeld via het universitaire telefoonnet: twee in het Rekencentrum en vier bij respectievelijk het Sociologisch

Instituut, het Natuurkundig Laboratorium, het Anatomisch Laboratorium en het Biologisch Centrum in Haren⁵. Verder kwam er na enige tijd een zogenaamde *remote job entry station*, waar je ponskaarten kon inleveren, en uitvoer kon ophalen etc. in het pand Oude Boteringestraat 23. Het voordeel was dat je niet meer door weer en wind naar het ver weg gelegen Rekencentrum hoefde te fietsen.

Er waren vier 'draagbare' teletypes die in een grote koffer werden vervoerd; bij gebruik bewoog en schudde alles. Door het plaatsen van de hoorn van de telefoon in een houder maakte je contact met een snelheid van 110 bps. Ik probeerde er PLANET mee: het eerste programma aan de RUG voor wat tegenwoordig *e-learning* heet, maar toen *computer aided instruction*. Dat was een ramp.

Meer terminals • De vraag naar terminals bleef sterk toenemen in de jaren zeventig. Aangezien de CYBER vooral bedoeld was voor grote rekenklussen, werd het aantal terminals beperkt gehouden. In 1974 mochten er 32 zijn. Een DEC-11/45 diende als een zogenaamde *concentrator* voor maximaal 20 terminals, waaronder 12 langzame (300bps) asynchrone kiesverbindingen voor teletypes.

In 1975 werd er een overeenkomst met de Technische Hogeschool Twente gesloten om hun DEC10 te kunnen gebruiken voor interactief computergebruik. Op het terrein van het huidige UMCG kwamen terminals met randapparatuur. Spoedig lukte het me daar mijn grafiekenprogramma KOMPLOT⁶ op de DEC10 te installeren; de broncode had ik eerder op een grote magneetband naar Twente gestuurd. Het *file transfer-programma* ftp bestond nog niet. Geholpen door collega Flip Visser bracht ik daarna met de *editor* TECO⁷ nog enkele verbeteringen aan. Pas in 1979 lukte het met veel moeite om een file via DECLink tussen de DEC10 en de CYBER uit te wisselen⁸. In 1977 kwam de Tektronix 4010 grafische terminal in gebruik voor het *previewen* van plotteruitvoer⁹.

Kiespijn en contactarmoede, 1979 • In 1979 boog een universitaire werkgroep zich over de terminalproblematiek. Ten tijde van de besprekingen waren er ongeveer 100 terminals. Binnen een paar jaar zouden er 500 terminals nodig zijn, schatte de werkgroep. Volgens de aanwezige RC-medewerker Andries Ruiter botsten op de bijeenkomst de meningen van diegenen die de Amerikaanse situatie op grote instituten met ARPANet kenden en diegenen die meer oog hadden, en verantwoordelijk waren, voor de praktische gang van zaken in Groningen. De titel *Kiespijn en contactarmoede* van het eindrapport is veelzeggend.

De tijd was destijds nog niet rijp voor netwerken: de financiën en de netwerkkennis waren nog ontoereikend. Gelukkig bood het vaste telefoonnet van de universiteit soelaas: daarmee kon je via een PACX-poortselector contact maken met de RUG-computers, zoals de CYBER en een aantal DEC-machines op laboratoria. Dankzij de 4-draads verbinding kon een snelheid van 9600 bps worden gehaald: voor die tijd redelijk snel.

Het PACX-concept bleef tot in de jaren negentig in gebruik. Misschien heeft nog iemand een blauw PACX-kastje met duimwielletjes.

Microdag, 1983 • Omstreeks 1980 kwamen de microcomputers¹⁰. De eerste waren erg duur. De latere rc-directeur Koos Duppen gebruikte bijvoorbeeld eentje van 80.000 gulden. Gaandeweg werden ze goedkoper. Na verloop van tijd sprak men van 'Personal Computer' ofwel 'pc'.

In december 1983 werd de Micro-dag gehouden. Er heerste een uitgelaten en kermisachtige sfeer, de zalen met lezingen puilden uit. Het rc-pamflet, *Werken met een personal computer*¹¹ jubelde: *Het is de algemene verwachting dat aan de groeiende datacommunicatiebehoefte uiteindelijk alleen kan worden voldaan door de aanleg van zogenaamde LAN's (Local Area Networks) met transportsnelheden die miljoenen bits per seconde belopen. Als eerste voordeel van zo'n LAN kan worden genoemd het gezamenlijk gebruik van dure en/of lawaaiige randapparatuur. [...] Bij een voldoende dichtheid aan pc's zal tenslotte de persoonlijke communicatie, zowel lokaal, maar vooral nationaal als internationaal steeds meer elektronisch worden gevoerd en bewaard.*

Ook werd het gebruik van een gezamenlijke schijf voor data-opslag als een LAN-toepassing gezien. Verder werd erop gewezen dat een pc kon dienen als terminal aan een mainframe.

Al snel stond er op veel bureaus een pc. De eerste standaard pc van de RUG was de Olivetti M24, zonder muis en met een groen scherm, prijs 8000 gulden (figuur 2). Daardoor kregen de centrale computers van de RUG steeds minder gebruikers. Vanaf omstreeks 1990 overheersten daarop, net als in het begin, weer de grootrekenaars.



Figuur 2. Olivetti M24, de eerste standaard pc van de RUG.

Onderzoek PC-LAN's, 1984 • De Commissie Aanschaf Rekenfaciliteiten (CAR) kreeg ondertussen steeds meer aanvragen te beoordelen van instituten die op grote schaal pc's en een LAN wilden aanschaffen, terwijl er nog geen standaarden en beleidskaders waren om de aanvragen te beoordelen. De CAR vreesde voor wildgroei. Ook het rc werd geregeld om raad gevraagd over netwerken en pc's. Daarom werd in 1984 een zeer uitgebreide proef met een PC-LAN op het rc gestart. NESTAR werd voorgesteld als de LAN-standaard voor de RUG. Hans Hesseling leidde het experiment.

In 1987 publiceerde Hesseling – op persoonlijke titel – zijn bevindingen in een rapport dat landelijke aandacht kreeg¹². De inleiding vermeldt dat er destijds 230 pc's¹³ in zeven PC-LAN's waren gekoppeld. Een PC-LAN veranderde een eenvoudige pc in een krachtig werkstation met een bulk- en een laserprinter, een 5MB harde schijf, centrale back-up, applicatiesoftware, terminal-emulatie etc.

Over de ook nu nog actuele vraag of PC-LAN's centraal dan wel lokaal beheerd dienen te worden, merkte Hesseling voorzichtig op: "Er zijn redenen om aan te nemen dat lokale samenwerkingsverbanden alleen maar goed lokaal beheerd kunnen worden." In 2005 was het beleid gericht op centraal beheer.

Eén netwerkaansluiting per werkplek, 1989 • Spoedig was de tijd rijp voor het idee dat elke werkplek een LAN-aansluiting zou moeten hebben. Een netwerkaansluiting moest net zo gewoon worden als gas, water en elektriciteit. De universitaire geldstromen waren evenwel niet berekend op de realisatie van een kostbare netwerkaansluiting per kamer. Daarom stelde het College van Bestuur de Commissie Datacommunicatie in, die in 1989 kwam met een plan en een beleidsadvies voor aanleg op grote schaal van lokale netwerken, LAN's¹⁴. Ze moesten bovendien contact kunnen maken met lokale, centrale, nationale en internationale netwerken en voorzieningen. In het vervolg werd elk nieuw te bouwen universiteitsgebouw voorzien van netwerkbekabeling.

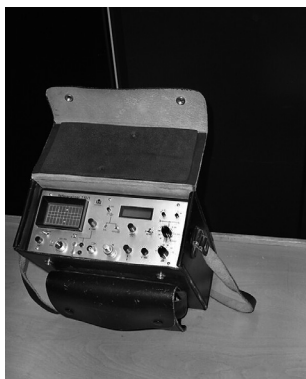
De netwerkrevolutie • Aldus begonnen de lokale pc-netwerken, met hun *file servers* en hun centrale printers zoals we die nu nog kennen, hun opmars aan de RUG. RC-medewerker Douwe Fokkinga bezocht in juli 1989 een Novell-conferentie, zijn reisverslag had als titel: *Netware 386, het LAN operating-systeem voor de jaren negentig?* Er verschenen twee belangrijke netwerkpublicaties^{15 16}. Mente Heemstra ging zich in 1989 bij het RC met netwerken bezighouden.

Netwerkkcoördinator Andries Ruiter maakte in 1992 een drieweekse studiereis naar de VS om zich daar te oriënteren¹⁷. Algemeen was toen de opvatting dat wij in Europa een grote achterstand hadden op de VS, en dat deze slechts met zeer grote geldinjecties kon worden ingehaald – een argument dat later in verschillende contexten is herhaald. Ruiters geruststellende conclusie was, dat we weliswaar een achterstand hadden, maar dat die veel minder groot was dan werd beweerd.

Netwerkkoninkrijkes • De eerste LAN's aan de RUG waren gebaseerd op ARCnet met NESTAR als besturingsssoftware. Maar later kreeg de combinatie Ethernet/Novell LAN's de overhand; die is nog steeds in gebruik. Bij Informatica werden vanaf 1985 Sun-werkstations gekoppeld via een op TCP/IP gebaseerd netwerk.

De universitaire instituten moesten uit hun eigen budget eindapparatuur en programmatuur voor het eigen netwerk betalen, de infrastructuur werd centraal betaald. Het RC beheerde de netwerkvoorzieningen 'tot de voordeur', daarachter ontstonden allerlei netwerkkoninkrijkes. In Intercom, de voorganger van Pictogram, stonden interviews met beheerders.

RUGnet, SURFnet en andere netwerken • In 1985 begon de aanleg van netwerken in het WSN-gebouw, het toenmalige RC en het Zernikegebouw. Aanvankelijk waren dat 'eilanden', maar in 1986 werden ze door een *backbone* met elkaar verbonden tot het RUGnet¹⁸. Dit is het begin van het RUGnet: het grote overkoepelende computernetwerk van de RUG¹⁹ dat zich almaar ontwikkelde²⁰.



Figuur 3. Reflex analyser om coaxkabels door te meten op fouten, omstreeks 1988.



Figuur 4. Een modem en een brug, gebruikt om twee netwerken via een telefoonverbinding te koppelen, omstreeks 1988

Veel op universiteiten gebruikte VAX/VMS-computers waren in die tijd aan elkaar gekoppeld, met DECnet als netwerkprotocol²¹. Met Kermit kon men bestanden oversturen. Ook kon men e-mailen. Van hieruit is SURFnet gegroeid, dat thans de Nederlandse universiteiten met elkaar verbindt.

Voor internationaal verkeer kon men contact maken met een machine in Nijmegen, die was verbonden met EARN: het European Academic Research Network. Dit netwerk was op zijn beurt weer verbonden met het Amerikaanse BITNET, een initiatief gesponsord door IBM. UUCP was het internationale netwerk tussen UNIX-computers. Datanet was van de PTT. Al deze netwerken sloten niet zonder meer op elkaar aan, waardoor uitwisseling van e-mail lastig was.

Deze chaos aan netwerken, met elk een eigen protocol, ging later op in internet - *het net van alle netwerken* - met het standaard TCP/IP-protocol. In deel twee meer over de introductie daarvan.

-
- 1 Het begin van het Rekencentrum - verteld door de eerste directeur dr. D.W. Smits, www.rug.nl/society-business/centre-for-information-technology/organisation/geschiedenis/beginrc.
 - 2 R. de Bruin, van ZEBRA tot BlueGene, krachtige rekenmachines bij de RUG, Intercom1995/2005, www.rug.nl/society-business/centre-for-information-technology/organisation/geschiedenis/zebracray.
 - 3 Internetconnectiviteit en het SURFnet-netwerk, www.surf.nl/surfinternet-een-snelle-betrouwbare-internetverbinding.
 - 4 *A Brief History of the Internet*, www.internetsociety.org/internet/history-internet/brief-history-internet/.
 - 5 Jaarverslag Rekencentrum 1973.
 - 6 KOMPLOT, www.rug.nl/society-business/centre-for-information-technology/organisation/geschiedenis/gkomplot.
 - 7 De cryptische commandoset van TECO was zó krachtig dat je daar TECO zelf mee had kunnen programmeren.
 - 8 Jaarverslag Rekencentrum 1979.

De ontwikkeling van datacommunicatie

- 9 RC-Pamflet 11, *Gebruik van de grafische terminal*, 1977.
- 10 De eerste belangstellenden waren technici zoals H. Boerema, G.J. te Meerman en J. Haaijer. Zij begonnen met de *Micro-Nieuwsbrief* die het rc later overnam.
- 11 RC-Pamflet 26, *Werken met personal computers*, december 1983.
- 12 H. Hesseling, *PC-Lan's in de organisatie*, 1987.
- 13 In 1998 waren er al ruim 6000 pc's.
- 14 Datacommunicatieplan rug 1989-1994.
- 15 Netwerken op de Rijksuniversiteit Groningen, 1990.
- 16 E.Vens, *RUGnet in de groei*, 1991.
- 17 De reisverslagen van Fokkinga en Ruiter zijn bewaard gebleven.
- 18 Ontwikkelingsplan Datacommunicatie Rijksuniversiteit Groningen, 1992-1994.
- 19 R. Noordenbos, *Interview A. Ruiter*, Intercom NETWERK SPECIAL, april, 1992.
- 20 A. Ruiter, *Van RUGnet-I naar RUGnet-II*, Pictogram 2000, ugp.rug.nl/pictogram/article/view/3810/3803.
- 21 M. Heemstra, *SURFnet in de groei*, Intercom NETWERK SPECIAL, april 1992.

26 De aansluiting op internet en e-mail

164

165

In 1971 verstuurde Ray Tomlinson het eerste e-mail bericht via het Amerikaanse ARPANet, de voorloper van internet. De naam en de computernaam van de ontvanger waren gescheiden door het @-teken (apestaartje), dat nog steeds wordt gebruikt. Vóór die tijd konden alleen gebruikers van dezelfde computer elkaar berichten sturen.

ARPANet was oorspronkelijk ontworpen als een medium om op afstand grote computers te kunnen gebruiken (*resource sharing*). E-mails gingen in het begin vooral over het gebruik van die computers. Een systeembeheerder meldde bijvoorbeeld dat een bepaalde computer op een bepaald tijdstip buiten gebruik zou worden gesteld voor onderhoud. Pas veel later zouden netwerken belangrijk worden voor algemene menselijke communicatie. In het begin werd dat totaal niet relevant gevonden¹.

UUCP • Het zou nog tot in de jaren 80 duren voor e-mail op de rug langzaam op gang kwam. Bij Informatica en Letteren verstuurde men e-mail via het wereldwijde UUCP-netwerk tussen UNIX computers². Harm Paas, ook toen al systeembeheerder bij Informatica, assisteerde bijvoorbeeld in 1985 informaticus Jan L.A. van de Snepscheut (1953-1994)^{3,4} die e-mails uitwisselde met iemand bij CalTech in de vs, waarmee hij een boek schreef. Hiervoor moest Paas tussenliggende netwerkknooppunten in Amsterdam, IJsland etc. opgeven. Eerst moest je Amsterdam opbellen. Omdat de berichten in de knooppunten werden opgespaard voordat ze werden doorgestuurd, duurde het enige tijd voordat een bericht op zijn bestemming was. Ook was de UUCP-adressering ingewikkeld, zoals 'seismo!mcvax!guvaxin!harm' (Harm Paas) en 'mcvax!piet' (Piet Beertema)

EARN/BITNET • Anderen verstuurden e-mail via het EARN/BITNET-netwerk, daarop ging alle verkeer via Nijmegen. Eerst maakte je met een gewone tekst-editor je boodschap. Deze verstuurde je vervolgens met een ingewikkeld systeemcommando vanaf een centrale computer zoals de CONVEX of een VAX, personal computers werden nog niet voor e-mail gebruikt. Vanwege de ingewikkeldheid van de procedure werd e-mail nog weinig gebruikt. In hoofdstuk 25 schreef ik dat mijn eerste e-mail dateerde van 1992. Later vond ik echter een e-mail uit 1988, verstuurd via EARN/BITNET, zie figuur 1. *Mijn eerste e-mail?*

De aansluiting op internet in 1989 met het TCP/IP-protocol zorgde ervoor dat het verzenden van e-mail na enige tijd aanzienlijk gemakkelijker werd.

OSI versus TCP/IP • Vóór 1990 was er in Nederland nog geen overeenstemming over een standaard netwerkprotocol - zeg maar de taal waarmee computers van welk merk dan ook met elkaar kunnen communiceren. Het Ministerie en SURFnet hadden zich verbonden aan

- & "8
 &) & Q Y & Q & Q 2 2

KRAAK3 h l h l . CRISJW

2 Date: 880223

From: <CRISJW@HLERUL2>
Subject: RE: Mail.
To: <KRAAKE@HGRFUGS>

Hallo Jan.

Als't goed is heb je Arie's rapport inmiddels via ontvangen. Als je daar geen gelegenheid hebt de er in zittend aan te goed af te drukken laat dat dan even weten, dan verstuur ik het per ouderwetse post.

Leuk weer eens wat persoonlijk te horen van jou

dy , en Geert ! Ik heb het uitgeprint en neem het mee naar huis voor Kathleen. Ik hoop dat Rudy's ziekenhuisbezoek geen reden tot stijge zorgen is ? Ja, wanneer we mekaar voor't laatst gezien hebben ik ook niet meer, wel lang geleden. Als je nog eens naar het Noea Festival gaat en je vindt zo'n leek als mij niet storend, zou ik vinden als ik met je mee mocht ('t is toch in den Maad- nie ik heb er steeds van gehoord, maar wilde er in m'n eentie niet heen jij lijkt me daar wel ideaal gezelschap en gids voor ! Ik weet al niet wanneer zoiets is. Als het steeds in Juli is heb ik wel gewant ook dit jaar (vorig jaar trouwens niet) gaan we die tijd we t vakantie. Heel lang dit keer: 7 weken, naar Amerika. Het kost or . alleen de reis, verblijf is bij Kathlieens familie. Vorig jaar zij maar 5 dagen weg geweest om vakantiedagen te sparen.

Grappig dat Rudy, net als Kathleen, ood bewaalt geen "baan uitens huis" meer te hebben, in tegenstelling t de heersende trend daarover. Dat laatste heeft Kathleen nog wel w eite gekost. Ze krijgt het trouwens de laatste d wel steeds drukker thuis, door allerlei aanloop die vooral do e kinderen veroorzaakt wordt maar die we zelf ook wel stimuleren.

Figuur 1. E-mail van Jan van der Weerd van het Centraal Rekeninstituut van de RULeiden aan Jan Kraak in 1988, verstuurd via EARN/BITNET.

de osi-protocollen, waaraan de Europese gemeenschap zéér veel subsidie gaf. Als universiteit kreeg je geen geld, als je je niet aan osi hield.

De osi-protocollen waren ontworpen door internationale comités's die jarenlang vergaderden en dikke boekwerken produceerden. De deelnemers probeerden hun eigen, vaak onderling tegenstrijdige, *features* in het ontwerp te krijgen. Allerlei optionele *features* waren het gevolg. Implementaties ondersteunden elk hun eigen verzameling van *optional features*, zodat ze onderling slecht konden samenwerken.

Technici, vooral uit de *open source* UNIX-wereld, zagen veel meer in het efficiënte, simpele en pragmatische TCP/IP-protocol. TCP/IP ontwikkelde zich *bottum-up*. Op een bepaald voorstel kan iedereen zijn commentaar geven⁵. TCP/IP begon zijn zegetocht in Amerika op ARPANet en daarna op internet.

Piet Beertema zet de eerste stap • In 1988 stuurde netwerksspecialist Piet Beertema van het Informatica-instituut cwi in Amsterdam zijn eerste e-mail via het TCP/IP-protocol naar Amerika. Dat werd als een huzarenstukje beschouwd. Nederland was daarmee het eerste Europese land dat aangesloten was op internet⁶. Beertema zou zich daarna verdienstelijk maken op het gebied van domeinnaamregistratie. In 1999 werd hij benoemd tot Ridder in de Orde van de Nederlandse Leeuw voor zijn belangeloze inzet voor internet⁷.

Schermutselingen • Eind 1989 kreeg de RUG, als tweede universiteit in Nederland, internetconnectiviteit via het TCP/IP-protocol. Dat ging niet



Figuur 2. Digitaal erfgoed boven op een kast⁸. Linksonder een zelfgebouwde PDP-8 computer en rechts, als tweede van onderen, de cisco-router die zorgde voor de eerste verbinding tussen SURFnet en RUGnet via TCP/IP in 1990.

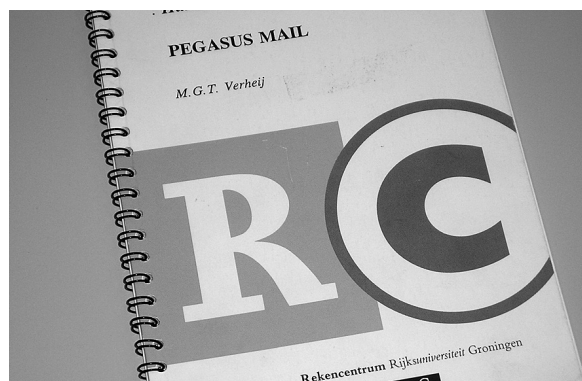
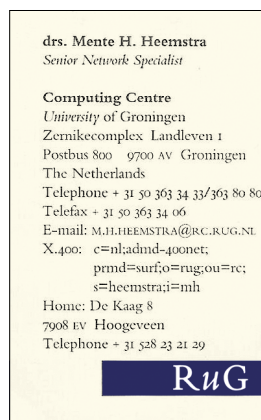
zonder slag of stoot. De gang van zaken is tekenend voor de pionierstijd van internet waarin bijvoorbeeld de rol van SURFnet nog niet vast lag en er op eigen gezag initiatieven werden genomen voor de 'goede' zaak.

De al eerder genoemde Harm Paas had bijvoorbeeld rechtstreeks contact met Beertema over zijn internetaansluiting. Hij heeft zijn e-mailcorrespondentie daarover bewaard. Hier is de gang van zaken enigszins mee te reconstrueren.

De RUG, in casu het RC, had al in oktober 1989 via het Datanet-1 netwerk van SURFnet/PTT een 64 kbps-verbinding⁸ met SARA/Amsterdam. Omdat SARA weer contact had met het nabijgelegen CWI, was technisch gezien contact met internet mogelijk. Maar de connectie was nog niet effectief, dat wil zeggen nog niet goedgekeurd door de Amerikaanse autoriteiten. Er ontstond een conflict toen Kees Neggers namens SURFnet – later werd hij daarvan de directeur – schreef: *I have objections to the requested authorization*⁹. Daarop volgde onder meer een actie van Informatica-instituten. Harm Paas schreef namens Informatica in Groningen een brief aan het College van Bestuur van de RUG over de onrechtmatige blokkade van SURFnet¹⁰. Na druk overleg haalde SURFnet bakzeil. Toen op een gegeven ogenblik Paas, overigens tegen zijn bedoeling, aangezien werd voor de vertegenwoordiger van RUG, trok Koos Rozema als vertegenwoordiger van de RUG bij SURFnet aan de bel om het IP-adres '129.125.***.***' voor de gehele RUG op te eisen. Eerder was al de domeinnaam 'rug.nl' aangevraagd. Frans Velthuis zou weldra aan *nameserving* gaan doen.

Met TCP/IP de wereld onder handbereik, 1989 • Uiteindelijk kreeg de RUG op 1 december 1989 officieel de 'internet connected-status'¹¹, echter tot er OSI-alternatieven waren¹² die er nooit zijn gekomen¹³. Daarmee kwam de wereld 'onder handbereik'. De

Figuur 3. Het visitekaartje van RC-medewerker Mente Heemstra met zijn x.400 e-mailadres.



Figuur 4. Handleiding Pegasus Mail.

ironie wil, dat SURFnet thans één van de snelste TCP/IP-netwerken ter wereld beheert. Veel netwerkspecialisten beschouwen de aansluiting op internet en de overwinning van TCP/IP als een hoogtepunt in hun loopbaan.

In 1996 ging het OSI-project ter ziele tot groot verdriet van de aanhangers. De inspanningen van vergelijkbare software-standaardisatiepogingen ondergingen hetzelfde lot, zoals het Graphical Kernel System (GKS) en de programmeertaal ALGOL 68¹⁴ waarvan implementaties nooit algemene praktische toepassing hebben gevonden. Aangezien ze ons theoretisch inzicht hebben vergroot, zijn alle inspanningen toch niet geheel nutteloos geweest.

Pegasus Mail, 1991 • Voordat de RUG echter goed en wel kon gaan e-mailen via TCP/IP, moest er nog een tweede hindernis worden genomen. SURFnet schreef namelijk het X.400 OSI-protocol voor e-mail voor. Behalve dat X.400 lastig was (zie figuur 3), bestond er nog geen goede implementatie van. Ondertussen stonden de gebruikers ongeduldig te trappelen om te kunnen e-mailen op het pas geopende internet.

Een commissie van de RUG vergeleek verschillende e-mailprogramma's, waaronder PINE. Pegasus Mail, ofwel PMail, van de Nieuw Zeelander David Harris stak er gunstig bovenuit. Het werkte op de toen inmiddels veel gebruikte Novell-LAN's voor pc's, die een eigen protocol hadden. Maar via het ook door Harris gemaakte programma Mercury konden de berichten naar TCP/IP van internet worden geconverteerd. Een belangrijk pluspunt van PMail was dat het gratis was, Harris zag PMail als een missie.

In 1991 besloot het RC om met PMail in zee te gaan. In plaats van de ingewikkelde X.400-adressering gebruikte PMail de uit de TCP/IP-wereld afkomstige adressering (RFC 822), zoals we die nu nog kennen¹⁵. In 1992 legde Robert Janz in Intercom de tot 2005 gebruikte naamgeving uit, waaraan je kon zien op welk instituut iemand werkte¹⁶. Janz benadrukte overigens in een introductiebijeenkomst dat PMail, in afwachting van een X.400, als een tussenoplossing moest worden beschouwd.



Figuur 5. rc-medewerker Hopko Meijering leunend tegen een stapel centrale e-mail servers in de Zernikeborg. Ongeveer 70% van alle e-mails is spam. (foto J. Kraak).

Idealist David Harris • Het rc nam contact op met David Harris die PMail in zijn vrije tijd had gemaakt. rc-medewerker Marijke Verheij vertaalde de dialogen van het PMail-pakket. Ook schreef ze de Nederlandse handleiding, zie *figuur 4*. Marijke had geregeld e-mailcontact met Harris en merkte dat hij, daar aan de andere kant van de wereld, zo'n beetje dag en nacht werkte. Harris bezocht op kosten van het rc enkele malen Europa. In 1992 werd hij geïnterviewd voor het rc-magazine *Intercom*¹⁷. Hij nam ontslag als systeemp programmeur bij de universiteit van Otago om zich geheel aan PMail te kunnen wijden. Maar zijn missie van gratis software verschaffen, handhaafde hij. Hij leefde voortaan van de opbrengst van de documentatie van PMail, dat binnen korte tijd over de hele wereld werd gebruikt. Als hij het anders had aangepakt was hij, zoals veel anderen, schatrijk geworden. Brad Clements, die tegelijk met hem werd geïnterviewd en die wel de commerciële kant op ging, noemde het 'martelarengedrag'.

Tijdens de slotlezing op de Nederlandse surfnet IC/ICP-dagen in oktober 1992, met veel lezingen over het X.400-protocol door surfnet-deelnemers van buiten Groningen, poneerde Davis Harris dat de door hem gebruikte RFC 822-adressering veel gemakkelijker was en dus de voorkeur had. Spoedig zou hij gelijk krijgen.

Per 1 juli 1993 vervielen op de rug de centrale mailboxen op de Cyber en de vax en werden de faculteiten zelf verantwoordelijk voor de mailbox-voorzieningen¹⁸.

In 1993 kreeg het bedrijfsleven toegang tot surfnet. Reeds in 1998 was er sprake van spam¹⁹, spoedig zou dat een grote plaag worden, zie *figuur 5*.

IMAP en Thunderbird, 2005 • PMail heeft jarenlang naar ieders tevredenheid gefunctioneerd, maar omstreeks 2000 kwam er behoefte kwam aan andere e-mailprogrammatuur, zoals Outlook van Microsoft. Er werd een onderzoek gestart naar het *Integrated Mail Application Protocol* (IMAP)²⁰. In 2005 werd IMAP met de bijbehorende infrastructuur vrijwel rug-breed ingevoerd. E-mail werd weer centraal opgeslagen en op spam gefilterd. Door 'voortschrijdend' inzicht verdween de instituutsidentificatie uit het adres. In Pictogram verbaasde redacteur Frank den Hollander zich – als 'kind' van de jaren 70? – erover, dat deze verdwijning niet tot een storm van verontwaardiging binnen de rug-gemeenschap had geleid...

PMail kan nog steeds als client-programma voor IMAP worden gebruikt, maar aan (*open-source*) Thunderbird wordt, vanwege het zelflerende spamfilter, door velen de voorkeur gegeven. David Harris, die het als een David heel lang tegen Goliath/Microsoft heeft volgehouden en die de rug zoveel geld heeft bespaard, heeft het blijkens de notitie ‘We Need Your Help’²¹ thans moeilijk.

-
- 1 Zie ook <http://emailhistory.org/>.
 - 2 M. Heemstra, SURFnet in de groei, Intercom april 1992.
 - 3 In memoriam geschreven door E.W. Dijkstra,
www.cs.utexas.edu/users/EWD/transcriptions/EWD11xx/EWD1177.html.
 - 4 Aan Van de Snepscheut wordt de volgende uitspraak toegeschreven: “In theory, there is no difference between theory and practice. But, in practice, there is.”
 - 5 Open systems interconnect, http://en.wikipedia.org/wiki/Open_Systems_Interconnect.
 - 6 Er gaat het verhaal dat Piet Beertema's eerste e-mailadres was piet@nl.
 - 7 hart.amsterdam/nl/page/38039/25-jaar-internet-in-nederland
 - 8 www.netkwesties.nl/documenten/25%20jaar%20internet%20in%20Nederland.pdf.
 - 9 Inmiddels is er een 10 Gbps-verbinding.
 - 10 Aangetekend moet worden dat internet in die tijd nog een ondergeschikte rol speelde. Pas een jaar of vijf later zou de grote expansie beginnen.
 - 11 Harm Paas wacht nog steeds op antwoord.
 - 12 Aan de lijst van IP-adressen kan men de volgorde aflezen waarin instituten werden aangesloten. Na het RC (129.125.4.xxx), Informatica (129.125.5.xxx) kwam Sterrenkunde (129.125.6.xxx), waar Jaap Haaijer de internetsoftware installeerde.
 - 13 Dit bleek bij een mondeling overleg met SURFnet een half jaar later. Mente Heemstra was daar bij.
 - 14 Robert Janz maakte de doorbraak TCP/IP bekend op een bijeenkomst in het RC en vertelde erbij dat het voorlopig was. RC-medewerker Jan Hemel herinnert zich nog het gevoel van teleurstelling dat hij toen had: dat hij zich zou moeten behelpen met een ‘houtje-touwtje’-oplossing.
 - 15 Tony Hoare en Niklaus Wirth, de ontwerper van PASCAL, stapten uit het ALGOL60-comité en schreven daar later verbitterd over, zoals Hoare in zijn ACM Turing Award lezing The Emperor's Old Clothes, dl.acm.org/doi/10.1145/1283920.1283936
 - 16 Interview met Robert Janz en Marijke Verhey, Intercom februari 1992.
 - 17 R. Janz, *E-mailnaamgeving bij de rug*, Intercom, april 1992.
 - 18 Interview met David Harris en Brad Clements, Intercom, oktober 1992.
 - 19 RC-Mededelingen, Intercom, augustus 1993.
 - 20 R. Janz, *Spammail*, Intercom, september 1998.
 - 21 Jaarverslag RC 2000.
 - 22 www.pmail.com/helpus.htm.

27 Het World Wide Web (www)

170

171

De beschikbaarstelling van allerlei soorten informatie via internet heeft, nog veel meer dan e-mail dat in het vorige hoofdstuk is besproken, grote invloed gehad op vrijwel alle sectoren van onze samenleving.

FTP • Tot 1991 kon je alleen met behulp van het programma FTP informatie ophalen vanaf andere aangesloten computers op internet, waarvan je de naam of het IP-nummmmer moest kennen. Je kon al zoeken met *Archie*, maar er moest nog heel wat worden uitgevonden, voordat het zo gemakkelijk werd als tegenwoordig om op internet ‘rond te struinen’.

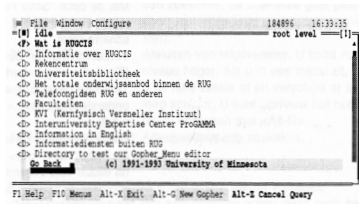
RUGCIS en Gopher • In 1991 maakte *Gopher* het opvragen van informatie al wat geriefelijker. Via een hiërarchisch keuzemenu kon je tekstfiles, zonder enige opmaak en zonder illustraties, opvragen. Gopher werd vanaf 1992 aan de RUG gebruikt om allerlei interne informatie bestemd voor studenten, telefoonboeken, USENET-discussiegroepen, etc. beschikbaar te stellen. Men sprak van een *Campus Wide Information System*: aan de Rijksuniversiteit Groningen RUGCIS genoemd¹.

Het inhoudelijk samenstellen van de hiërarchische menu's en het verdelen van de informatie daarover vereist een diepgaande kennis van die informatie. Hetzelfde geldt voor de gebruiker van de menu's: alleen als die hetzelfde ‘wereldbeeld’ heeft als de maker kan hij snel informatie vinden. Aangezien dat bij grote hoeveelheden informatie zelden het geval is, kwamen er al snel zoekmachine's zoals *Veronica*.

Tim Berners-Lee vindt websurfen uit • De fysicus Tim Berners-Lee schreef in 1989 in een nog zeer leesbaar artikel² waarom de hiërarchische manier van ordenen van informatie die aan Gopher ten grondslag ligt, niet aansluit op de natuurlijke manier waarop de meeste mensen zoeken in enorme collecties met onbekende informatie. Als voorbeeld nam hij de wijze waarop een nieuwkomer kennis verzamelt over een grote organisatie, zoals het grote onderzoekscentrum CERN in Genève waar Berners-Lee destijds werkte. Dat gebeurt min of meer op een ‘hapsnap-manier’.

Je gaat niet eerst naar de directeur om je wegwijs te laten maken in de organisatiestructuur en de diverse competenties daarvan. In plaats daarvan begin je de eerste de beste iets te vragen wat je te binnen schiet. Daarna kom je al her en der vragend tot een zeker beeld van de organisatie. Een mens wil namelijk zijn associaties, dwars door een hiërarchie heen, kunnen volgen. Wat niet wil zeggen dat voor bepaalde gevallen een hiërarchische ordening geen zin heeft.

Wat geldt voor de ordening van informatie van een grote organisatie, geldt ook voor alle informatie in ‘de wereld’, volgens Berners-Lee. Aldus het basisidee van het *websurfen*.



Figuur 1. RUGCIS/Gopher-menu



Figuur 2. Tim Berners-Lee

Hyperlinks • Voor het volgen van associaties bedacht Berners-Lee *hyperlinks*. Daarmee kun je vanuit een tekstdocument een ander tekstdocument, een plaatje, een filmpje, etc. opvragen vanaf een op het internet aangesloten computer - waar ook ter wereld. Het idee van hyperlinks was niet nieuw, maar hij heeft er wel een praktische implementatie voor gemaakt via de *Universal Resource Locator* (URL). Aldus ontstond een wereldwijd netwerk van informatie: het *World Wide Web*, afgekort tot *www* of tot *web*.

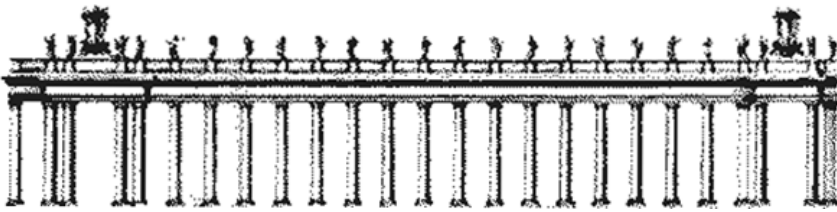
Verder bedacht Berners-Lee het eenvoudige opmaaktaalje **HTML**: *Hyper Text Markup Language*, een subset van de al bestaande krachtige opmaaktaal **SGML**. Met **HTML** kun je met weinig inspanning als opmaker, een document er veel aantrekkelijker uit laten zien dan een Gopher-tekst.

Vervolgens maakte hij, aanvankelijk alleen met de hulp van Robert Cailliau, een *webserver*: een computer waar via HTML vormgegeven informatie vanaf is te halen. De eerste *webclient* *LYNX* (mei 1991), waarmee je informatie van de server kon ophalen en bekijken, kon nog geen plaatjes tonen. In 1993 werd *Mosaic* de eerste grafische webclient. Mosaic werkte aanvankelijk alleen op zware grafische werkstations. Pas toen Mosaic voor pc's beschikbaar kwam, begon het grote succes van het web.

Langzaam begin • Gopher kreeg aanvankelijk meer aandacht dan www omdat Gopher snel was en te gebruiken op de toenmalige pc's. Ook zal hebben meegespeeld dat de hiërarchische manier van ordenen informatici toen veel meer aansprak dan de argumenten van Berners-Lee die het over de menselijke wijze van denken had – iets waar lang geen serieuze aandacht aan is besteed.

Ik heb Cailliau in 1997 horen vertellen dat ze de eerste tijd geen poot aan de grond kregen en dat een paper over het web op een belangrijke conferentie werd geweigerd. Triomfantelijk voegde hij er aan toe, dat zij enige jaren later op hun beurt weigerden om op dezelfde conferentie een *invited talk* te houden.

RUG-pioniers • Aan de RUG pionierden een aantal mensen met het web, zoals Frans van Hoesel die destijds bij Chemie werkte en thans hoofd van de afdeling HPC&V van het RC is – op zijn naambordje staat *Illusion Manager*.



Figuur 3. Vatican Exhibit Main Hall, gemaakt door Frans van Hoesel (RUG), 1993.

Hij maakte in 1993 een internettentoonstelling van de Renaissancekunst uit het Vaticaan (figuur 3)³. Als snuffje bevatte de site de eerste bezoekersteller van het web⁴. Tim Berners-Lee zegt over de tentoonstelling in een interview het volgende: “*Actually, I’ll tell you one milestone: when Frans van Hoesel put up the hypertext of the Vatican Renaissance exhibit that the Library of Congress was hosting. At that point he took some really good, high-quality material and used hypertext to produce a beautiful way of browsing around it. That showed a whole lot of people that you could put really gripping quality onto the Web*”⁵.

Frans maakte ook een site voor het beroemde restaurant Le Cordon Bleu in Parijs. Hij kreeg daarvoor toestemming van de eigenaar die nog nooit van www had gehoord en speciaal naar Groningen kwam om de website te bekijken⁶.

Rik Stigter was bij PPSW ook al vroeg bezig met een website. Samen met Wim Liebrand, later directeur van SURF, diende hij bij de SURF-WTR een voorstel in tot het schrijven van een gedistribueerde webzoekmachine. Het voorstel werd afgewezen met de woorden: “*Uw voorstel is té innovatief*”⁷.

Ger Boonstra, tegenwoordig werkzaam bij Letteren, schreef in oktober 1993 als eerste enthousiast over het web in Intercom: de voorganger van Pictogram. Uit het stuk blijkt dat er voor webgebruik toen nog heel wat technisch vernuft nodig was.

In 1994 stonden Peter van Laarhoven en Hayko Wind op een SURF-conferentie met een werkstation voorzien van *webcam*. Daarmee maakten ze ter plekke voor congresgangers een persoonlijk website voorzien van o.a. een foto. Er stond een lange rij voor de stand.

Koffiepot en webcam • Iedereen die het begin van het web heeft meegemaakt, zal zich de website van het Cambridge Computer Lab met de koffiepot herinneren⁸. Je kon zien hoever de koffiemachine was gevorderd met het aanmaken van koffie. Aanvankelijk maakte men met eigen apparatuur opnamen van de koffiepot. Dit resulteerde uiteindelijk in wat we nu een webcam noemen. In het RC werd in het IT-Lab op een bepaald moment een webcam geplaatst, maar dit stuitte op bezwaren.

Workshop • In december 1994 werd het web universiteitsbreed uitgedragen in een serie workshops, nog onder de vlag van Campus Wide Information Systems. Inleiders waren Bert Bos, Douwe Fokkinga, Maarten van Gelder, Peter van Laarhoven en Hayko Wind. Bert Bos, die later bij het W3-consortium zou gaan werken, gaf onder meer een korte uitleg van HTML. Van de vele onderwerpen noem ik hier alleen Gopher, TCP/IP en Mosaic:



Rijksuniversiteit Groningen

Centre for High-Performance Computing

Faculty of Mathematics and Physical Sciences
University of Groningen

Blauwborgje 3
9747 AC Groningen
The Netherlands

Figuur 4. Eerste homepage HPC, 1995.

de eerste grafische webbrowser. Netscape volgde Mosaic op, daarna kwam Internet Explorer.

Na deze workshop maakte ik begin 1995 de eerste website van het HPC, waaronder het Visualisatiecentrum⁹ viel (*figuur 4*). Daarvóór waren al andere rug-groepen met een eigen website begonnen zoals Scheikunde, icce, ub etc. In de volgende jaren begon de opmars van www.

rug-website www.rug.nl, huisstijl nummer 1 • Reeds in 1994 beraadde het rc zich in samenwerking met surf over de toekomst van RUGCIS in verband met de opkomst van www¹⁰. Gopher werd uitgebreid met enkele opties van www maar kon de concurrentie met www op den duur toch niet aan. Nog tot 1997 werd er doorgegaan met RUGCIS/Gopher, terwijl steeds meer groepen en faculteiten hun informatie via een eigen webserver aanboden.

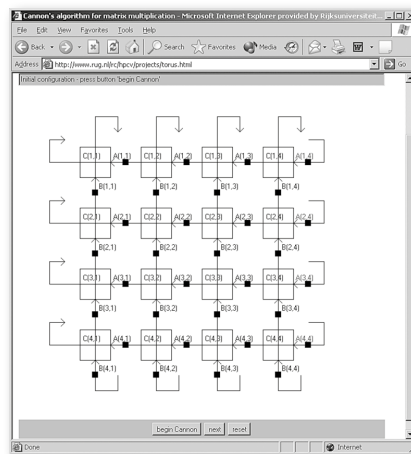
Op de website www.archive.org worden vanaf 1996 websites bewaard. Daar kan men ook de eerste centrale rug-webpagina www.rug.nl vinden, gedateerd 9 juli 1997 en uitgevoerd in de eerste rug-huisstijl (*figuur 5*)¹¹. Van hieruit kon men naar de webpagina's van de afzonderlijke webserveren binnen de universiteit springen. De inhoud van RUGCIS werd geconverteerd naar de webtechnologie, maar er was ook een Gopher-versie voor gebruikers met pc's zonder Windows.

Enkele groepen zoals de Faculteit Wiskunde en Natuurwetenschappen, hielden zich er aan, maar velen volgden – naar de gewoonte van de tijd - hun eigen smaak. Op www.archive.org vindt u daar voorbeelden van, zoals de webpagina's van Chemie (www.chem.rug.nl) en van icce (www.icce.rug.nl: *handy for your Cruise Missiles: The icce is located at latitude N 53:12:53, longitude E 006:33:18.*).

In 1996 kwam in Intercom de rubriek *Werken aan de Digitale snelweg*, over onder meer de elektronische vorm van de Universiteitskrant¹² en de Digitale Stad Groningen¹³.



Figuur 5. De eerste homepage van de rug in huisstijl nummer 1, juli 1997.



Figuur 6. Webpagina met animatie via Java, 1997.

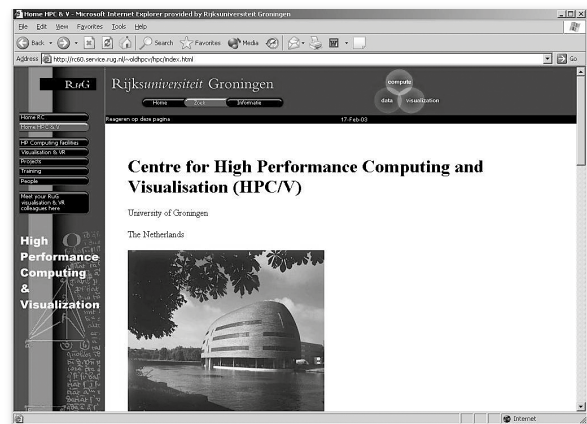
Op 19 november 1997 opende de Universiteitsbibliotheek de Elektronische Bibliotheek met ruim 130 werkstations, waarop bibliotheekcatalogi en online databestanden etc. waren te raadplegen. Ook konden studenten hier op internet werken. Het nieuwe hoofd van de e-bibliotheek, de 'andere' Peter van Laarhoven, confronteerde de genodigden al meteen met een nieuw probleem: het websurfen als zuiver tijdverdrijf, om niet te zeggen bron van verslaving. Bars merkte Van Laarhoven op: *“De Elektronische Bibliotheek is een plek om te werken; en als wij zeggen werken, dan bedoelen we werken. Het open karakter van het web is zowel een voor- als een nadeel...”*¹⁴.

In diverse cursussen werd het gebruik van internet onderwezen¹⁵. Met de objectgeoriënteerde programmeertaal Java kon men interactie aan een webpagina toevoegen. Daarmee programmeerde ik in 1997 een illustratie van Cannon's algoritme voor matrixvermenigvuldiging, als voorbeeld van systolische parallele verwerking (figuur 6)¹⁶.

RUG huisstijl nummer 2 (1999) • Velen hadden zich met veel enthousiasme, maar dikwijls met weinig gevoel voor vormgeving, gestort op het maken van websites voor hun instituut, die meestal beschikbaar werden gesteld op lokale webservern. Qua vormgeving was het een grote chaos. Een ander bezwaar was dat de informatie op de centrale RUG-website niet voldoende op (toekomstige) studenten e.d. was afgestemd.

Daarom werd in 1998 niet alleen besloten om de indeling van de universiteitsinformatie te verbeteren, maar ook om de vormgeving eigentijdser te maken. Studio Dorèl ontwierp de nieuwe vormgeving (huisstijl nummer 2). Er was geen ruggespraak met gebruikers, het rc verzorgde de implementatie. Op 31 maart 1999 werd de nieuwe RUG-homepagina met nogal wat feestgedruis in gebruik genomen¹⁷. Wybe van Dijk werd webcoördinator, een nieuwe functie aan de RUG.

Omdat de faculteiten toen nog tamelijk autonoom waren op ICT-gebied, vond de nieuwe vormgeving wederom lang niet overal ingang. Het maken van een website in de nieuwe



Figuur 7. Website HPC&V in huisstijl nummer 2.

vormgeving was tamelijk lastig, dat zal ook hebben meegespeeld. Toen ik de website van het HPC&V moest aanpassen, maakte ik eerst een algemeen programma¹⁸ waarmee je gemakkelijk een sjabloon voor een website-nieuwe-stijl kon maken (figuur 7)¹⁹.

Webplatform (2003) • Nog maar net was huisstijl nummer 2 in gebruik genomen, of op 12 september 2000 werd al het startschot gegeven voor het nieuwe webplatform voor de Rijksuniversiteit Groningen (figuur 8).

Pictogram schreef: *Dit gebeurde door het aansnijden van een enorme taart door dr. Marius Kooijman, portefeuillehouder website en nieuwe media van het College van Bestuur van de RUG. Op de taart stond www.webplatform.rug.nl gespoten, het webadres waar alle informatie over dit project is te vinden.*

Uit deze passage zijn twee dingen van belang: de naam van Kooijman van het CvB en het woord project. Het betekende dat er nu van bovenaf door middel van een projectaanpak een nieuw webplatform zou worden gemaakt. Dit was een voorbode van de huidige centralisatie.

Iedereen binnen de universiteit moest meedoen, van de oude vrijheid-blijheid-gedachte was geen sprake meer. Begin 2002 werden alle betrokkenen bijeengeroepen voor een technische uitleg door Erik Saaman in een imponerende zaal met kroonluchters (figuur 9).

Er was enorm veel overleg nodig. Projectleider Hans Beldhuis – thans directeur van het Apollo onderwijsplatform: *“Ik ben een keer even kort uit een vergadering weggegaan om het op zijn beloop te laten, ik kon het toen niet meer aanhoren. Gelukkig is het allemaal toch goed gekomen.”* Kosten nog moeite werden gespaard. Van sommige mensen is heel veel gevraagd²⁰.

Uiteindelijk kwam in 2003 het nieuwe gezamenlijke webplatform beschikbaar, met een grote beheersorganisatie en een speciale helpdesk. Geregeld is de cursus *Schrijven voor het Web* te volgen: goed voor een certificaat van acht klokuur.



Figuur 8. Marius Kooijman (l) en Wim Janssen (r) snijden de taart aan (foto Elmer Spaargaren).



Figuur 9. Technisch overleg over webplatform, voorjaar 2002 (foto J. Kraak).

XML, Xopus • Technisch gezien is het webplatform gebaseerd op een *XML content management systeem* (cms) en voorzien van de webeditor *Xopus*, waar diegenen die voordien andere webtools gebruikten mokkend op over gingen. Want een heleboel 'leuke dingen' konden niet meer.

Alle webpagina's staan op een *centrale server*. De vormgeving (huisstijl nummer 3) is uniform geworden. Toen alle universitaire websites aangepast moesten worden aan de eisen voor visueel gehandicapten, bleek dit erg handig. Bij een landelijke verkiezing kwam de RUG-website wederom op de eerste plaats van de universitaire websites in Nederland, vooral vanwege de doelgroepeniging 'Informatie voor ...'.

Het vollopen van het cms heeft momenteel (2005) een al maar nadeliger invloed op de performance. Daarom vergt het webplatform nog veel aandacht.

- 1 M. G. T. Verhey en J. van Beek, *Building a Campus Wide Information System, Problems and Solutions*, Proceedings Network Services Conference '93, Warschau.
- 2 www.w3.org/People/Berners-Lee/
- 3 Frans van Hoesel's website, http://acornatom.nl/atom_handleidingen/pcharme/fvh/frans.html
- 4 F. van Hoesel, *The Expo Initiative*, www.ibiblio.org/expo/vatican.exhibit/exhibit/Main_Hall.html
- 5 www.w3.org/People/Berners-Lee/1997/w3j-3-iview.html
- 6 Restaurant Le Cordon Bleu, www.ibiblio.org/expo/restaurant/restaurant.html
- 7 Rik Stigter reed op zijn Honda motorfiets naar de vergadering van de SURF-WTR. Onderweg droeg hij nieuwe motorhandschoenen, die zwart hadden afgegeven. Dat had hij niet door toen hij in de vergadering de - in zijn ogen van toen - 'hoge heren' een hand gaf. Maar die vatten het sportief op.
Omdat in het SURF-archief na vijf jaar alles wordt weggegooid, is er geen verslag van deze vergadering te vinden bij SURF. Wim Liebrand heeft het nagezocht.
- 8 Q. Stafford-Fraser, *The Life and Times of the First Web Cam*, www.cl.cam.ac.uk/coffee/qsfcacm200107.html

- 9 J. Kraak, *WWW-pagina Visualisatiecentrum*, Intercom maart 1995.
- 10 H. Wind, Het CWIS+project, Intercom, november 1994.
- 11 Het is niet precies te achterhalen wanneer de universitaire website is gelanceerd.
- 12 Intercom februari 1996.
- 13 Intercom augustus 1996.
- 14 F. den Hollander, Elektronische Bibliotheek, Intercom, december 1997.
- 15 J.F. van Beek, J.B. Douwes Dekker, M.G.T Verhey, *Internet: de wereld onder handbereik*, Rekencentrum RUG, 1997.
- 16 J. Kraak, *Iets over Java*, Intercom 1997,
www.rug.nl/society-business/centre-for-information-technology/research/hpcv/people/kraak/ljaval.
- 17 J. Hemel, *De nieuwe website van de RUG*, Pictogram, mei 1999,
ugp.rug.nl/pictogram/article/view/3903.
- 18 J. Kraak, *Generator voor websites in de RUG huisstijl*, Pictogram december 1999. Anneloes Degenaar, Jan Hemel, Frans Velthuis hielpen mee, ugp.rug.nl/pictogram/article/view/3863.
- 19 In het linker frame ziet u de vermoedelijk eerste grafiek ooit in Nederland getekend, zie verder:
Zoektocht naar de oorsprong van de grafische voorstelling, www.rug.nl/society-business/centre-for-information-technology/organisation/geschiedenis/zoektocht.
- 20 F. den Hollander, K. Piersma, *Webplatform: een stand van zaken*,
ugp.rug.nl/pictogram/article/view/3944.

“Pioniers waren we tijdens de eerste jaren van het in 1959 opgerichte Rekencentrum. Veel moest er nog worden uitgevonden. Door de trage verwerking van de programma’s en de gebrekkige programmeerhulpmiddelen ging alles moeizaam en traag. Je moest je levenstempo erop afstemmen en alleen mensen met veel geduld voelden zich er helemaal gelukkig bij.”

•

Jan Kraak was programmeur bij het in 1959 opgerichte Rekencentrum van de Rijksuniversiteit Groningen, later het Centrum voor Informatie Technologie (CIT). In het ICT-magazine Pictogram schreef Kraak jarenlang artikelen over zijn werk; van het eerste Zeer Eenvoudige Binair Reken Apparaat (ZEBRA) tot en met de laatste ontwikkelingen op het gebied van informatievevisualisatie en de komst van het world wide web.

In 2006 ging Jan Kraak met pensioen, maar hij bleef schrijven voor Pictogram. Dit boek bevat een door hemzelf gemaakte selectie van zijn meest interessante artikelen; een boeiende geschiedenis van een halve eeuw universitaire rekenfaciliteiten.

•

Kristien Piersma en **Frank den Hollander** vormden van het begin tot het eind de kernredactie van het ICT-magazine Pictogram. Piersma werkt als communicatieadviseur bij het Centrum voor Informatie Technologie, Den Hollander is communicatiemedewerker bij de Universiteitsbibliotheek Groningen.

*In de reeks **Campuspublicaties** geeft University of Groningen Press de meer populair-wetenschappelijke publicaties uit. Hieronder vallen b.v. publicaties over de Rijksuniversiteit Groningen, de geschiedenis van de universiteit en biografieën van hoogleraren.*



9 789403 429458 >