VISUALISERING VAN VERANDERINGEN IN HET LANDSCHAP

Een computer-ondersteund ontwerpinstrument voor de (landschaps)architect

J. Roos-Klein Lankhorst

ONTVANGEN
06 MAART 1989
EN KARDEX

NN08201,1261

Stellingen

1. Door de gebrekkigheid van de conventionele visualiseringstechnieken wordt (nog) te veel vanaf de plattegrond ontworpen om een juiste inschatting van zowel de maatvoering als de ruimtelijke compositie van het ontwerp (vanaf ooghoogte) te garanderen.

   Dit proefschrift

2. Uitgaande van de conclusies van Rongen en Coeterier over het belang van detaillering, textuur en belichting voor de ruimtewaarneming, is het gebruik van schetsen voor de visualisering van veranderingen in het landschap een dubieuze zaak.

   M.J.Th. Rongen, 1973: Visuele representaties, hun toepasbaarheid in gedragsonderzoek en beoordeling van de gebouwde omgeving.
   J.F. Coeterier, 1987: De waarneming en waardering van landschappen.
   Dit proefschrift.

3. Met de computer gegenereerde perspectiefbeelden van bestaande landschappen zullen, ondanks het gebruik van de meest geavanceerde invoer- en beeldsynthese-technieken, nooit de natuurgetrouwe weergave van foto's kunnen evenaren; de bruikbaarheid van deze technieken voor de weergave van veranderingen in een landschap is daarom beperkt.

   Dit proefschrift

4. Fotomontage biedt redelijk goede mogelijkheden voor het weergeven van veranderingen in het landschap, maar is te weinig flexibel om bruikbaar te zijn voor de ondersteuning van de beeldvorming tijdens het ontwerpproces.

   Dit proefschrift

5. Het computer-ondersteund aanpassen van gescande foto's of gedigitaliseerde videobeelden biedt de mogelijkheid om flexibiliteit en realisme in het beeldmateriaal te combineren.

   Dit proefschrift

6. Het instrumentarium van de landschapsarchitect is pas compleet wanneer een geïntegreerd geheel van GIS-, CAD-, videomanipulatie- en desktop-publishing faciliteiten binnen handbereik is.

   (GIS = Geographical Information System, geografisch informatiesysteem;
   CAD = Computer Aided Design, computer ondersteund ontwerpen;
   Desktop-publishing = Vormgeving van documenten op een personal computer.)

7. Het feit dat steeds meer geografische gegevens in digitale vorm beschikbaar komen biedt uitzicht op een tijdperk waarin projectgebonden inventarisaties en analysebewerkingen in onvoorstelbaar korte tijd kunnen worden verricht. De discussie over de conceptuele aanpak verschuift dan naar dicussies over het aantal (sub)concepten dat moet worden uitgewerkt alvorens tot een gefundeerde keuze kan worden gekomen.

8. Aangezien bij simulatiemodellen van natuurlijke processen de mate van overeenkomst met de werkelijkheid onvoldoende bekend is, is de gedetailleerdheid van de berekende uitkomsten een schijnnauwkeurigheid.

9. Indien de JMA Information Engineering methode de eigen uitgangspunten: top-down-benadering, consistentie en eenduidigheid, zou betrachten bij de gegevensanalyse, dan zou clustering via het opstellen van een C/U-matrix niet nodig zijn.

   "Globale informatie architectuur van het landelijk gebied", verslag van het GIALG-project sept.-dec. 1988 (in prep.).
   (In een C/U-matrix wordt aangegeven welke gegevens door welke aktiviteiten worden gecreëerd (C) of gebruikt (U).)

10. Uitsluitend gebruik van zogenaamde "natuurlijke" interactiemethoden leidt in veel gevallen tot een beperkt en conventioneel gebruik van de computer.

11. Het gebruik van geografische informatiesystemen in de ruimtelijke planning vereist een ondubbelzinnig keuzeproces, waardoor dit proces - in tegenstelling tot conventionele methoden - in principe secuur te controleren is. Teneinde deze systemen bruikbaar te maken voor de politiek zullen er verdoezelfunkties en wolligetaal-generators aan moeten worden toegevoegd.

12. Een openhaard zonder valse trek is even moeilijk te maken als een onvervalsbaar paspoort.

Janneke Roos-Klein Lankhorst

Visualisering van veranderingen in het landschap, een computer-ondersteund ontwerpinstrument voor de (landschaps)architect.

17 maart 1989, Wageningen.

VISUALISERING VAN VERANDERINGEN IN HET LANDSCHAP

Een computer-ondersteund ontwerpinstrument voor de (landschaps)architect

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0325 1507

Promotoren:
– ir. M.S. Elzas, hoogleraar in de informatica
– ir. M.J. Vroom, hoogleraar in de landschapsarchitectuur

NN08201,1261

J. Roos-Klein Lankhorst

VISUALISERING VAN VERANDERINGEN IN HET LANDSCHAP

Een computer-ondersteund ontwerpinstrument voor de (landschaps)architect

Proefschrift

ter verkrijging van de graad van
doctor in de landbouwwetenschappen,
op gezag van de rector magnificus,
dr. H.C. van der Plas,
in het openbaar te verdedigen
op vrijdag 17 maart 1989
des namiddags te vier uur in de aula
van de Landbouwuniversiteit te Wageningen

BIBLIOTHEEK
LANDBOUWUNIVERSITEIT
WAGENINGEN

ISN = 272237

INHOUD

VOORWOORD 1

SAMENVATTING 5

SUMMARY 11

RÉSUMÉ 17

KLEURENFOTO'S 23

1 INLEIDING 25

1.1 Aanleiding van het onderzoek 25

1.2 Doelstelling en afbakening van het onderzoek 26
1.2.1 Doelstelling 26
1.2.2 Afbakening van het onderzoek 26

1.3 Indeling van het onderzoek en van de verslaglegging 28

1.4 Keuze van de praktijkvoorbeelden 28

2 SELECTIE VAN DE VISUALISERINGSTECHNIEK 31

2.1 Visualiseren in de landschapsarchitectuur 31
2.1.1 Problematiek 31
2.1.2 Gangbare visualiseringstechnieken 33
2.1.3 Literatuur over de bruikbaarheid van visuele representaties 35
2.1.4 Een ideaal visualiserings- en ontwerpsysteem 38

2.2 Computerondersteunde technieken 39
2.2.1 De invoer en weergave van het ontwerp 41
2.2.2 Het inwinnen en invoeren van landschapsgegevens 43
2.2.3 Technieken voor het weergeven van het ontwerp in de omgeving 46
2.2.4 Conclusies en een eerste selectie 49
2.2.5 Zichtbaarheidsberekeningen 51

2.3 Het mengen van computerbeelden met videobeelden 52
2.3.1 De mengtechniek 52
2.3.2 Het opslaan van de beelden 53
2.3.3 Presentatie van de gemengde beelden 54
2.3.4 Animatie 54
2.3.5 Beeldmanipulatie 56

2.4 De geselecteerde visualiseringstechniek 56

3 SPECIFICATIE EN SELECTIE VAN DE APPARATUUR 59

3.1 Algemene computerapparatuur 59

3.2 Grafische apparatuur 59
3.2.1 Eisen voor de beoogde toepassing 59
3.2.2 Specificaties 60
3.2.3 De beschikbare grafische apparatuur 60
3.2.4 De aangeschafte grafische apparatuur 61

3.3 Video-apparatuur 61

4 SPECIFICATIE EN SELECTIE VAN DE PROGRAMMATUUR 63

4.1 Programmatuur voor beeldsynthese 63
4.1.1 Geometrische modellen 63
4.1.2 De berekening van de projectie 67
4.1.3 Het genereren van getinte afbeeldingen 69
4.1.4 Nieuwe technieken voor beeldsynthese 71

4.2 Programmatuur voor beeldverwerking 73
4.2.1 Enkelbeeldpunt-bewerkingen 73
4.2.2 Bewerkingen op beeldpuntomgevingen 74
4.2.3 Bewerkingen op meerdere beelden 74
4.2.4 Geometrische bewerkingen 75

4.3 De voor het onderzoek geselecteerde programmatuur 75
4.3.1 Programmatuur voor beeldsynthese 75
4.3.2 Programmatuur voor beeldverwerking 78

5 VISUALISEREN MET DE ONTWIKKELDE PROGRAMMATUUR 79

5.1 Nadere specificatie van de programmatuur 79

5.2 Algemene kenmerken van de ontwikkelde programmatuur 80

5.3 Het invoeren/wijzigen van het ontwerp 81
5.3.1 Het hoofdmenu van de grafische editor 81
5.3.2 De "body editor" 82
5.3.3 De "face editor" 84
5.3.4 De "tile editor" 84

5.4 Het invoeren van de zicht- en lichtparameters 84
5.4.1 De zichtparameters 85
5.4.2 Een snelle blik vooraf 85
5.4.3 Berekening van een passende projectie 86
5.4.4 Schaduwstudies en lichtparameters 88

5.5 Het op elkaar afstemmen van de getinte projectie en het gedigitaliseerde beeld 89
5.5.1 Bewerkingen op de achtergrond 90
5.5.2 Bewerkingen op de voorgrond 91
5.5.3 Specifieke bewerkingen op de projectie 93
5.5.4 Specifieke bewerkingen op de gedigitaliseerde beelden 95

6 TOEPASSINGEN 101

6.1 Inleiding 101

6.2 "Ons nieuwe gebouw" 102
6.2.1 De invoer van het gebouw 102
6.2.2 Het passend maken van de projecties 103
6.2.3 De belichting 104
6.2.4 De verdere afwerking van de montages 104

6.3 Bossen in Midden Delfland 105
6.3.1 De invoer van de plannen en de berekening van de vogelvluchtperspectieven 105
6.3.2 Bepaling van de zichtparameters voor de montages 106
6.3.3 Vervanging van de "planbossen" door videobeeldfragmenten 107
6.3.4 De verdere afwerking van de montages 108

6.4 De rijksweg bij Abcoude 108
6.4.1 De invoer van het geluidscherm en de bestaande situatie 110
6.4.2 Bepaling van de zichtparameters 110
6.4.3 Het maken van de montagebeelden 111
6.4.4 Het visualiseren van verschillende materialen en ontwerpideeën 113

6.5 Presentatie van het basisplan Florlade 115
6.5.1 De invoer van het plan 115
6.5.2 De plattegronden 115
6.5.3 De perspectiefprojecties 116
6.5.4 De montages 117

7 AANBEVELINGEN VOOR DE VERDERE ONTWIKKELING 119

LITERATUURLIJST 121

BIJLAGE 1: DE GEBRUIKTE APPARATUUR 133

BIJLAGE 2: TECHNISCHE BIJZONDERHEDEN VAN DE ONTWIKKELDE PROGRAMMATUUR 135
1 Programma-modules 135
2 Programma-bibliotheken 136
3 De VISTA-database 138
4 De struktuur van de edit-module VISTED 140
5 De struktuur en de werking van de projectie-module VIEW 142
6 De struktuur van de weergave-module VIDISP en de VIDEO-submodule 149
7 De grafische bibliotheken GRALIB en GRALDV 152
8 De organisatie van de kleurentabel 154
9 De berekening van zichtparameters van gedigitaliseerde videobeelden 156
10 Perspectivische vervorming van beeldfragmenten 161
11 Ontwikkelde beeldverbeteringstechnieken 164
12 Specificaties voor het koppelen van het model aan een beeldenbibliotheek 173
13 Specificaties voor het koppelen van de projectie aan het model 175

VISUALISERING VAN VERANDERINGEN IN HET LANDSCHAP

Een computer-ondersteund ontwerpinstrument voor de (landschaps)architect

VOORWOORD

Dit is de verslaglegging van de ontwikkeling en toepassing van een computerondersteund ontwerpinstrument voor de (landschaps)architect: een hulpmiddel voor het op realistische wijze in beeld brengen van veranderingen in het landschap.

De tekst geeft de verantwoording en uitleg van de gebruikte technieken. Het resultaat van het onderzoek kan echter het best worden beoordeeld op grond van een demonstratie van het systeem en het op videoband vastgelegde vervaardigde beeldmateriaal. Een deel van het beeldmateriaal is in de vorm van foto's opgenomen in dit proefschrift.

Voorgeschiedenis

Voordat ik met de ontwikkeling van het ontwerpinstrument begon, ben ik werkzaam geweest als landschapsarchitecte. Een belangrijk deel van mijn werk bestond uit het aangeven van visuele gevolgen van geplande ingrepen in het landschap. Ik heb toen het gebrek aan een effectief hulpmiddel voor het in beeld brengen van landschapsveranderingen ondervonden.

Eind 1981 kreeg ik bij de vakgroep Informatica van de Landbouwuniversiteit de mogelijkheid om een dergelijk hulpmiddel te ontwikkelen. Nadat de specificaties van het systeem waren vastgesteld bleek dat de benodigde apparatuur niet kant en klaar leverbaar was. In afwachting van de geschikte apparatuur ben ik in deeltijd gaan werken bij de afdeling Landschapsbouw van het Rijksinstituut voor onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw "De Dorschkamp".

Tijdens de verdere ontwikkeling van het systeem heb ik de programmatuur in een aantal projecten van "De Dorschkamp" kunnen gebruiken. Mede door deze toepassingen is men in het instituut overtuigd geraakt van het nut van het te ontwikkelen systeem en is het als eigen project van het instituut geaccepteerd. In de laatste jaren heb ik daarom ook in de tijd van "De Dorschkamp" aan het systeem kunnen werken. Zo is het een gezamenlijk project geworden van de vakgroep Informatica en het instituut "De Dorschkamp". Per 1 januari 1989 is de afdeling Landschapsbouw van "De Dorschkamp"opgegaan in een nieuw instituut voor onderzoek van het landelijk gebied: het Staring Centrum. Ook dit instituut heeft bijgedragen aan de totstandkoming van dit proefschrift.

In de laatste fase van het onderzoek is het ontwikkelde systeem getoetst aan een aantal praktijkvoorbeelden, waarbij ik heb samengewerkt met mijn vorige werkgever, de Grontmij. Het was een waar genoegen om nu wel de beschikking te hebben over het visualiseringshulpmiddel dat ik vroeger zo sterk had gemist. Uit het enthousiasme van de werknemers van de Grontmij en de opdrachtgevers bleek dit genoegen door hen te worden gedeeld.

Toekomst

Het ontwikkelde systeem is nog een prototype. Uit de ervaringen die zijn opgedaan met het toepassen van het prototype zijn nadere specificaties opgesteld, waarvan een deel al in de programmatuur kon worden verwerkt. Een belangrijke tekortkoming, die niet tijdens het onderzoek kon worden verholpen, is de traagheid van het ontwikkelde prototype.

Om het systeem geschikt te maken voor professioneel gebruik zal het eerst moeten worden overgezet op snelle apparatuur, die een deel van de programmatuur kan vervangen. Dit is nodig omdat het systeem erg rekenintensief is en er met grote gegevensbestanden wordt gewerkt, terwijl het sterk interaktief moet worden gebruikt. Om optimaal gebruik te kunnen maken van de mogelijkheden van de toekomstige apparatuur zal de programmatuur vermoedelijk sterk moeten worden aangepast.

In dit verslag wordt daarom slechts summier ingegaan op de technische implementatie van het ontwikkelde prototype. De nadruk van dit rapport ligt op de systeemanalyse en de beschrijving van de toepassing van het systeem. Gehoopt wordt dat software-ontwikkelaars en fabrikanten van grafische apparatuur zullen worden geïnspireerd door dit proefschrift en een bijdrage zullen leveren aan de ontwikkeling van een goed eindprodukt. Dit eindprodukt zal landschapsarchitecten en andere potentiële gebruikers in staat moeten stellen om de verschijningsvorm van de bestaande omgeving zo optimaal mogelijk bij het ontwerpproces te betrekken.

Mijn dank

Allereerst wil ik mijn promotor, professor Maurice Elzas, bedanken voor de gelegenheid en de tijd die hij mij heeft geboden om dit onderzoek te verrichten en voor de inspanningen die hij heeft gedaan om de geschikte apparatuur in huis te halen.

Ook Gerard Gaasbeek, Dik Kettenis en Jan Ockeloen wil ik bedanken voor de hulp die zij mij hebben gegeven bij de aanschaf en het gebruik van de apparatuur. Jan Ockeloen wil ik tevens bedanken voor zijn medewerking aan de video-opnamen en -montages en zijn bereidheid om dit jaar de begeleiding van het CAD-practicum van mij over te nemen.

Dankzij de beschikbaarheid van programmatuur van de groep ABACUS van de Strathclyde University (UK) kon vanaf het begin van het onderzoek de aandacht worden gericht op de ontwikkeling van meer gespecialiseerde onderdelen van de benodigde programmatuur. Mijn grote dank gaat dan ook uit naar Tom Maver en Don Stearn die mij deze programmatuur ter beschikking hebben gegeven en mij bij het inwerken in hun programmatuur hebben geholpen.

Ook de vakgroep Landmeetkunde van de Landbouwuniversiteit heeft programmatuur ter beschikking gesteld, waarvoor ik professor Martin Molenaar en John Stuiver zeer erkentelijk ben.

De meeste dank ben ik verschuldigd aan Dick Dral en Arie Keetman, die een grote inbreng hebben gehad in de ontwikkeling van de programmatuur. Niet alleen wil ik hun danken voor hun enorm energieke inzet, maar ook voor de plezierige samenwerking.

Mijn co-promotor, professor Meto Vroom, Jan te Boekhorst en Joop van der Star dank ik voor hun opbouwende kritiek bij het tot stand brengen van dit proefschrift. Ook ben ik Ardo van Kampen zeer erkentelijk voor zijn taalkundige adviezen en Gerda van Lavieren, Frans Vegter en Meridy Naeff voor de Franse en Engelse vertaling van de samenvatting.

Arie Stolk en Piet Bleeker bedank ik voor al het fotografeerwerk en Hans Vierbergen en Han Schouten voor hun aandeel in de tekstverwerking. Ook ben ik de medewerkers van het Media Advies Centrum (LUW), de Technische en Fysische Dienst voor de Landbouw en het Staringcentrum dankbaar voor hun hulp en het beschikbaar stellen van de apparatuur voor de totstandkoming van de videofilms en dit proefschrift. René Brouwer van het Video Postproduction Centre bedank ik voor zijn uitgebreide demonstratie en uitleg van nieuwe digitale videotechnieken.

Daarnaast wil ik alle medewerkers van de vakgroep Informatica LUW en van de (voormalige) afdeling Landschapsbouw van "De Dorschkamp" bedanken voor het verlichten van mijn taak als medewerker ten bate van mijn promotie-onderzoek, en de morele steun die zij mij hebben gegeven. Jetty van Lith wil ik in het bijzonder bedanken omdat zij mij constant van alles op de hoogte hield.

Dankzij de uitgebreide computerkennis van mijn man Victor heb ik de moed gehad om aan dit onderzoek te beginnen. Met veel geduld en liefde heeft hij me geholpen bij het oplossen van de problemen van de beginnende systeemontwikkelaar. Ook mijn huisgenoten, Marijke, René, Martha, Fred, Marlies, Wouter en Hetty, Bert, Marleen, Sanny, Jolien en Linda kunnen niet onvermoemd blijven vanwege hun goede zorgen in barre tijden.

Tenslotte bedank ik de Grontmij n.v. en de instituten "De Dorschkamp" en het Staring Centrum voor de middelen die zij beschikbaar hebben gesteld voor het drukken van dit proefschrift.

Aan mijn ouders, die mij in staat hebben gesteld om te studeren, draag ik dit proefschrift op. Zij hebben altijd met veel interesse mijn onderzoek gevolgd, en dankzij hen, heb ik mijn proefschrift in een paradijselijke omgeving kunnen schrijven.

SAMENVATTING

Het werkveld van de landschapsarchitect is voor een belangrijk deel gericht op de vormgeving van nieuwe ontwikkelingen in het landschap. Het aangeven van zichtbare gevolgen van geplande ingrepen en het adviseren over de inpassing in het landschap vormen daar een onderdeel van.

Voor het realiseren van deze taken moet de landschapsarchitect zich een beeld kunnen vormen van de veranderingen die bepaalde ontwerpbeslissingen teweeg zullen brengen in het bestaande landschap. De gebruikelijke visualiseringstechnieken bieden echter niet de mogelijkheid om deze veranderingen op een efficiënte wijze (enigszins) realistisch in beeld te brengen.

In een gezamenlijk onderzoek van de vakgroep Informatica van de Landbouwuniversiteit en het Rijksinstituut voor onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw "De Dorschkamp" is nagegaan in hoeverre en op welke wijze de computer kan worden ingeschakeld ten behoeve van de beoordeling van de ruimtelijke consequenties van ingrepen in het landschap.

Het onderzoek was in drie fasen onderverdeeld:
- De eerste fase omvatte een systeemanalyse, waarin is nagegaan welke visualiseringstechniek - uitgaande van de huidige stand van de techniek (1982-1988) - het meest geschikt is. Op grond hiervan zijn eisen opgesteld waaraan apparatuur en programmatuur moesten voldoen. Vervolgens is de benodigde apparatuur geselecteerd en is naar bruikbare programmatuur gezocht.
- In de tweede fase werd de programmatuur nader gespecificeerd. De benodigde aanvullende programmatuur is ontwikkeld en het geheel is geïntegreerd tot een operationeel systeem.
- De derde fase bestond uit een toetsing van het systeem aan praktijkvoorbeelden en een verdere verfijning van de programmatuur.

Hieronder zijn de belangrijkste bevindingen en conclusies van het onderzoek samengevat.

Mogelijkheden van gangbare computer-ondersteunde systemen

In de eerste onderzoeksfase is nagegaan in hoeverre de gangbare computerondersteunde systemen (CAD-systemen) kunnen bijdragen aan een effectieve visualisering van landschapsveranderingen. Hieruit is het volgende geconcludeerd.

Vanwege de technische gerichtheid zijn de CAD-systemen gewoonlijk niet uitgerust met adequate hulpmiddelen voor het maken van ontwerpschetsen. Ook ontbreken goede mogelijkheden voor een efficiënte invoer en duidelijke weergave van "zachte" elementen zoals beplantingen.

Voor het genereren van duidelijk herkenbare perspectiefbeelden van het omringende landschap zouden enorm veel gedetailleerde gegevens moeten worden ingewonnen en ingevoerd. Voor louter visualiseringsdoeleinden zal een dergelijke inspanning zelden worden overwogen. Bovendien zou het berekenen van projecties van de com-

plexe modellen die zouden ontstaan - met de gangbare computersystemen - erg veel tijd kosten en sterk gestyleerde beelden opleveren.

Realistischere beelden worden verkregen wanneer fotomontage wordt toegepast. Met behulp van programmatuur kan een op een foto passende projectie van het ontwerp worden berekend, waarna deze met de hand op de foto van de omgeving wordt gemonteerd. Het is echter lastig om de kleur (of grijstinten) van de projectie op het fotomateriaal te laten aansluiten en om delen van het ontwerp die schuil gaan achter bestaande landschapselementen te verwijderen. Fotomontage leent zich ook niet goed voor het in beeld brengen van sterke veranderingen in het landschap.

Montage op het beeldscherm

Een effectievere werkmethode ontstaat, wanneer niet alleen het ontwerp met behulp van een beeldscherm kan worden gemanipuleerd, maar ook de foto's van het landschap (kleurenfoto's 1a - f).

Met behulp van een scanner kan een foto per beeldpunt worden afgetast en in het computergeheugen worden geladen. Videobeelden kunnen op een eenvoudiger manier, via het omzetten van het videosignaal in digitale informatie, in het computergeheugen worden gebracht (kleurenfoto 1c). Ook kunnen videobeelden - na synchronisatie - analoog met het signaal van de grafische monitor worden gemengd (kleurenfoto 1d). De landschapsbeelden kunnen zo op het (grafische) scherm worden weergegeven.

De ontwerper kan nu tijdens het ontwerpproces op het beeldscherm beschikken over beelden van de omgeving, als achtergrond van zijn ontwerp. Het juiste perspektiefbeeld van het ontwerp moet dan met behulp van computerprogrammatuur op de juiste plaats over het omgevingsbeeld worden geprojecteerd. Aanpassing van de kleuren en het verwijderen van door de omgeving bedekte delen van het ontwerp kunnen interactief op het beeldscherm plaatsvinden.

Wanneer met gedigitaliseerde landschapsbeelden wordt gewerkt, dan kunnen bestaande beplantingen uit deze beelden worden gecopiëerd en elders worden gebruikt voor het realistisch weergeven van geplande beplantingselementen (kleurenfoto 1e). Ook kunnen dan verregaande veranderingen in de landschapsbeelden worden aangebracht. Met analoog gemengde beelden zijn de manipulatiemogelijkheden veel beperkter. Daarom is besloten om met gedigitaliseerde beelden te werken.

De apparatuur

Voor de ontwikkeling van het hulpmiddel is gebruik gemaakt van een modulair grafisch systeem dat volgens de voor deze toepassing opgestelde specificaties kon worden samengesteld. Het systeem is voorzien van een videodigitizer waarmee beelden vanaf een videorecorder in het digitale beeldgeheugen van het grafische systeem kunnen worden geladen. Het beeldgeheugen bestaat uit een hoofdgeheugen waarop ca. 16 miljoen kleuren tegelijk kunnen worden weergegeven, en waarop de gedigitaliseerde videobeelden worden afgebeeld. Daarnaast beschikt het over een overlaygeheugen waarop 256 kleuren tegelijk kunnen worden weergegeven. Hierop

wordt (in eerste instantie) de projectie van het computermodel afgebeeld, waardoor vermeden wordt dat het landschapsbeeld gedeeltelijk wordt overschreven. Er kunnen 4 beelden tegelijk in het beeldgeheugen aanwezig zijn, elk met een resolutie van 512x512 beeldpunten, die afzonderlijk zichtbaar gemaakt kunnen worden (zie kleurenfoto 1f). Het grafisch systeem is gekoppeld aan een VAX 11/750 minicomputer.

De programmatuur

Voor het genereren van perspectiefprojecties van het ontwerp is gebruik gemaakt van een bestaand programma, gericht op visualisering van (stede)bouwkundige ontwerpen, VISTA (Visual Impact Simulation Technical Aid) afkomstig van de Strathclyde University (groep ABACUS), U.K. Het programma is allereerst geschikt gemaakt voor de op de vakgroep aanwezige apparatuur. Daarna is het, in de loop van het onderzoek, geheel herschreven en sterk uitgebreid. Voor de berekening van de passende projectie is gebruik gemaakt van programmatuur van de vakgroep Landmeetkunde (LUW). Om deze bruikbaar te maken voor onze toepassing is aanvullende programmatuur geschreven. De programmatuur voor de bewerking van de montagebeelden is geheel binnen de vakgroep Informatica ontwikkeld.

Visualiseren met de ontwikkelde programmatuur

Voor het maken van een realistische afbeelding van een ontwerp in een bestaand landschap moet - met de tot dusver ontwikkelde computerprogrammatuur - een aantal stappen worden doorlopen. De belangrijkste zijn:

1. Voer een ruw model in van het ontwerp (kleurenfoto's 4a - c). Met een "ruw" model wordt bedoeld een visueel aanvaardbare representatie, zonder technische bijzonderheden, waarbij de geplande natuurlijke elementen (voorlopig) sterk gestileerd worden weergegeven (bijv. kleurenfoto 5a).

2. Neem videobeelden op van het bestaande landschap, digitaliseer ze en sla ze op in bestanden. Registreer tijdens de opname de voor de berekening van een passende projectie benodigde gegevens: de positie van het oogpunt, de datum en het tijdstip en zo mogelijk de brandpuntsafstand en de richting van de camera (bij een gangbare videocamera zijn de brandpuntsafstand en de camerarichting niet nauwkeurig af te lezen).

3. Voer de camerapositie, het focuspunt en de brandpuntsafstand (of de beeldhoek) van de opname in voor zover deze bekend zijn. De overige zichtparameters kunnen worden berekend met behulp van de programmatuur op grond van een aantal opgegeven referentiepunten. In de praktijk blijkt het vaak erg omslachtig en soms onmogelijk om de cameragegevens door de programmatuur te laten berekenen. Bepaal deze grootheden dan op het oog door vergelijking van de berekende projectie (lijntekening) met het er achter afgebeelde landschapsbeeld (kleurenfoto 2a). Neem voor deze vergelijking (de globale vormen van) goed zichtbare objecten van de omgeving in het model op. De juiste zichtparameters zijn gevonden wanneer de projectie van de referentie-objecten precies past op de afbeelding van die objecten in het videobeeld van de omgeving (bijvoorbeeld bij kleurenfoto 7f is de tennisbaan het referentie-object).

4. Voer vervolgens de positie van de lichtbron in (desgewenst kan de zonpositie met de programmatuur worden berekend op grond van de datum, het tijdstip en de breedtegraad). Voer een geschat verhoudingspercentage tussen direct en indirect licht in, opdat de projectie ook qua belichting in het videobeeld past (wanneer hiervoor geen gegevens worden ingevoerd worden standaard-waarden aangehouden).

5. De programmatuur berekent nu de definitieve projectie van het ontwerp, waarbij rekening wordt gehouden met de zichtbaarheid en de belichting van de vlakken (kleurenfoto 2b).

6. De berekende projectie wordt vervolgens over het overeenkomstige videobeeld afgebeeld. Stel de kleuren van de projectie zonodig bij, totdat een goede inpassing in het landschap is verkregen (kleurenfoto 2d).

7. Omlijn de delen van de projectie die schuilgaan achter elementen van het bestaande landschap en "snij" deze van de projectie (kleurenfoto 2c). Indien dit grillige of deels doorzichtige landschapselementen betreft (zoals beplantingen), copiëer ze dan en plaats ze over de projectie heen. Verwijder daarna de meegecopiëerde delen van de oude achtergrond, door zoveel mogelijk beeldpunten op grond van verschil in kleur weg te filteren (zoals in kleurenfoto's 2e - h). De projectie van het ontwerp wordt dan weer zichtbaar achter de elementen.

8. Vervang de in de projectie opgenomen gestileerde natuurlijke elementen door videobeelden van gelijksoortige elementen. De hiervoor gebruikte (uitsneden uit) videobeelden worden zodanig vervormd, dat ze in de projectie passen (kleurenfoto's 7a - d en 9e - h). Stel zonodig de kleuren van de nieuwe natuurlijke elementen bij.

9. Sla de aldus ontstane montagebeelden digitaal op en leg ze zonodig vast op videoband, foto of dia.

Toepassingen

Met het ontwikkelde systeem zijn inmiddels een groot aantal perspectief projecties van uiteenlopende ontwerpen gemaakt, o.a. vogelvluchtperspectieven voor de prijsvragen "Natuur en recreatie in het Markerwaardgebied" (kleurenfoto's 3a en b) en "Bos na 2000" (foto's 3c en d). Foto's 3e en f tonen projecties van een eerste voorstel voor een centraal attractiepunt van de Floriade 1992 (een ontwerp van de gemeente Zoetermeer). Deze beelden zijn gemaakt toen het mengen met videobeelden nog niet operationeel was.

De eerste montagebeelden zijn gemaakt voor een filmpje ter gelegenheid van de opening van het nieuwe gebouw van het Rekencentrum en de vakgroep Informatica van de LUW. Het gebouw is vanaf de bouwtekeningen ingevoerd, waarna een groot aantal perspectiefbeelden is gegenereerd (kleurenfoto's 6a - d). Twee ervan zijn precies over een videobeeld van het bestaande gebouw aangebracht (foto's 8c,d en e). Op één van deze montagebeelden is het witte gebouw in verschillende kleuren weergegeven (van knal geel tot paars). Op het andere beeld is een parkje "aangelegd" (foto 8g). Ook is het gebouw in andere landschappen geplaatst (foto's 8f en h).

In samenwerking met het ingenieursbureau "de Grontmij" is de verwachte verandering van het landschap van midden-Delfland, na aanleg van de geplande recreatiebossen, in beeld gebracht (deelplan Abtswoude). De plannen zijn door een medewerker van de Grontmij ingevoerd. Daarvan zijn vogelvluchtperspectieven gemaakt, in een aantal stappen afdalend naar ooghoogte. De berekende perspectiefprojecties vanaf ooghoogte zijn als lijntekeningen passend over videobeelden van het gebied heengelegd. Vervolgens zijn de bossen, die als groene blokken waren ingevoerd, vervangen door videobeeldfragmenten van bestaande bossen (foto's 9a - h, 10a - h).

Een groot aantal montagebeelden zijn gemaakt ten behoeve van een visueel-ruimtelijke analyse (verricht door de Grontmij) voor de plaatsing van een geluidscherm langs de rijksweg Utrecht-Amsterdam, nabij Abcoude. De plaatsing van het geluidscherm zal gepaard gaan met het kappen van hoge populierbeplanting langs de weg. Op de gedigitaliseerde beelden zijn de te kappen bomen eerst met stukken gecopieerde hemel overschreven. De elementen die na het kappen zichtbaar zullen worden zijn in een computermodel van de weg opgenomen, samen met het geplande geluidscherm. Deze elementen zijn tevens gecopiëerd van beeldmateriaal vanuit andere standpunten, van waaruit ze wel zichtbaar waren. Daarna zijn ze, perspectivisch vertekend, op de juiste plaats in het beeld geplaatst, aan de hand van de er over heen afgebeelde lijntekening van de berekende projectie. Met behulp van gedigitaliseerde dia's van bestaande geluidschermen is het gebruik van verschillende materialen gesimuleerd, en zijn een aantal ontwerpideeën in beeld gebracht (foto's 7e - h, 11-15).

Uit deze toepassing is gebleken dat het systeem niet alleen bruikbaar is voor het simuleren van de plaatsing van nieuwe elementen in het landschap, maar ook voor het verwijderen van elementen.

In samenwerking met de organisatiecommissie van de Floriade 1992 is met het ontwikkelde systeem een presentatie verzorgd over het basisplan van de Floriade. Naast een reeks plattegronden waarop steeds een aspect van het ontwerp wordt uitgelicht is een reeks vogelvluchtperspectieven gemaakt, waarvan er één gemonteerd is op een gedigitaliseerde luchtfoto (kleurenfoto's 16a - f). Tenslotte zijn, bij wijze van experiment, enkele videobeeldfragmenten gebruikt om een met de computer gegenereerde projectie een natuurlijker aanblik te geven (kleurenfoto's 16g en h).

Toekomstige ontwikkelingen

Met het ontwikkelde systeem kunnen nu toekomstige situaties op realistische wijze in beeld worden gebracht. Het maken van de beelden kost, vergeleken met het geheel met de hand maken van gedetailleerde tekeningen, relatief weinig inspanning. Een verdere automatisering van het montageproces, gekoppeld aan een uitgebreide beeldenbibliotheek, kan de bruikbaarheid en de efficiëntie van het systeem echter nog aanzienlijk verbeteren.

Het op de vakgroep informatica ontwikkelde visualiseringssysteem is een prototype. Het zal nog verder ontwikkeld moeten worden tot een volwaardig ontwerpsysteem. Ook zal het op snellere computerapparatuur moeten worden overgezet. De enthousiaste reacties van zowel (potentiële) opdrachtgevers als vakgenoten op de tot nu toe bereikte resultaten hebben de auteur er echter van overtuigd dat de verdere ontwikkeling van het systeem zeker de moeite loont.

VISUALIZATION OF CHANGES IN THE LANDSCAPE

A computer-aided design tool for the (landscape) architect

SUMMARY

Important parts of a landscape architect's work are designing new developments in the landscape, predicting the visual impact of future actions, and advising on how to fit new elements into the environment. To perform these tasks, he must know how certain design decisions will change the landscape. The visualization tools available today, however, do not permit the efficient manipulation and realistic display of these changes.

In a joint research project, the Department of Computer Science of the Netherlands University of Agriculture and the Institute of Forestry and Landscaping "De Dorschkamp" examined the usefulness of the computer for visualizing future developments in landscapes.

The research project was done in three stages:
- Stage One, in which the most appropriate visualization technique was selected, the hardware and software requirements were specified, and the necessary hardware and useful software were obtained;
- Stage Two, in which the necessary software was detailed and the missing parts were written and integrated with the available software into a working system.
- Stage Three, in which the system was tested on a few case studies and the software was refined.

Capabilities of computer aided-design (CAD) systems

During the first part of the research project, the CAD systems that were in use in 1982 were compared to determine how well they could visualize changes in the landscape. Most CAD systems focus on the technical aspects of the design process; consequently, the drawings produced with these systems usually lack aesthetic qualities. The systems are not capable of an efficient input and clear display of natural elements such as trees and shrubs. An enormous amount of data is needed to generate accurate perspective views of the surrounding landscape, making them unfeasible for visualization only. Besides, on most graphics stations, it is not possible to generate a perspective view of something as complex as a real landscape within a reasonable amount of time, unless the images are strongly simplified.

More realistic images can be obtained by mounting computer-generated projections of a plan onto photographs of the site, which also eliminates the necessity of inputting landscape data. But, composition is usually done by hand, and adjusting the colours of the plan to the photograph and removing parts that are hidden by the surrounding landscape is cumbersome. Photo montage is, therefore, not flexible enough as a design tool. Moreover, photographs are not suitable for visualizing major changes in the landscape.

Photo montage on the screen

A more efficient method of visualization is to manipulate both the plan and the photographs of the surrounding landscape by computer (colour photographs 1a to f). With a scanner, photographs are input pixel by pixel into digital memory. Video images can be digitized even more directly, with a video digitizer that "grabs" the image from a video camera or recorder (photograph 1c). Video images can also be mixed with the video signal of the graphics device (photograph 1d). Although both mixed and digitized images can be displayed on the graphics screen, mixed images can only be manipulated to a certain extent.

In either case, the designer has realistic pictures of the background environment of his plan during the entire design process. If he uses software to generate the corresponding projection of the plan and place it in its exact location on the image of the environment, he can remove hidden parts and harmonize colours right on the screen.

Realistic displays of natural elements can be obtained by copying existing trees and plants from digitized images of the landscape (photograph 1e). Computer programs can also change grabbed images considerably without any loss of quality. Because of the advantages, we decided to use grabbed images, rather than mixed video images.

The hardware

To develop the tool, we used a custom-made modular graphics system. The system has a video digitizer that grabs an image in real-time (25 frames/sec.) from a video recorder and enters it into its main image memory. This memory has 24 bitplanes, enabling the display of 16 million colours simultaneously. In addition, there is an overlay memory with 8 bitplanes (256 colours) for the display of computer-generated projections. Four images can be stored simultaneously in the image memory, but each image is displayed individually, with a resolution of 512 x 512 pixels (photograph 1f). The graphics system is connected to a host minicomputer (VAX 11/750).

The software

An existing computer program was used to generate the projections of the plan. This program, called VISTA (Visual Impact Simulation Technical Aid), was developed at the Strathclyde University (ABACUS group, U.K.) to visualize building designs. Our first step was to adapt the program to the hardware that was available at the Department of Computer Science of the University of Agriculture. During the research project it was rewritten and considerably enlarged. In addition, a program developed by the Department of Geodesy of the University of Agriculture was incorporated into the software, to compute the viewing parameters that correspond with the grabbed images of the environment. The software to manipulate the grabbed images was developed entirely within the Department of Computer Science.

How to use the software

1. Input a rough model of the plan (colour photographs 4a to c). A rough model is an acceptable representation of the plan, without any technical details, in which the natural elements are provisionally represented by symbols (e.g. the figure in photograph 5a).

2. Take the video images of the existing landscape on the site and then grab and store them in computer memory. While taking the pictures, note the necessary data for the computation of the fitting projection: the position of the viewpoint, the date and the time, and, if possible, the focal length and direction of the camera (accurate values for the last two are difficult to determine, if a common video camera is used).

3. When the viewpoint, the focal point, and the view angle of the corresponding image are known,input them. If they are not known, they can be determined with the software, which computes these values from a number of entered reference points. In practice, these computations are often cumbersome and not always possible. If that is the case, determine the viewing parameters interactively, by comparing the computed projection with the grabbed image (photograph 2a). Add to the model reference objects that are clearly visible on the grabbed image. The correct values are those that produce a projection that matches the corresponding images of the reference objects in the grabbed picture (see colour photograph 7f; the tennis court is the reference object).

4. Input the position of the light source, or input the latitude, the date, and the time from which the sun's position will be computed. To adjust the illumination of the projection according to the weather conditions of the grabbed image, enter the colour, the intensity of the light source, and the ratio of direct to ambient light (if these parameters are not entered, default values will be used).

5. The software will now compute the shaded projection with the hidden surfaces removed (colour photograph 2b).

6. The computed projection is displayed in front of the grabbed image. Now the user can gradually change the projection colours until reaching a shading that harmonizes with the landscape (colour photograph 2d).

7. Trace and cut from the projection the parts that will be hidden by surrounding elements (colour photograph 2c). If these elements have an irregular shape or are partly transparent (e.g. a row of trees), copy them from the original grabbed image and display them on top of the projection; then, to remove the parts of the old background that were copied together with those elements, filter as many pixels of a different colour as possible (see photographs 2e to h) until the projection reappears.

8. Replace the projection of stylized natural elements with grabbed video images of the same sort. These images are fitted into the projection by pixel transformation (photographs 7a to d and 9e to h). Adjust the colours of the new, natural elements if necessary.

9. Finally, store the resulting compositions in digital memory. For presentations, they can be recorded on videotape, film, photographs, or slides.

Applications

The system has been used to generate many perspective views. For example, colour photographs 3a and b show two bird's-eye views of a plan of the Markerwaard polder. Photographs 3c and d show views of a plan for forests near the city of Utrecht. Both plans were developed as entries for competitions. The projections in photographs 3e and f represent a first conception of the central attraction point of the Floriade 1992 (the city of Zoetermeer). All these views were made before the input and manipulation of video images were possible.

The system's first compositions with video images were presented during the ceremonies to dedicate the new building that houses the Department of Computer Science and the Computer Centre of the University of Agriculture. A precise plan of the building had been entered into the system, which then generated a series of synthetic projections (colour photographs 6a to d). With perspective projections that had been fitted into video images of the site (photographs 8c, d, and e), several visual effects were shown, e.g. the changing in colour of the building and the addition of a small park in front (photograph 8g). The system also showed how the building would have looked at other sites (photographs 8f and h).

In cooperation with the engineering firm of Grontmij, the visual impact of new forests in the open, western part of The Netherlands (Midden Delfland) was shown. Several series of bird's-eye views of this plan were generated, from a high altitude to eye level, the latter corresponding with video images of the site. The projections at eye level were drawn as wireline pictures onto the corresponding, grabbed video images. Then, the projected, stylized forests - represented by green cubes - were replaced by grabbed images of existing forests (colour photographs 9a to h and 10a to h).

Many images were generated as part of a visual impact analysis done by Grontmij for a planned acoustic screen along the highway between Utrecht and Amsterdam. Construction of the acoustic screen would require chopping down the tall poplars along the road. With the software, the poplars on the digitized images were first covered with copied fragments of the sky. The acoustic screen and the elements that would become visible after removal of the trees were modeled and projected onto the images. These elements had been copied from video images taken from points with an unobstructed view. Subsequently, the copies were adjusted to match the perspective in the projections of the corresponding elements, showing the landscape as it would be after the trees had been chopped down and the acoustic screen had been constructed. In addition, the use of different materials was simulated by copying existing acoustic screens from digitized slides, thus enabling a visualization of different design concepts (colour photographs 7e to h and 11 to 15).

This experiment revealed that the system can be used not only to visualize new elements in the landscape, but to simulate the removal of existing elements as well.

In cooperation with the Organizing Committee of the 1992 Floriade, a series of slides was made for the presentation of the basic plan of the exhibition grounds. Besides several maps, each outlining a different aspect of the plan, a series of bird's-eye views was generated, one of which was mounted onto a digitized aerial photograph of the site. Finally, for a more natural look, fragments of digitized images were fitted into a computer generated perspective projection (eye level) of the exhibition grounds (colour photographs 16a to h).

Future developments

With this system, realistic images of future situations can be composed with far less effort than detailed hand-drawn images. Nevertheless, further automation of the manipulation process and a comprehensive library of digitized images of natural elements could considerably enhance its efficiency and usefulness. Also much work must be done to make the system into a full-fledged serviceable tool (e.g. transfer to faster hardware). The many positive reactions that have been recieved from colleagues and potential clients so far, however, are a good indication that further development is worthwhile.

VISUALISATION DE CHANGEMENTS DANS LE PAYSAGE

Un instrument d'ébauche assisté par ordinateur

RÉSUMÉ

Les activités d'un paysagiste se composent principalement de la conception de nouveaux développements dans le paysage, de l'indentification des conséquences visuelles des interventions envisagées et de conseiller les autorités et le public au sujet de l'intégration de ces interventions dans le paysage.

Pour la réalisation de ces tâches, le paysagiste doit pouvoir se faire une idée précise sur les changements que certaines décisions peuvent provoquer dans la région. Les techniques de visualisation actuelles ne permettent pas de présenter ces changements d'une manière efficace et quelque peu réaliste.

Au cours d'un programme de recherche, conjointement effectué entre le Département d'Informatique de l'Université Agronomique et l'Institut de la Recherche Forestière et de la Planification du Paysage "De Dorschkamp", l'aptitude d'un ordinateur pour l'évaluation des effets visuels des interventions environnementales a été etudiée.

Cette recherche fut divisée en trois phases:
- La première phase comprenait une analyse du système. Les différentes techniques de visualisation ont été examinées, basé sur l'état actuel de la technique applicable (1982 - 1988), afin de déterminer la technique la plus appropriée, ainsi que les exigences auxquelles les matériels et les logiciels devraient être adaptés. Sur la base de ces données, les matériels ont été sélectionnés et des logiciels applicables ont été cherchés.
- Dans la deuxième phase les logiciels ont été précisés plus profondément. Le logiciel nécessaire supplémentaire a été développé tout en l'intégrant dans un système opérationnel.
- La troisième phase a consisté d'une vérification du système ainsi conçu dans la pratique, ce qui a résulté en une affination ultérieure des logiciels.

Les conclusions et les résultats obtenus sont résumés ci-dessus.

Possibilités des systèmes courants de conception assistée par ordinateur (CAD)

Pendant la première phase de l'étude, les systèmes CAD existants ont été evalués, afin de déterminer l'utilité de ces systèmes quant à la visualisation efficace des changements du paysage. On peut en conclure ce qui suit.

D'habitude, ces systèmes, vu leur caractère technique, ne sont pas equippés d'auxiliaires adéquates pour faire des jugements esthétiques. En outre on peut constater un manque d'aptitudes pour entrée efficace de données et rendu clair des éléments "mous" comme les boisages. Pour la synthèse des images détaillées en perspective du paysage entourant, il faudrait amasser une énorme quantité de données numéri-

ques, ce qui vaudrait rarement la peine uniquement pour but de visualisation. En outre, le calcul des projections des modèles complexes qui en surgirait, prendrait un temps énorme en utilisant des systèmes courants et produirait des images fortement stylées.

Une méthode qui n'exige qu'une entrée limitée des données du paysage et qui, en plus, fournit des images plus réalistes, est la méthode de photomontage qui permet le calcul d'une projection correspondante à la photo. La projection est ensuite montée sur la photo à la main.

Il est pourtant difficile de faire correspondre la couleur (ou les nuances grises) de la projection à la photo et de découper exactement les parties de l'ébauche qui sont cachées par les élements environnementaux. En plus, les photos ne sont pas en état de présenter de forts changements dans un paysage existant de façon acceptable.

Le montage d'images synthéthiques sur des images digitalisées

Pour visualiser des changements futurs, la manipulation sur écran des photos du paysage, ainsi que du plan, s'est révélée d'être une méthode beaucoup plus efficace (figures 1a - f).

Une photo peut être synthétisée point par point par un "scanner" et mise en mémoire de l'ordinateur sous forme numérique. Les images d'un vidéoscope peuvent être digitalisées et mémorisées en transformant le signal vidéo en information numérique (figure 1c). Il est d'ailleurs aussi possible de "mélanger" d'une façon analogique, après synchronisation, les images codées en vidéo avec le signal analogique d'un moniteur graphique (figure 1d). Les images combinées en analogique, ainsi que les images combinées en numérique, peuvent être visualisées sur un écran graphique mais les possibilités de manipulation analogique sont trop limitées.

Ainsi, l'utilisateur peut, au cours du développement du projet, disposer d'un environnement imagé sur l'ecran. A l'aide du logiciel, la projection en perspective du plan doit être placée alors en dessus de l'image du paysage à l'endroit exact. L'adaption des couleurs et l'effacement des parties du plan couvertes par l'environnement peuvent ainsi se faire directement sur l'écran.

Utilisant des images numériques, les boisages existants dans ces images peuvent être copiées et placées ailleurs ce qui résulte en un rendu réaliste des éléments de plantation envisagés (figure 1e). Aussi, des grands changements peuvent être realisés dans les images du paysage. Pour ces diverses raisons il a été décidé de ne pas combiner les images vidéo d'une façon analogique, mais d'utiliser la méthode numérique aussi bien pour les prises de vue des paysages que pour l'enscènement du projet.

Matériels

Un système graphique modulaire a été utilisé, composé selon les spécifications rédigées spécialement pour cette application. Le système est pourvu d'un convertisseur de code vidéo en code numérique, capable de digitaliser des images originaires

d'une magnétoscope. La mémoire graphique consiste d'une mémoire principale qui peut présenter 16 million de couleurs à la fois et surlaquelle les images du paysage sont visualisées. A coté de cela, le système dispose d'une mémoire supplémentaire, capable de visualiser 256 couleurs à la fois. Dans cette mémoire, la projection du modèle synthétique est reproduite pendant les manipulations, évitant ainsi un effacement partiel de l'image de la prise de vue du vrai paysage.

La mémoire graphique peut contenir 4 images en même temps qui peuvent être projetées séparément, chacune ayant une résolution de 512 x 512 points (figure 1f).

Les logiciels

Pour la synthèse des projections en perspective du plan on a utilisé un programme existant, qui vise à la visualisation des projets urbains, VISTA (Visual Impact Simulation Technical Aid), originaire de l'université de Strathclyde (groupe ABACUS), Royaume Uni. Le programme a été adapté d'abord aux matériels du Département d'Informatique. Au cours de la recherche le programme a été réécrit entièrement et fortement amélorié et élaboré. Les logiciels du Département de Géodésie de l'Université Agronomique ont servi pour le calcul des projections qui correspondent aux images du paysage. A cette fin il a fallu composer des logiciels supplémentaires. Le développement des logiciels pour la composition et le traitement des images montées s'est accompli entièrement au Département d'Informatique.

La visualisation à l'aide des logiciels développés

Pour la visualisation d'un plan dans son environnement futur on procède comme suit:

1. Un modèle approximatif du plan est entré (figures 4a, b et c), c'est à dire un modèle acceptable du point de vue visuel, sans détails techniques, dont les éléments naturels sont répresentés de façon fortement stylée (par example figure 5a).

2. Les prises de vue en vidéo de l'environnement sont saisies et transformées en numérique. Pendant la saisie le point de vue et si possible la distance focale (ou l'angle de vue) et la direction de la caméra, ainsi que la date et le moment de la prise de vue ont été notées. Pour le calcul d'une projection superposable, il faut que ces données soient bien connues. Sans instruments spécialisés, il est pourtant difficile de déterminer exactement le foyer de l'image obtenue. En plus, une caméra vidéo ne montre pas la distance focale avec une précision suffisante.

3. Si le point de vue, le foyer, la distance focale et l'angle de vue de l'image de l'environnement sont connus, ils sont entrés pour le calcul de la projection du plan. Si ces données ne sont pas connues, elles peuvent être calculées, à partir d'un certain nombre de points de répères, à l'aide des logiciels développés au Département d'Informatique et au Département de Geodésie.

Les essais pratiques ont révélé que le calcul des données de la caméra à l'aide des logiciels déjà mentionés, est souvent compliqué et parfois impossible. La détermination à l'oeil de ces quantités se fait souvent plus vite (en entrant et en ajustant des valeurs estimées). Cette méthode requièrt que les formes globales des objets bien visi-

bles du paysage soient incorporées dans le modèle. La perspective correcte est obtenue dès que la projection de ces objets coïncide avec les objets dans l'image de l'environnement (figure 7f: le court de tennis modelé coïncide à peu près avec son image en vidéo).

4. Les données de la source lumineuse sont entrées ensuite. La position du soleil peut être calculée à l'aide du logiciel de ABACUS, à base de la date, de l'heure et de la latitude. De plus une estimation est faite du rapport entre l'intensité lumineuse de la lumière directe et indirecte, pour que la luminosité de la projection coïncide (à peu près) avec celle de l'image du paysage réel enrégistré.

5. Ensuite, la projection définitive du plan est calculée, en éliminant les surfaces invisibles et en calculant la luminosité des surfaces (figure 2b).

6. La projection synthétique (c'est à dire de l'objet conçu) est ensuite écrite par dessus de l'image réelle enrégistrée. Les couleurs de la projection peuvent être ajustées (finement) pour obtenir une meilleure insertion dans le paysage (figure 2d).

7. Les parties de la projection cachées par les éléments du paysage réel peuvent être "calquées" sur l'écran à l'aide d'une souris ou d'un autre indicateur présent, et découpées ensuite (figure 2c). S'il s'agit des éléments irréguliers ou partiellement transparants (comme des boisages), ceux-ci peuvent être copiés à partir de l'image originale du paysage et placés par dessus de la projection du plan. Les parties copiées qui sont superflues peuvent être enlevées par filtrage (figures 2e à h), de sorte que la projection du plan sera visible derrière les éléments copiés.

8. Les éléments naturels stylés, qui sont inclus dans la projection, sont remplacés par des images vidéo d'éléments similaires. Les fragments des images utilisés à cet effet, sont transformés de telle façon qu'ils peuvent être inclus dans la projection d'une façon réaliste (figures 7a à d et 9e à h). Si nécessaire, les couleurs de nouveaux éléments naturels peuvent être retouchées.

9. Les images ainsi montées, sont mises en stockage numérique et peuvent ensuite être enrégistrées sur bande de magnétoscope, film, photo ou diapositive pour des présentations futures en public.

Applications

Le système développé a été utilisé pour la réalisation d'un grand nombre de projections en perspective de plans différents. Par exemple, des perspectives à vol d'oiseau ont été faites dans le cadre de deux concours, notamment: un plan pour un nouveau polder (figures 3a et b) et pour des forêts près de la ville d'Utrecht (figures 3c et d). Figures 3e et f montrent des projections d'une ébauche initiale du point d'attraction principal de la Floriade 1992. Ces images ont été faites avant que la digitalisation d'images en vidéo soit en état opérationnel.

Les premières images montées ont été faites pour un film à l'occasion de l'inauguration du nouveau bâtiment du Centre de Calcul et du Département d'Informatique de l'Université Agronomique. Le bâtiment a été modelé en trois dimensions et ensuite des projections superposables des prises de vue en images vidéo du site ont été réa-

lisées. Le bâtiment, fourni à l'extérieur de tuiles de ver blanc en réalité, a été montré dans un nombre d'autres couleurs (d'un jaune vif à violet). En plus, un jardin à été "construit" dans le site. La projection du bâtiment a aussi été placée au milieu d'une forêt et dans un paysage accidenté (figures 6 et 8).

En coopération avec le bureau d'ingénieurs-conseil Grontmij, les changements prévus du paysage de Midden-Delfland après la plantation des bois de récréation, ont été visualisés sur l'écran . Les plans de ces bois ont été modelés par un collaborateur du Grontmij. De ces plans, des perspectives à vol d'oiseau ont été faites, descendant graduellement au niveau de l'oeil. Les perspectives au niveau d'oeil ont été projetées en ligne et placées par dessus de prises de vue vidéo de la région. Ensuite, les bois synthétisés, représentés comme des cubes verts, ont été remplacés par des fragments de prises de vue réelles en vidéo de boisages existants (figures 9 et 10).

Un grand nombre d'images montées ont été construites pour une analyse visuelle de l'environnement (executée par Grontmij) pour le placement d'un écran acoustique le-long de l'autoroute d'Utrecht à Amsterdam, près d'Abcoude. La mise en place de cet écran serait accompagné de l'abattage des peupliers de haute taille. En utilisant les logiciels développés, les arbres à abattre ont été remplacés par des "bouts de ciel". Les éléments qui seraient visibles après l'abattage, ainsi que l'écran accoustique ont été modelés et projetés par dessus les prises de vue correspondantes de la région. Ensuite ces éléments ont été copiés à partir de prises de vue vidéo saisies d'autres positions d'où ces éléments seraient visibles et finalement montés dans l'image de la nouvelle situation. En outre on a simulé l'usage de matériaux différents en copiant les diapositives digitalisées d'écrans acoustiques existants. Plusieurs idées sur la conception ont ainsi été visualisées et ont permi une comparaison réelle entre les différentes solutions (figures 7e - h et 11 à 15).

Cette exercice a montré que le système développé est approprié non seulement pour simuler la mise en place de nouveaux éléments dans le paysage, mais aussi pour montrer les conséquences de l'élimination d'éléments existants.

En coopération avec la Comité d'organisation de la Floriade 1992, une présentation du plan de base de la Floriade a été prise en charge. Outre une série de plans qui soulignent certains aspects du projet, une série de perspectives à vol d'oiseau et une projection montée sur une photographie aerienne digitalisée ont été réalisées. Finalement, des fragments des images vidéo ont été utilisés pour donner un air naturel à une projection synthétique (figure 16).

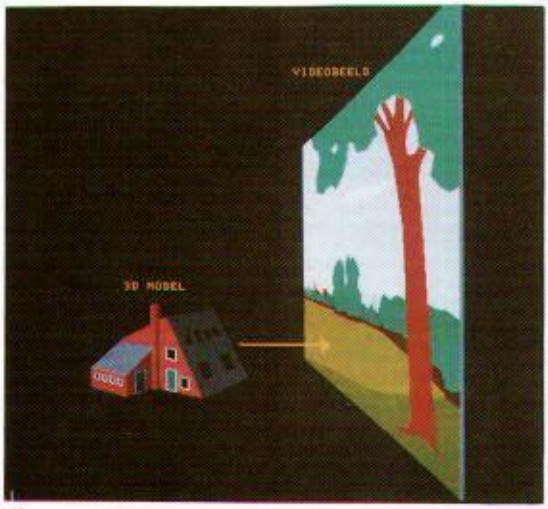
Développements futurs

A l'aide du système développé on peut maintenant visualiser des situations futures d'une manière réaliste. La conception des images prend relativement peu d'effort en comparaison avec les dessins détaillés faits à la main. La création d'une large collection d'images d'éléments naturels peut encore améliorer considérablement l'efficacité du système. Des spécifications pour une automatisation encore plus complète ont été rédigées à la fin de la recherche.

Le système de visualisation développé au Département d'Informatique est encore un prototype. Quant à l'utilisation régulière, il faut encore perfectionner le système et le convertir aux matériels plus rapides. Les réactions enthousiastes des confrères, ainsi que des clients potentiels, ont mené l'auteur à conclure qu'il vaut certainement la peine de continuer à développer le système.

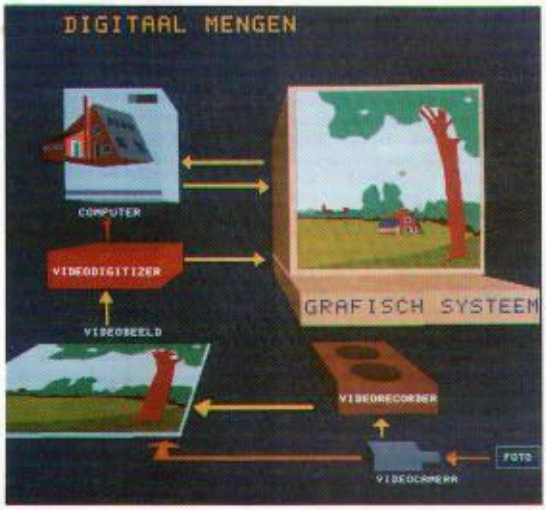
KLEURENFOTO'S

Figuren gemaakt met het ontwikkelde visualisersingssyssteem

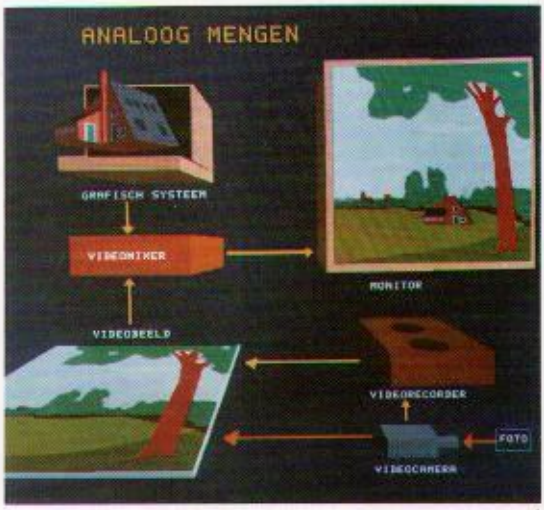


a

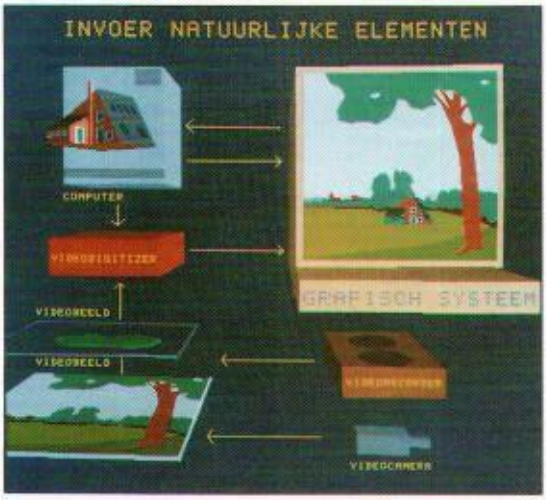
b



c



d



e

f

1 Montage op het beeldscherm

a

b

c

d

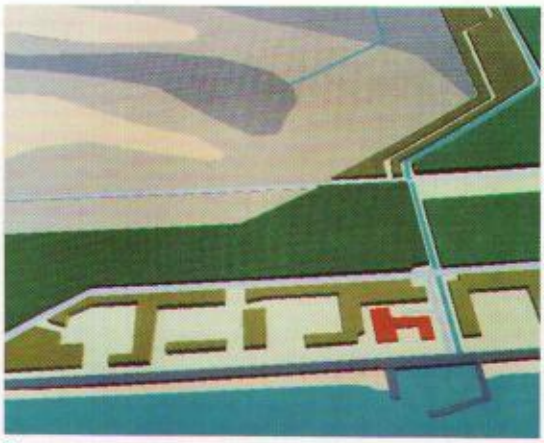
e

f

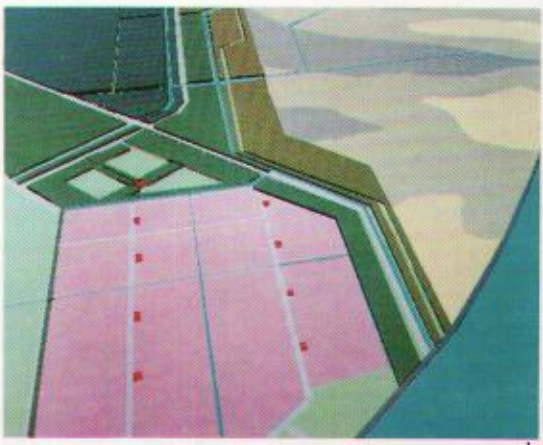
g

h

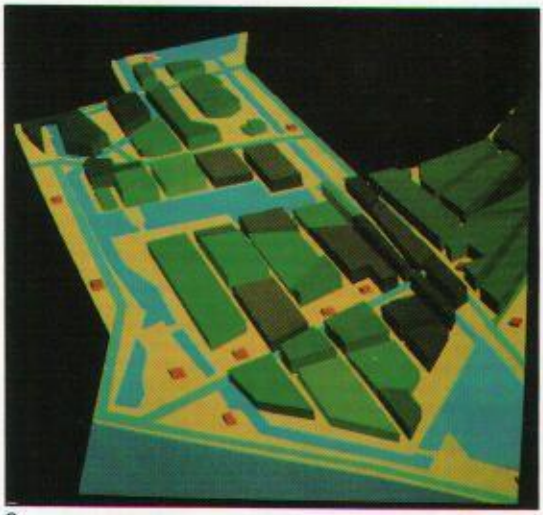
2 Inpassing van het ontwerp in de omgeving



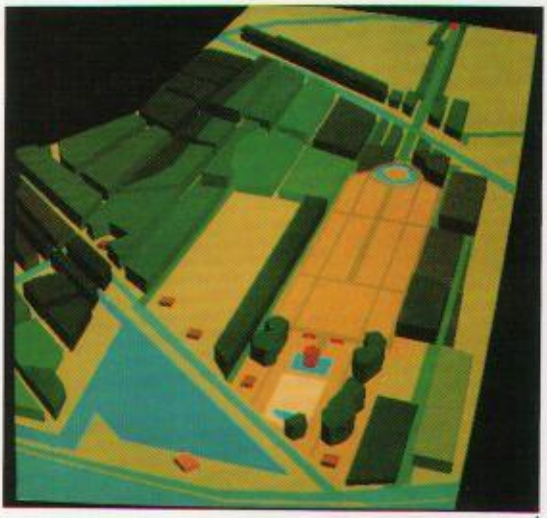
a



b

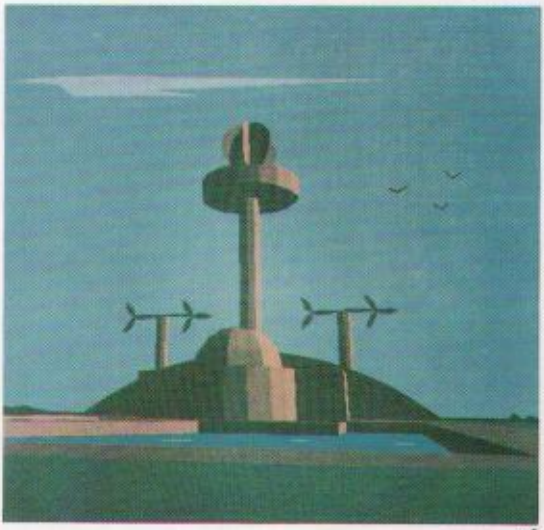


c



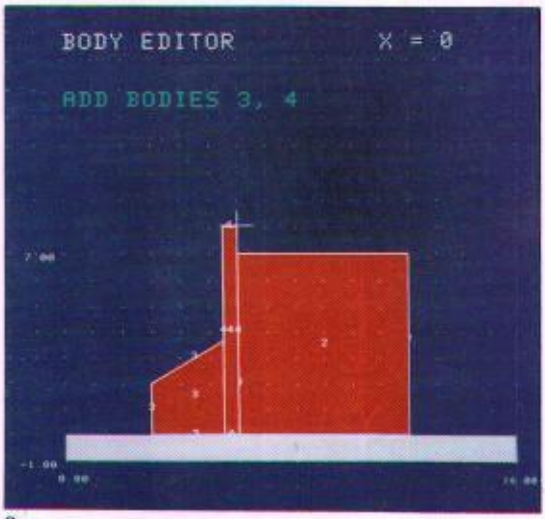
d

e



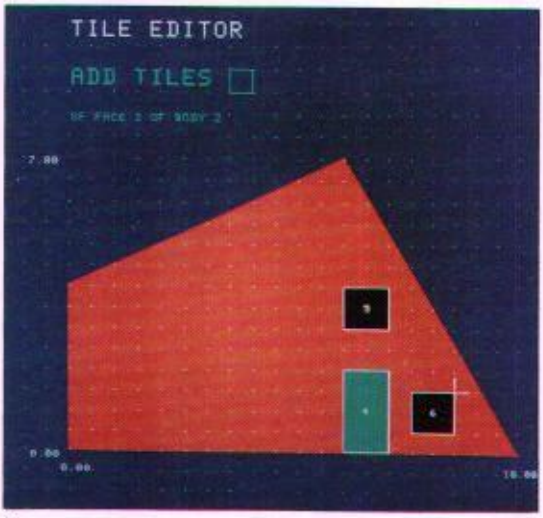
f

3 De eerste toepassingen met VISTA



a

b



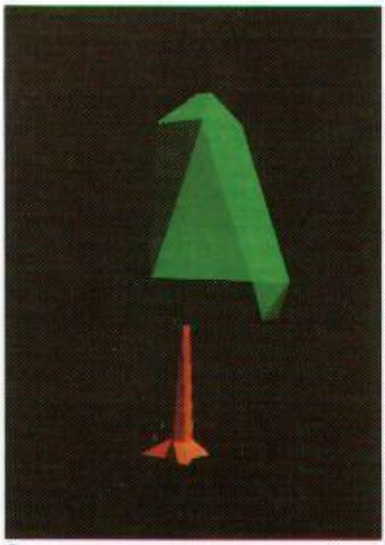
c

d

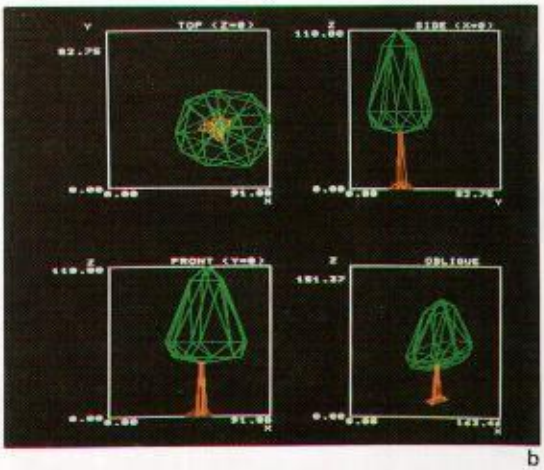
e

f

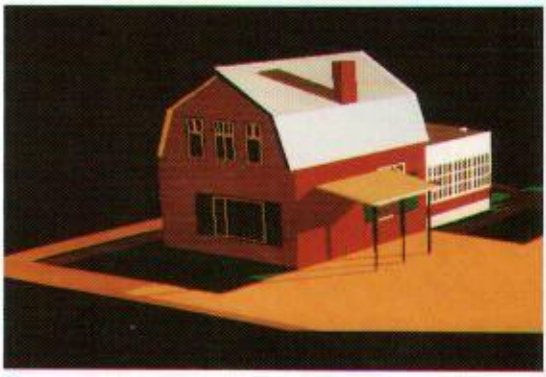
4 De grafische editor (a-c), weergave van slagschaduw (d-f)



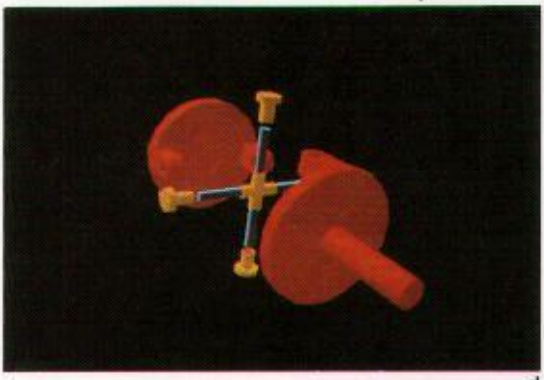
a



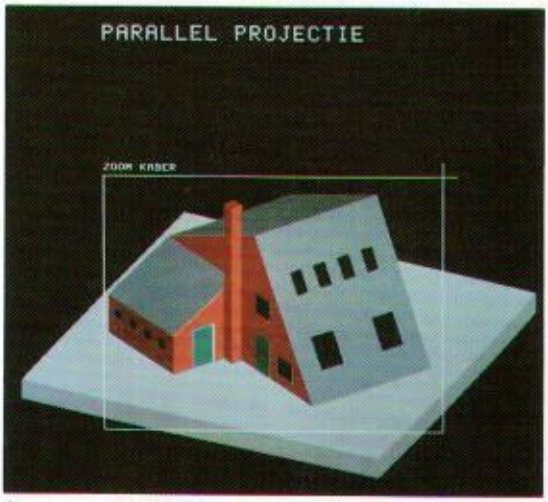
b



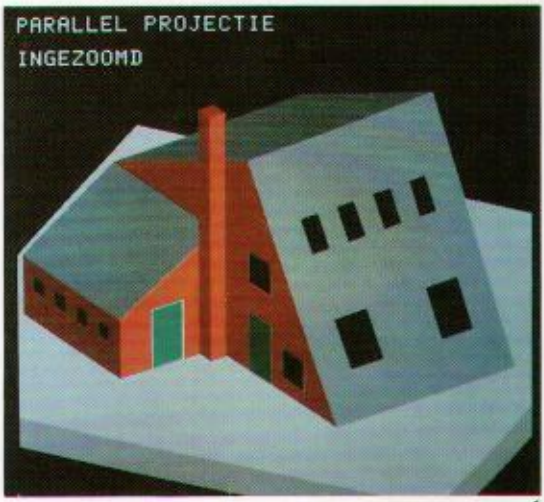
c



d

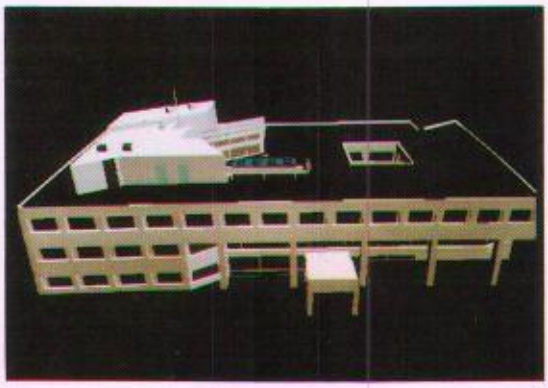


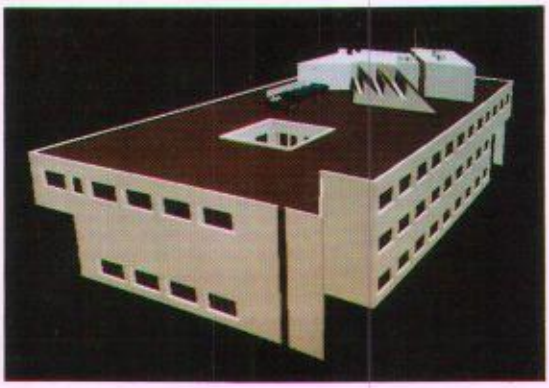
e

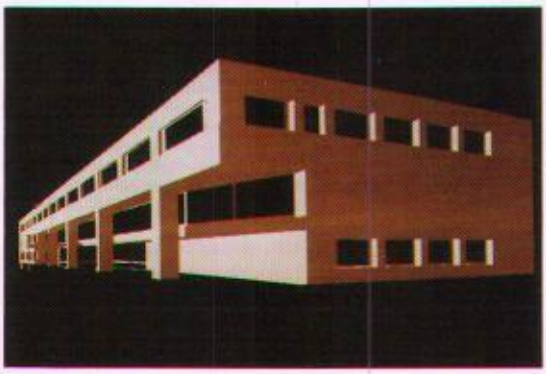


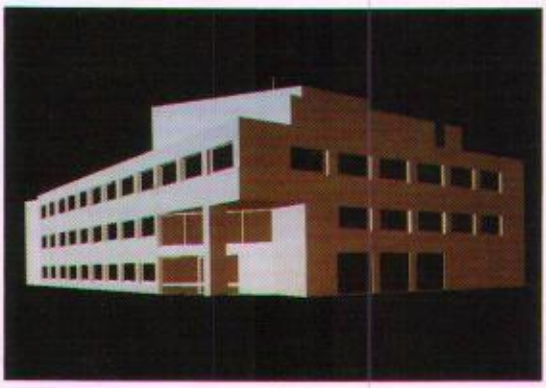
f

5 Verschillende typen objecten (a-d), het inzoomen (e,f)









6 Projecties uit het filmpje "Ons Nieuwe Gebouw"

a

b

c

d

e

f

g

h

7 Perspectivische vertekening (a-d), computermodel als steun (e-h)

a

b

c

d

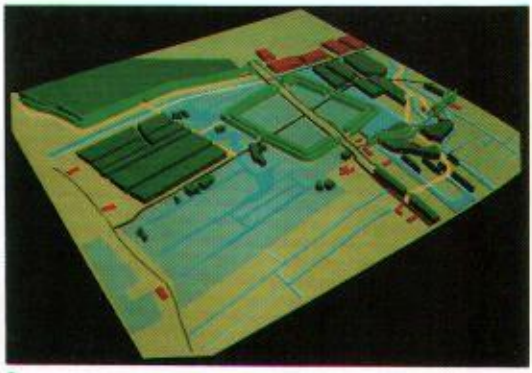
e

f

g

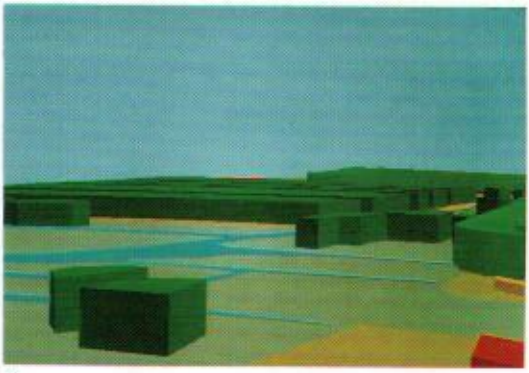
h

8 Montagebeelden uit het filmpje "Ons Nieuwe Gebouw"

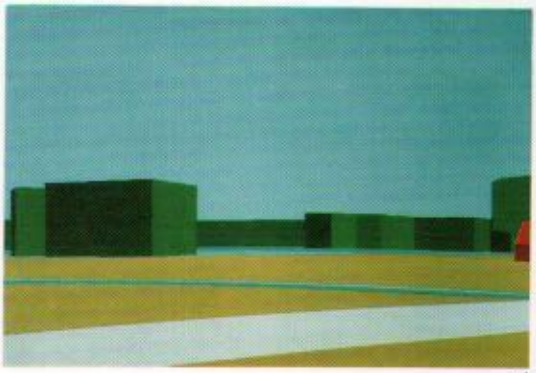


a

b



c



d

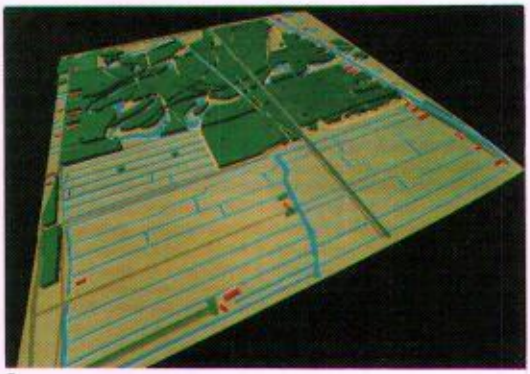
e

f

g

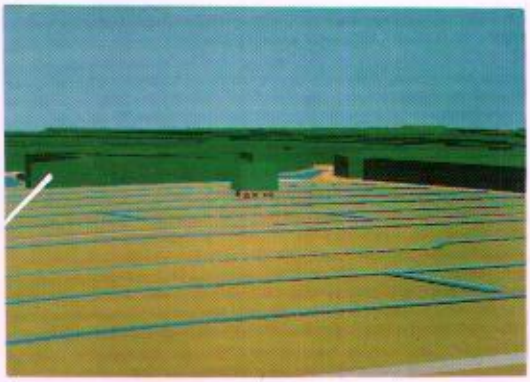
h

9 Bossen in Midden-Delfland: richting Schiedam

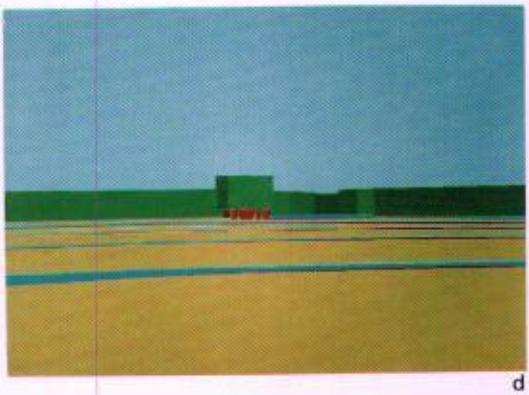


a

b



c

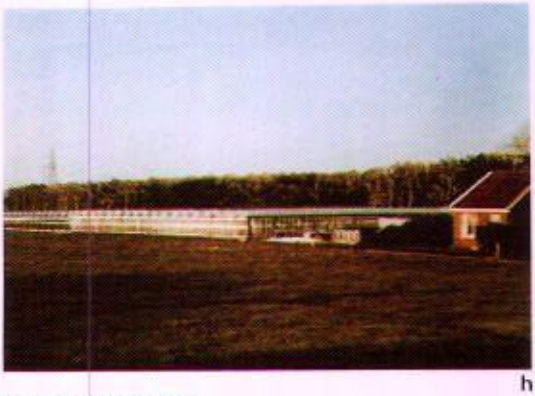


d

e

f

g



h

10 Bossen in Midden-Delfland: richting Delft

Bestaande situatie

Mogelijke toekomstige situaties

11a

b

12a

b

13a

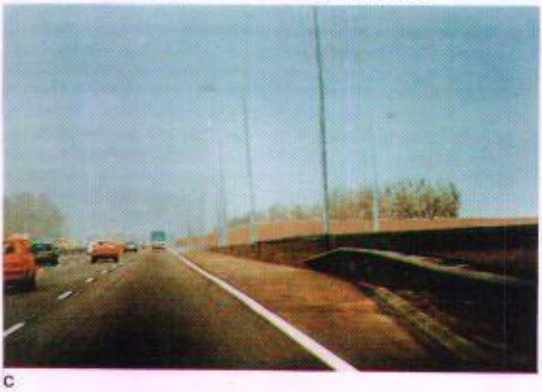
b

14a

b

11 - 14 Plaatsing geluidscherm langs de rijksweg Utrecht-Amsterdam

Mogelijke toekomstige situaties



c

d

c

d

c

d

c

d

a

b

c

d

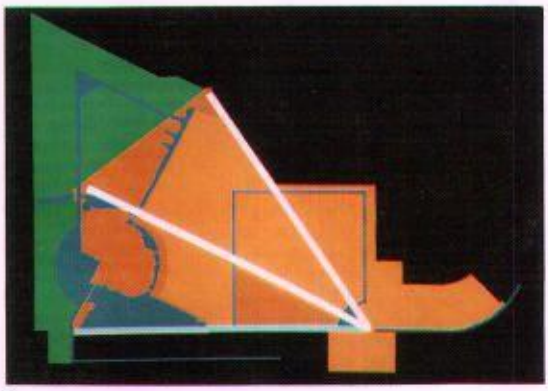
e

f

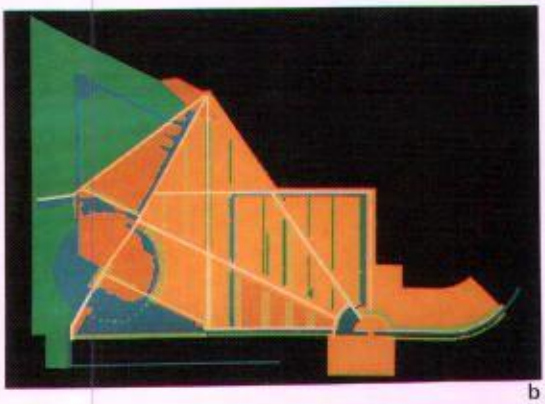
g

h

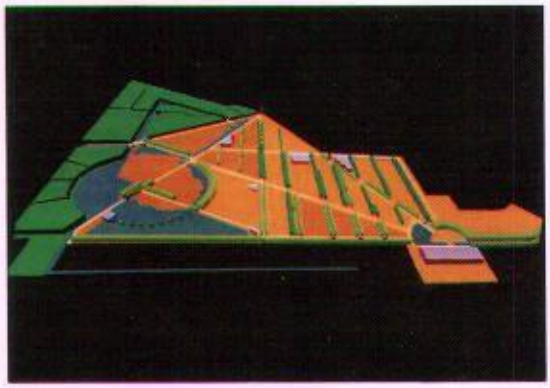
15 Weerspiegeling (a-d), aanbrengen van een horizontaal accent (e-h)



a



b



c

d

e

f

g

h

16 Presentatie basisplan Floriade 1992, Zoetermeer

1 INLEIDING

1.1 Aanleiding van het onderzoek

Het werkveld van de landschapsarchitect is voor een belangrijk deel gericht op de vormgeving van nieuwe ontwikkelingen in het landschap. Het aangeven van zichtbare gevolgen van geplande ingrepen en het adviseren over de inpassing in het landschap vormen daar een onderdeel van.

Voor het realiseren van deze taken moet de landschapsarchitect zich een beeld kunnen vormen van de veranderingen die bepaalde ontwerpbeslissingen teweeg zullen brengen in het bestaande landschap en dat beeld kunnen overbrengen aan derden. Op grond hiervan moet beoordeeld worden of die beslissingen het gewenste toekomstige beeld zullen opleveren.

Een goed inzicht vooraf van de ruimtelijke consequenties van ontwerpbeslissingen voor het bestaande landschap, is met name bij de landschapsarchitectuur moeilijk te verkrijgen, omdat het daarbij vaak om lange termijn plannen gaat. De realisering van het ontwerp is in feite pas voltooid wanneer de nieuwe beplantingen volgroeid zijn. Een foute inschatting van de beoogde situatie kan pas jaren later aan het licht komen, intussen kan de architect dezelfde fouten blijven maken.

Het is aannemelijk dat een duidelijke visualisering van de toekomstige situatie zal leiden tot een betere inschatting van de ruimtelijke effecten van het ontwerp (of van door derden geplande ingrepen) op de omgeving. De gebruikelijke visualiseringstechnieken bieden echter niet de mogelijkheid om de veranderingen in het landschap ten gevolge van ontwerpkeuzes op een efficiënte wijze (enigszins) realistisch in beeld te brengen.

Wellicht komt men daardoor zelden toe aan een uitgebreide presentatie van de visueel-ruimtelijke effecten van ontwerpalternatieven op de omgeving. Vaak wordt volstaan met ruwe schetsen, waarbij de werkelijkheid wordt gereduceerd tot enkele hoofdlijnen. Daarmee wordt meestal een beeld gegeven van de door de architect verwachte verandering van de ruimtelijke struktuur ten gevolge van de geplande ingrepen. Wat dit in werkelijkheid zal betekenen voor de verschijningsvorm van het landschap, wordt aan de verbeeldingskracht van de betrokkenen overgelaten.

Het is daarom voor de belanghebbenden vaak erg moeilijk om, op grond van de geboden informatie, te beoordelen of de geplande ingrepen wel de gewenste (of aanvaardbare) effecten zullen hebben.

Een nieuw hulpmiddel

In een gezamenlijk onderzoek van de vakgroep Informatica van de Landbouwuniversiteit en het Rijksinstituut voor onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw "De Dorschkamp" is nagegaan in hoeverre en op welke wijze de computer kan worden ingeschakeld ten behoeve van de beoordeling van de ruimtelijke consequenties van ingrepen in het landschap.

Dit heeft geresulteerd in de ontwikkeling van een systeem, waarmee voorgenomen veranderingen in het landschap in beeld worden gebracht, door foto's of videobeelden van het bestaande landschap met behulp van de computer aan te passen. Hierbij kunnen berekende projecties van ontworpen elementen via het beeldscherm passend op de landschapsbeelden worden gemonteerd.

Een eigenschap van het systeem is dat elke willekeurige projectie van het ontwerp (en van ontwerpalternatieven) op snelle wijze kan worden berekend en op het beeldscherm worden getekend. Mede daardoor is het systeem tevens goed bruikbaar gebleken voor presentaties van de ontwerpplannen zelf.

1.2 Doelstelling en afbakening van het onderzoek

1.2.1 Doelstelling

Het doel van het onderzoek was:

1. Nagaan in hoeverre en op welke wijze de computer, uitgaande van de huidige stand van de techniek (1982-1988), kan worden ingeschakeld voor een effectieve visualisering van (geplande) veranderingen in het landschap, zodat al vanaf een vroeg stadium in het ontwerpproces een duidelijk beeld kan worden geboden van de toekomstige situatie.

2. Het ontwikkelen van een flexibel computersysteem, op basis van de meest geschikt geachte techniek, waarmee de bruikbaarheid van een dergelijk hulpmiddel in de praktijk kan worden getoetst.

1.2.2 Afbakening van het onderzoek

Bij het ontwerpen in en van de buitenruimte zijn veel verschillende disciplines betrokken. Naast de vakgebieden planologie, landschapsarchitectuur en stedebouw, hebben ook ecologische, bosbouwkundige, cultuurtechnische, civieltechnische en bouwkundige disciplines een belangrijke inbreng. Om al deze vakgebieden te kunnen ondersteunen zou een zeer uitgebreid systeem moeten worden ontwikkeld, waarin veel vakspecifieke invoer- en bewerkingstechnieken zouden moeten worden ondergebracht. In het kader van dit onderzoek komen alleen de volgende aspecten aan bod.

Visueel-ruimtelijke aspecten

Uit de doelstelling blijkt dat dit onderzoek gericht is op de visueel- ruimtelijke aspecten van het plannings- en ontwerpproces. Technisch gerichte invoer-, analyse- en rekentechnieken worden in dit onderzoek bewust buiten beschouwing gelaten. Wel moet een koppeling mogelijk zijn met de geografische informatiesystemen (GIS). Op de technieken die zij bieden voor de inventarisatie- en analysefase, wordt in het kader van dit onderzoek slechts ten dele ingegaan. (Voor meer informatie over GIS-systemen wordt verwezen naar Berg, van den: 1984, 1985 en Burrough: 1985, 1986.)

De nadruk wordt gelegd op het visualiseren van veranderingen in de meer natuurlijke landschappen van het landelijk gebied, omdat de bestaande visualiseringstechnieken juist daarin te kort schieten (zie ook par. 2.2). De resultaten zullen daarom primair van toepassing zijn binnen de disciplines landschapsarchitectuur en planologie en in mindere mate bij stedebouw en bouwkunde.

Schetsgereedschap

Het systeem dient de mogelijkheid te bieden om op eenvoudige en snelle wijze de vormgeving van een (globaal) ontwerp in te voeren en te wijzigen. De technische aspecten kunnen zo nodig bij de verdere uitwerking van het ontwerp in een "echt" computerondersteund ontwerpsysteem (CAD-systeem) worden toegevoegd. Het onderzoek is dus niet bedoeld om een geheel nieuw CAD-systeem te ontwikkelen, maar eerder om een aanvullend hulpmiddel te bieden dat als schetsgereedschap (of "werkmaquette") kan dienen tijdens het vormgevend ontwerpproces.

Presentatie eindontwerp

Behalve voor schetsontwerpen zou het ontwikkelde systeem ook gebruikt kunnen worden voor de presentatie van het eindontwerp. De geometrische gegevens van het ontwerp moeten dan vanuit het gebruikte CAD-systeem naar het visualiseringssysteem worden overgeheveld, zodat een projectie van het ontwerp, geplaatst in de omgeving kan worden gegenereerd. De noodzakelijke aanpassingen van de omgeving, ten behoeve van de inpassing van het ontwerp, zullen eveneens in beeld gebracht moeten worden, zoals het verwijderen dan wel aanbrengen van beplanting en andere elementen, het wijzigen van het reliëf en het veranderen van het beloop van wegen en paden.

Toepassingsgericht

Het onderzoek is gericht op de ontwikkeling en toetsing van een toepasbaar systeem. Het is dus niet bedoeld om geheel nieuwe, fundamentele technieken te ontwikkelen op het gebied van de computergrafiek. Voor zover mogelijk is gebruik gemaakt van reeds bestaande programmatuur die aansluit op de gangbare technieken die momenteel (1982-1988) in CAD-systemen worden gebruikt, zodat koppeling daarmee goed mogelijk is. Tevens is er op gelet dat de gebruikte technieken binnen een beperkt budget te realiseren zijn (passend in de normale investeringen van een middelgroot bureau).

Prototype

Het wordt niet haalbaar geacht om in het kader van een promotie-onderzoek een compleet eindprodukt te ontwikkelen. Wel is een prototype ontwikkeld, dat vooral bedoeld is om het nut van een computerondersteund visualiseringssysteem te kunnen beproeven in concrete praktijksituaties. Hierbij is de nadruk gelegd op het ontwikkelen van een zo breed mogelijk scala aan manipulatiemogelijkheden. Er is bijvoorbeeld geen extra tijd besteed aan het optimaliseren van de ontwikkelde programmatuur. In de tekst ontbreken daarom nauwkeurige kwantitatieve gegevens over benodigde rekentijden, deze worden in het kader van dit onderzoek niet relevant geacht.

1.3 Indeling van het onderzoek en van de verslaglegging

Het onderzoek was in drie fasen onderverdeeld:
- De eerste fase omvatte een systeemanalyse, waarin is nagegaan welke visualiseringstechniek - uitgaande van de huidige stand van de techniek (1982-1988) - het meest geschikt is. Op grond hiervan zijn eisen opgesteld waaraan apparatuur en programmatuur moesten voldoen. Vervolgens is de benodigde apparatuur geselecteerd en is naar bruikbare programmatuur gezocht.
- In de tweede fase werd de programmatuur nader gespecificeerd. De benodigde aanvullende programmatuur is ontwikkeld en het geheel is geïntegreerd tot een operationeel systeem.
- De derde fase bestond uit een toetsing van het systeem aan praktijkvoorbeelden en een verdere verfijning van de programmatuur.

Het systeemanalytische deel is ondergebracht in de hoofdstukken 2, 3 en 4. Achtereenvolgens komen aan de orde: de selectie van de visualiseringstechniek, de specificatie en selectie van de apparatuur en de specificatie en selectie van de programmatuur. In hoofdstuk 5 wordt aangegeven hoe met de ontwikkelde programmatuur gewerkt wordt. Hoofdstuk 6 geeft een toelichting op de gevolgde werkwijze en de ervaringen die zijn opgedaan bij het toepassen van het systeem in enkele praktijkvoorbeelden. Tenslotte worden in hoofdstuk 7 conclusies getrokken uit de bereikte resultaten en worden voorstellen gedaan voor nader onderzoek.

Daarna volgt de literatuurlijst. In twee bijlagen wordt ingegaan op technische bijzonderheden van de apparatuur en de ontwikkelde programmatuur.

1.4 Keuze van de praktijkvoorbeelden

Bij de keuze van de praktijkvoorbeelden is gezocht naar aktuele toepassingen in de landschapsarchitectuur.

De voorbeelden zijn:
- Visualisering van de geplande recreatiebossen in Midden-Delfland, deelplan Abtswoude, in samenwerking met de Grontmij; opdrachtgever: Bureau van uitvoering Midden-Delfland (febr. 1988).
- Visualisering van de toekomstige situatie na plaatsing van een geluidscherm langs rijksweg 2 bij Abcoude en het kappen van de wegbegeleidende beplanting, onderdeel van de Visueel-ruimtelijke analyse die de Grontmij heeft opgesteld voor Rijkswaterstaat directie Utrecht (aug. 1988).
- Beeldmateriaal voor de presentatie van de eerste planfase Floriade 1992 op het in mei 1988 in Rotterdam gehouden IFLA-congres: "Changing agriculture, changing landscapes". Deze presentatie is in samenwerking met de organisatiecommissie van de Floriade 1992 verzorgd.

Daarnaast is een korte videofilm gemaakt ter gelegenheid van de opening van het nieuwe gebouw van het rekencentrum en de vakgroep informatica van de Landbouwuniversiteit. De mogelijkheden van het systeem worden hierin op een speelse wijze gedemonstreerd (sept. 1987). Aangezien een belangrijk deel van de programmatuur hiermee is uitgetest, is ook een paragraaf gewijd aan het tot stand brengen van dit filmpje.

Het systeem is tevens gebruikt voor het maken van vogelvluchtperspectieven van ontwerpen die gemaakt zijn in het kader van de prijsvragen "Natuur en recreatie in het Markerwaardgebied" (K.R. de Poel: 1985, zie figuur 3a en b) en "bos na 2000" (K.R. de Poel: 1986, zie figuur 3c en d) door medewerkers van het rijksinstituut "De Dorschkamp". Figuren 3e en f tonen perspectiefprojecties van een eerste voorstel voor een centraal attractiepunt van de Floriade 1992 (een ontwerp uit 1984 van de gemeente Zoetermeer). Het bestaande landschap is bij de visualisering van deze projecten niet meegenomen. Daarom wordt in dit proefschrift niet nader op deze toepassingen ingegaan.

2 SELECTIE VAN DE VISUALISERINGSTECHNIEK

In dit hoofdstuk wordt eerst ingegaan op de problematiek van het visualiseren in de landschapsarchitectuur (2.1). Na een opsomming van deze problemen (2.1.1) volgt een kort overzicht van de gangbare visualiseringstechnieken met de voordelen en nadelen, aangevuld met enkele literatuurgegevens (2.1.2 en 2.1.3). Daarna volgt een schets van een ideaal systeem dat aan alle genoemde problemen een eind zou kunnen maken (2.1.4).

In paragraaf 2.2 worden reële, computerondersteunde oplossingen besproken en vindt een eerste selectie plaats. Paragraaf 2.3 gaat nader in op het mengen van computerbeelden met videobeelden. Tenslotte wordt in 2.4 aangegeven welke visualiseringstechniek is geselecteerd.

2.1 Visualiseren in de landschapsarchitectuur

Met visualiseren wordt in dit onderzoek bedoeld: het in beeld brengen van de toekomstige verschijningsvorm van ontworpen objecten en/of situaties. Voor ontwerpen in de buitenruimte dient ook de verandering van de verschijningsvorm van de omgeving daarbij te worden betrokken.

Vooral voor de ontwerpende disciplines gaat het bij de visualisering echter niet alleen om de verschijningsvorm, maar ook om het verbeelden van gevoelens die in het ontwerp zijn verwerkt.

In dit onderzoek heeft de nadruk gelegen op het streven naar een zo natuurgetrouw mogelijke weergave (de gevoelens kunnen onbewust wel van invloed zijn geweest bij het toepassen van het ontwikkelde systeem).

2.1.1 Problematiek

Een belangrijk verschil tussen de landschapsarchitectuur en andere ontwerpdisciplines is gelegen in de omstandigheid dat met levend materiaal wordt gewerkt, waarvan de vorm en grootte slechts bij benadering door de ontwerper kan worden ingeschat.

De preciese verschijningsvorm van de beplanting wordt bepaald door de genetische eigenschappen en de groeiomstandigheden van de planten, en is, vergeleken met door de mens gemaakte objecten, ongelooflijk gevariëerd, gedetailleerd en grillig. De groei en de seizoenswisselingen zorgen bovendien voor een voortdurende verandering van de vorm.

De landschapsarchitect moet bij het ontwerp rekening houden met de groei van de beplantingen. Het beeld dat direct na de uitvoering ontstaat is daardoor vaak "te leeg" en "niet af": jaren later ontstaat pas het gewenste "eindbeeld". De minder interessante tussenperiode kan jaren duren en wordt soms overbrugd door een tijdelijke aanplant van kortlopende, snelgroeiende gewassen, die een eigen beeld scheppen.

De landschapsarchitect legt gewoonlijk veel nadruk op een verantwoorde inpassing van het ontwerp in het bestaande landschap. Bij het vormgeven van vernieuwingen in het landschap ontstaat dan een vervlechting van het ontwerp met het bestaande landschap. (Dit geldt overigens ook voor de stedebouw: met name bij stadsvernieuwing wordt het belang van de inpassing in het bestaande stadsbeeld als belangrijk ontwerpcriterium gehanteerd).

In de landschapsarchitectuur en de planologie worden ook landschapsplannen gemaakt, die een veel groter gebied bestrijken dan bijvoorbeeld stedebouwkundige plannen. Bij deze plannen gaat het om het aangeven van hoofdlijnen en strukturen.

Bovengenoemde overwegingen brengen specifieke problemen voor de visualisering met zich mee (zowel bij het met de hand, als met de computer maken van presentaties):

- Zo is het onmogelijk om een exact beeld te geven van de toekomstige situatie, er kan alleen een zo nauwkeurig mogelijk beeld worden gemaakt van een "verwachte" situatie.
- Elk beeld dat wordt gemaakt is een momentopname, er moet dus steeds beslist worden welke momentopnamen van belang zijn om in beeld te brengen.
- Beelden van de situatie vlak na de aanleg zijn het best voorspelbaar, maar geven slechts beperkte informatie over de uiteindelijke toestand.
- Het is onmogelijk om de vorm van een plant in detail weer te geven; bij het afbeelden van planten moet dus steeds worden beslist hoe en in welke mate de vorm vereenvoudigd mag worden.
- Herhaald gebruikte beplantingselementen kunnen in een simulatie niet zonder meer gecopiëerd worden, omdat de planten onderling verschillend zijn; gelijke copieën geven daarom een volstrekt onnatuurlijk beeld.
- Perspectiefbeelden van beplantingen kunnen niet op een eenvoudige wijze worden geconstrueerd: speciale technieken zijn nodig om de grilligheid van het materiaal te simuleren en om een bij de afstanden passende mate van detaillering aan te brengen.
- Het is onmogelijk om een exact beeld van het bestaande landschap (met de geplande wijzigingen daarin) te geven. Dit komt door de complexiteit, de hoge mate van detaillering en de uitgestrektheid van het landschap. Steeds moet worden beslist welke mate van nauwkeurigheid en detaillering bij de afbeeldingen moet worden betracht en welk deel van het omringende landschap moet worden meegenomen.
- Bij landschapsplannen die een groot gebied bestrijken en waarbij men met hoofdlijnen en strukturen werkt, wordt de visualisering vaak illustratief gebruikt voor het in beeld brengen van ontwerpideeën. In zulk een geval is het ongewenst om een concrete vormgeving te hanteren van duidelijk herkenbare situaties. Voor een goede overdracht aan derden moet echter wel een realistisch aandoend beeld ontstaan. Hiervoor moet met globaal gedefiniëerde vormen, niet nader gespecificeerde beplantingen en "veralgemeniseerde" situaties gewerkt kunnen worden. Bij de nadere uitwerking van deze plannen kunnen de ontwerpideeën dan in concrete situaties meer gedetailleerd in beeld worden gebracht.

Uit bovenstaande moge blijken dat, door de aard van het materiaal, specifieke visualiseringstechnieken nodig zijn voor het maken van realistische beelden van landschapsplannen en andere geplande wijzigingen in het landschap.

2.1.2 Gangbare visualiseringstechnieken.

In deze paragraaf wordt in het kort ingegaan op de in de landschapsarchitectuur gangbare technieken voor het visualiseren van een ontwerp in een bestaande omgeving, en voor het in beeld brengen van ontwerpideeën voor geplande of voorgestelde ontwikkelingen in het landschap. Daarna worden vooral praktische voor- en nadelen van deze technieken opgesomd. (In 2.1.3 wordt, op grond van de literatuur, nader ingegaan op de bruikbaarheid van beeldmateriaal voor het overdragen van ruimtelijke aspecten aan derden).

De plattegrond van het ontwerp wordt in het algemeen op een kadastrale of topografische ondergrond aangebracht. Door deze kaart te vergelijken met de oorspronkelijke kaart kan worden vastgesteld welke wijzigingen zijn aangebracht. Daarnaast worden vaak (met de hand gemaakte) doorsneden of aanzichten van het ontwerp en de directe omgeving geleverd.

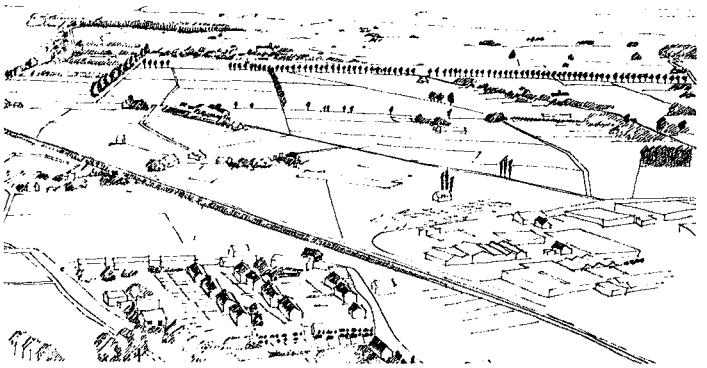
Voor de presentatie van een ontwerp of ter illustratie van ontwerpideeën worden wel isometrische projecties of vogelvlucht-perspectieven gemaakt (Nieuwenhuijze, van: 1986, zie figuur 2.1, Kerkstra: 1987). Soms wordt door middel van een reeks perspectiefbeelden vanaf ooghoogte een wandeling langs of door het ontwerp in beeld gebracht. Deze tekeningen worden in het algemeen met de hand geconstrueerd volgens de methode van Bijhouwer (Bijhouwer: 1966) en opgewerkt met pen, (kleur-) potlood, krijt of viltstift en soms met verf.

Voor het weergeven van ontwerp(idee)ën die in sterke mate zijn vervlochten met de bestaande omgeving worden ook vaak foto's van de bestaande situatie overgetrokken en opgewerkt, terwijl de nieuwe elementen erbij worden geschetst. (Peters: 1984, zie figuur 2.2). Soms worden met de hand gemaakte perspektieftekeningen van het ontwerp op foto's (of dia's) van de omgeving gemonteerd. Of de nieuwe elementen worden op transparant papier of plastic getekend en op foto's van de omgeving gelegd.

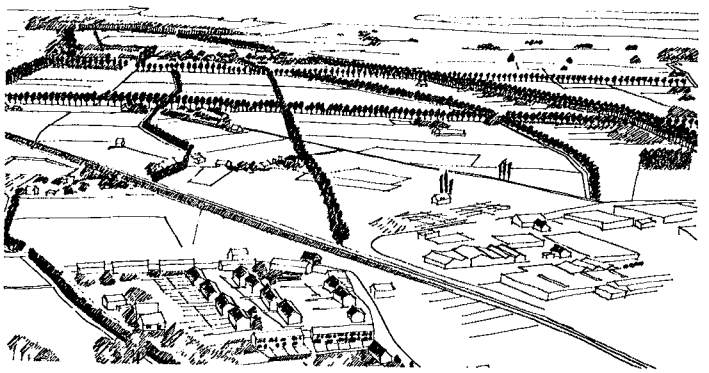
Een ander presentatiemiddel is de maquette. De beplantingen worden dan bijvoorbeeld gerepresenteerd als kurkbolletjes op stokjes. Ook worden wel "pannensponsjes" en dergelijke gebruikt om lossere beplantingen te simuleren. Naast de maquette zelf worden voor presentatiedoeleinden ook wel dia's van de maquette getoond of wordt met behulp van een enthescoop een rit door de maquette nagebootst op een televisiescherm (Bouwman: 1979).

Voordelen
- Door speciale tekentechnieken kan de bedoeling van een ontwerp worden verduidelijkt (bepaalde onderdelen kunnen bijvoorbeeld worden geaccentueerd).
- Met de hand gemaakte tekeningen zijn goed bruikbaar voor de visualisering van strukturen en ontwerpideeën in landschapsplannen en -studies, waarbij de visueel-ruimtelijke effecten van bepaalde voorgestelde ingrepen globaal of in "veralgemeniseerde" voorbeeldsituaties worden uitgebeeld.
- Voor grootschalige projecten is een modulair gemaakte maquette een flexibel en illustratief hulpmiddel voor het vergelijken van ontwerpalternatieven (door het verschuiven, vervangen, verwijderen en toevoegen van elementen).
- Voor grootschalige projecten blijkt de maquette, naast de plantekeningen en perspectieftekeningen, een goed aanvullend presentatiehulpmiddel te zijn, waarmee

Voorbeelden van met de hand gemaakte perspectiefbeelden

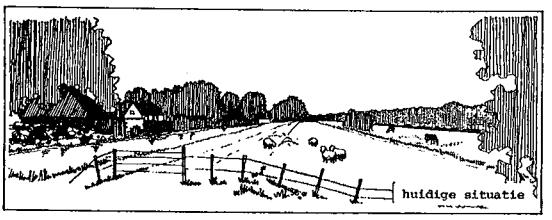


voor

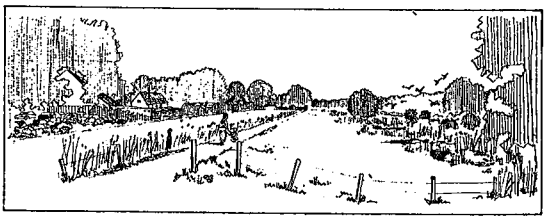


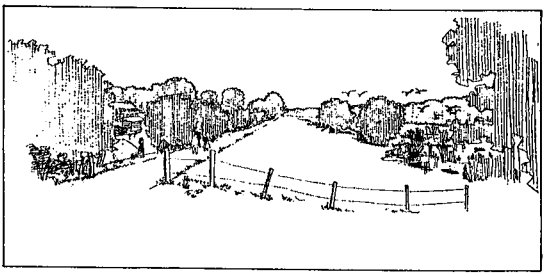
na

2.1 Uit: Advies landschapsbouw Groesbeek (Nieuwenhuijze:1986)



Situatie 2: Osdorperweg





2.2 uit: Landschapsplanning in de Randstad (Peters: 1984)

de ruimtelijke verhoudingen van het plan duidelijk worden overgebracht (Bouwman: 1979).
- Er wordt met vertrouwd en relatief goedkoop gereedschap en materiaal gewerkt (met uitzondering van de enthescoop).

Nadelen
- Het maken van de (eind)presentaties is meestal arbeidsintensief en tijdrovend. Er wordt daarom in de meeste gevallen slechts een beperkt aantal perspectieftekeningen (of fotomontages) van het ontwerp in zijn toekomstige omgeving gemaakt, de ontwerper kiest hierbij de standpunten. Bij het met de hand maken van perspectieftekeningen blijft de weergave van het omringende landschap dikwijls beperkt tot ruwgeschetste hoofdlijnen. Maquettes tonen slechts een klein deel van de omgeving.
- Voor kleinschalige projecten is de maquette een minder geschikt presentatiemiddel. De geringe afmetingen van de vertikale elementen ten opzichte van de horizontale maten (vooral in reliëfarme gebieden zoals Nederland) zijn hier debet aan. Om enige detaillering te kunnen aanbrengen en tevens de afmetingen van de maquette binnen de perken te houden worden de hoogtematen in het algemeen overdreven, waardoor een foute interpretatie van de ruimtelijke verhoudingen in de hand wordt gewerkt.
- Op ontwerpschetsen en modulaire maquettes na, zijn de presentaties weinig flexibel. De met zorg gemaakte plattegronden, aanzichten en perspectieftekeningen zijn achteraf moeilijk te wijzigen, hetgeen bezwaarlijk kan zijn bij een dialoog met opdrachtgevers en bij inspraakprocedures. Wellicht worden daarom doorgaans geen uitgebreide presentaties verzorgd van de tussenfasen van het ontwerp of van mogelijke alternatieve ontwerpen. Meestal wordt volstaan met een goed verzorgde eindpresentatie.
- De goed verzorgde presentaties hebben vaak als belangrijkste doel het ontwerp over te dragen aan derden. Voor de beeldvorming van de ontwerper zelf zijn deze technieken te tijdrovend. Tijdens het ontwerpproces wordt vooral vanaf de plattegrond gewerkt. Daarnaast wordt volstaan met ruwe schetsen en/of simpele maquettes van het ontwerp, de omgeving wordt erbij "gedacht". Erg veel hangt af van de ervaring en de verbeeldingskracht van de ontwerper.
- Natuurgetrouwe beelden kunnen met de gangbare technieken alleen met grote inspanning worden verkregen. Door een sterke stilering of een onzorgvuldige perspectiefconstructie of door een verdoezelende manier van presenteren kan een beeld worden geboden, dat sterk kan afwijken van de werkelijkheid en een onjuiste interpretatie kan uitlokken.

2.1.3 Literatuur over de bruikbaarheid van visuele representaties

In deze paragraaf wordt enige literatuur besproken, die een indruk geeft over de bruikbaarheid van visuele representaties voor het overdragen van ruimtelijke aspecten aan derden. Een uitgebreide literatuurstudie over dit onderwerp valt buiten het kader van dit onderzoek. Wel zijn literatuurstudies bekeken waarin veel werk van derden is onderzocht en becommentariëerd.

Visuele representaties van de gebouwde omgeving

Door Rongen is een onderzoek verricht over de toepasbaarheid van visuele representaties in gedragsonderzoek en beoordeling van de gebouwde omgeving (Rongen: 1973). Hierin is een literatuurstudie opgenomen over onderzoeken die de reacties van mensen op visuele representaties vergelijken met de reacties op de werkelijkheid.

Door vergelijking van de resultaten van deze onderzoeken wordt onder meer geconcludeerd dat het gebruik van ruwe schetsen, contourtekeningen, evenals dia's en TV-opnamen van ruwe maquettes, een dubieuze vorm van representatie is voor het inschatten van ruimtelijke verhoudingen (oppervlaktes, diepte e.d.). Beeldmateriaal met weinig detail lokt in veel gevallen onderschatting van de maten uit. Foto's en vooral (kleuren-) dia's van de werkelijkheid of van een in detail uitgewerkte maquette geven veel betere resultaten. Bij TV-beelden van een gedetailleerde maquette treedt vaak een overschatting van de maten op, vermoedelijk door een overdreven gradiënt in de beeldscherpte en textuur van dichtbij naar veraf.

Daarnaast blijkt uit de bestudeerde onderzoeken dat bewegende beelden (film en TV) geen aantoonbaar betere interpretatie opleveren. Wanneer de waarnemers zelf door de ruimte of rond een maquette heen kunnen bewegen blijkt de inschatting van de fysieke maten wel aanzienlijk beter.

De resultaten van het onderzoek van Bouwman (1979) over de waarde van de enthescoop in relatie tot andere presentatie-technieken van de gebouwde omgeving, ondersteunen de meeste van de bovengenoemde conclusies. Wel werden veel betere resultaten verkregen bij de interpretatie van de technische tekeningen en de perspectieftekeningen dan verwacht. Daarnaast bleek onder meer dat (beelden van) de "fotomaquette" van een woonwijk aanzienlijk beter werd(en) geïnterpreteerd dan de "massamaquette" en de "gedetailleerde maquette". Ook in dit onderzoek is het belang van beweging van de beelden voor een betere interpretatie niet aangetoond. (Het uit dit onderzoek gebleken belang van de maquette als presentatiemiddel is reeds hierboven vermeld, bij de voordelen).

De bovengenoemde rapporten betreffen uitsluitend onderzoeken over de visualisering van kleinere, duidelijk omgrensde gebieden (woningen en woonstraten in woonwijken).

Visuele representaties van landschappen

In omgevingspsychologisch onderzoek wordt, naast tekeningen, veel gebruik gemaakt van fotomateriaal voor landschapswaarnemings- en -waarderingsonderzoek. In de meeste literatuur over de bruikbaarheid van foto's voor dit soort onderzoek wordt geconcludeerd dat kleurenfoto's (en dia's) goed bruikbaar zijn voor de representatie van het bestaande landschap.

Coeterier komt in zijn proefschrift "De waarneming en waardering van landschappen" (Coeterier: 1987) echter tot een andere conclusie. Één van zijn stellingen luidt: beeldmateriaal, zoals foto's en tekeningen van landschappen, vertegenwoordigen een eigen werkelijkheid voor een waarnemer. Het is niet te beschouwen als een valide vervanging voor het landschap buiten. (Dit in tegenstelling tot gangbare opvattingen)."

Deze uitspraak baseert hij op een door hem verricht fotobetrouwbaarheidsonderzoek, waarbij eerst foto's en daarna de werkelijke situatie werd beoordeeld door inwoners van het afgebeelde gebied. Uit de resultaten daarvan concludeert hij "dat er geen algemeen geldige uitspraak te doen is over de mate van overeenstemming tussen foto- en veldbeoordelingen. Dit hangt af van de situatie en/of het kenmerk waarop beoordeeld wordt" (hoofdstuk 6, blz. 152).

Een belangrijke oorzaak van de geringe correlatie tussen de foto- en veldbeoordelingen was, ook volgens de beoordelaars zelf, het geringe overzicht van de situatie op foto, omdat deze slechts een klein stukje van het landschap toont. Bij de gebruikte foto's zijn bewust geen bijzondere of opvallende kenmerken in beeld gebracht. Hij geeft toe dat dit een factor is die de resultaten mogelijk heeft beïnvloed. Beide factoren kunnen een reden zijn waarom niemand de plaats herkende waar de foto's genomen waren (totdat men er ter plaatse stond). De bruikbaarheid van de foto als representatiemiddel kan volgens hem dan ook onder meer worden vergroot door niet te volstaan met één foto per situatie, maar men zou een hele fotoreportage van die situatie moeten maken.

Andere redenen voor de geringe gelijkenis van de foto's met de werkelijkheid waren volgens de beoordelaars onder andere: het reliëf (lichte hobbels en glooiïngen) komt slecht over, diepte wordt niet goed weergegeven (vooral bij grote, open landschappen), er is minder detail waarneembaar en de kleuren komen niet goed overeen.

Zoals hij zelf zegt stemt zijn bevinding niet overeen met de conclusies in de literatuur over de bruikbaarheid van foto's in landschapswaarneming en -waarderingsonderzoek, waarbij sterke correlaties werden gevonden tussen alle fotobeoordelingen enerzijds en alle veldbeoordelingen anderzijds (Craik: 1972, Nohl: 1974, Zube: 1981). Volgens hem is een dergelijke benadering te ongenuanceerd en "zegt een algemene correlatie niets over een beoordeling op één kenmerk in één bepaalde situatie door één groep mensen, laat staan door één persoon" (blz. 154).

Toch maakt ook Coeterier veelvuldig gebruik van foto's voor zijn onderzoek, vooral omdat het de ondervraagden stimuleert om iets over hun ervaringen te vertellen. Daarnaast heeft hij dia's (en ook foto's) gebruikt om de ruimtewaarneming van landschappen te onderzoeken (hoofdstuk 5 van het proefschrift). Hierbij tekent hij aan dat het niet zozeer gaat om de exactheid van de representatie, maar om het aantonen van het integrerende karakter van de ruimtewaarneming.

Ruimtewaarneming van landschappen (Coeterier: 1987)

In het onderzoek naar de ruimtewaarneming van landschappen worden de dia's en foto's paarsgewijs gebruikt om verschillen in de te toetsen variabelen in beeld te brengen, terwijl de overige landschappelijke kenmerken zoveel mogelijk constant worden gehouden. Uit dit onderzoek kan onder meer worden geconcludeerd dat de complexiteit en hoogte van wanden, de textuur van de bodembedekking en de aanwezigheid van losse elementen in de ruimte alle een duidelijke invloed hebben op de ruimtewaarneming van het landschap. Onder ruimtewaarneming wordt hier verstaan: de grootte-beoordeling van de fysische ruimte. Coeterier concludeert hier onder meer uit dat ruimtewaarneming niet identiek is met afstandschatting (blz. 128 e.v.). In andere literatuur wordt gesteld dat afstanden onder meer geschat zouden worden op grond van perspectivische vertekening van lineaire elementen, de grootte van beken-

de voorwerpen en detail-verlies met afstand (Gibson: 1950). Bovendien zou de aanwezigheid van losse elementen een afstand langer doen lijken (Carr: 1935, Luckiesh: 1965, Forgus: 1966, Luria: 1967), terwijl in het onderzoek van Coeterier (en ook dat van Imamoglu: 1973) is gevonden dat de aanwezigheid van losse elementen een ruimte juist schijnbaar verkleint.

Conclusies met betrekking tot dit onderzoek

Uit bovenstaande literatuur blijkt dat voor de waarneming van het landschap "details", zoals textuur en de mate van complexiteit van de wanden, van groot belang zijn. Hieruit kan worden geconcludeerd dat, evenals voor de bebouwde omgeving, sterk gestileerd beeldmateriaal niet geschikt is voor een juiste interpretatie van de ruimtelijke kenmerken van een landschap, en dat zelfs bij het gebruik van fotomateriaal zorgvuldig te werk moet worden gegaan. Tevens is in de diverse onderzoeken niet aangetoond dat bewegende beelden tot een betere interpretatie leiden. Daarom is in dit onderzoek het volgende standpunt ingenomen:

Voor de visualisering van de gevolgen van ingrepen voor het landschap, is detaillering in het beeldmateriaal van groot belang voor een juiste beoordeling van de ruimtelijke consequenties van de veranderingen, evenals een fors aantal zorgvuldig gekozen beelden. Beweging van de beelden wordt minder belangrijk geacht.

2.1.4 Een ideaal visualiserings- en ontwerpsysteem

Hoe zouden landschapsarchitecten eigenlijk willen ontwerpen en hun ontwerp aan derden willen presenteren? Kunnen geavanceerde hulpmiddelen de nadelen van de conventionele technieken ongedaan maken? Hier volgt een schets van de bouwstenen waaraan een ideaal hulpmiddel voor het vormgevende deel van het ontwerpproces zou moeten voldoen.

- Met een ideaal visualiseringssysteem zou het mogelijk moeten zijn om, tegen minimale inspanning, vanuit elk gewenst standpunt realistische beelden te genereren van het bestaande landschap, met of zonder de geplande wijzigingen daarin.
- Het ideale ontwerpsysteem zou de gereedschappen moeten bieden om in een model van het bestaande landschap, in drie dimensies, naar believen te schuiven met elementen, zoals beplantingen, wegen en water. Nieuwe elementen moeten eenvoudig kunnen worden toegevoegd en bestaande verwijderd, zonder de mate van realisme geweld aan te doen.
- Men zou de groei van planten moeten kunnen simuleren, met genetisch bepaalde morfologische verschillen, onder verschillende groei- en klimaatsomstandigheden en met wisselende seizoenen. Gaandeweg zouden zo bij nieuwe beplantingen automatisch natuurlijk aandoende vormen, detaillering en verschillen ontstaan.
- Er zouden wandelingen door het gewijzigde landschap gesimuleerd moeten kunnen worden, waarbij de opeenvolgende beelden als een film door de toeschouwer kunnen worden gevolgd. Op elk gewenst moment zou de "film" moeten kunnen worden gestopt of bijgestuurd door de keuze van een andere route, een ander seizoen en/of een ander tijdstip, of door het "aanpassen" van het landschap zelf. (Alhoewel in de literatuur niet is aangetoond dat bewegende beelden tot een juistere interpretatie leiden, worden ze wel in hoge mate geappreciëerd. Bovendien betekent dit tevens dat over een enorm aantal beelden kan worden beschikt.)

Met een dergelijk systeem zou de ontwerper optimaal ondersteund worden in het driedimensionaal denken. Het is aannemelijk dat dit de kwaliteit van het ontwerp ten goede zou komen. Ook de overdracht aan derden zou met een dergelijk hulpmiddel veel effectiever zijn, zowel tijdens als na het ontwerpproces.

Er zijn computersystemen in ontwikkeling die, ogenschijnlijk, aan veel van de bovengenoemde eisen zouden kunnen voldoen. Zo is het met geavanceerde vluchtsimulatiesystemen mogelijk om in "real time" vrij realistische projecties van een driedimensionaal model van een landschap te laten berekenen, gezien vanuit de "cockpit" van de vluchtsimulator, waarbij de beelden de stuurbewegingen van de piloot volgen (Yan:1985). Deze landschappen worden in speciaal gecodeerde vorm opgeslagen zodat deze niet eenvoudig achteraf zijn aan te passen (Greenberg: 1985). Het wijzigen van het landschap is voor toepassingen zoals vluchtsimulatie ook niet essentieel, voor de beoogde toepassing echter wel. Door de extreem hoge kosten zijn deze systemen bovendien onbetaalbaar voor gebruik in de landschapsarchitectuur.

Daarnaast zijn er programma's in ontwikkeling waarbij de beeldgeneratie van planten wordt gestuurd door simulatie van groeiprocessen (zie ook 4.1.4). De praktische bruikbaarheid van deze programma's wordt nu (1988) nog beperkt door het experimentele karakter van de programmatuur en de grote hoeveelheid benodigde rekencapaciteit (Waite: 1988).

In paragraaf 2.2 worden de mogelijkheden onderzocht van de bij de aanvang van het onderzoek (1982) haalbaar geachte computerondersteunde oplossingen.

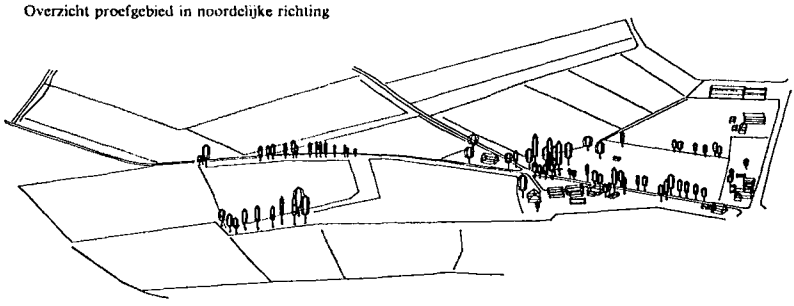
2.2 Computerondersteunde technieken

In deze paragraaf wordt onderzocht in hoeverre de computer zinvol kan worden ingeschakeld bij het visualiseren van nieuwe ontwikkelingen in het landschap. Hierbij is gestreefd naar een effectieve oplossing die, met de huidige stand van de techniek (1982-1988) binnen een redelijk budget kan worden gerealiseerd (passend in de normale investeringen van een middelgroot bureau).

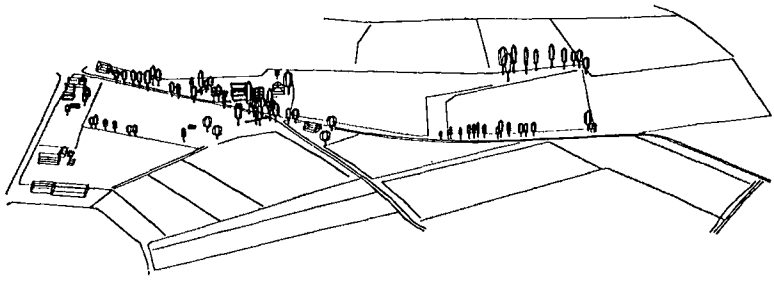
Voor het langs automatische weg genereren van perspektiefbeelden moet in de eerste plaats worden beschikt over computerprogrammatuur en -apparatuur waarmee de geometrische gegevens van het ontwerp en het landschap in de computer kunnen worden gevoerd, en waarmee de afbeeldingen kunnen worden gemaakt.

In de volgende paragraaf worden beschikbare computertechnieken besproken voor het in de computer voeren en afbeelden van het ontwerp (2.2.1). Daarna wordt ingegaan op het inwinnen van de voor de visualisering benodigde gegevens omtrent de bestaande toestand in een gebied, en het omzetten van die gegevens naar voor de computerprogrammatuur bruikbare informatie (2.2.2). In paragraaf 2.2.3 worden speciale technieken behandeld voor het weergeven van het ontwerp in een bestaand landschap. In paragraaf 2.2.4 wordt de voor dit onderzoek meest geschikt geachte techniek geselecteerd. Daarna wordt in 2.2.5 gewezen op een bruikbare techniek ter ondersteuning van de visualisering.

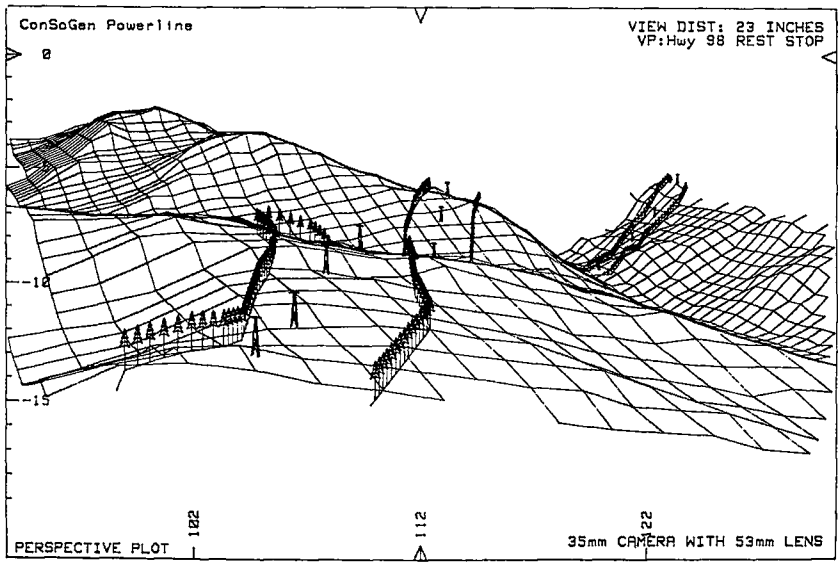
Overzicht proefgebied in noordelijke richting



Overzicht proefgebied in zuidelijke richting



2.3
Computerperspectief van fotogrammetrisch ingewonnen landschapsgegevens, uit: Digitale Landschappen (Beers: 1979)



2.4
Digitale terrein modellering met Perspective Plot
Uit: An interactive analytical technique for the visual modelling of land management activities (Nickerson: 1980)

2.2.1 De invoer en weergave van het ontwerp

Het merendeel van de thans in gebruik zijnde programmatuur op het gebied van het computer ondersteund ontwerpen legt zich toe op ondersteuning van het technische deel van het ontwerpproces. Hiermee wordt de gebruiker de mogelijkheid geboden om een gedetailleerd ontwerp op een eenduidige en efficiënte manier in te voeren en te wijzigen. Op grond van de ingevoerde driedimensionale informatie kan een groot aantal verschillende tekeningen worden gemaakt, zoals:
- plattegronden
- doorsneden, zijaanzichten, bovenaanzichten
- detailtekeningen
- isometrische en andere parallel projecties
- onvertekende perspectieftekeneningen vanuit elk willekeurig standpunt
- tekeningen voor verschillende disciplines

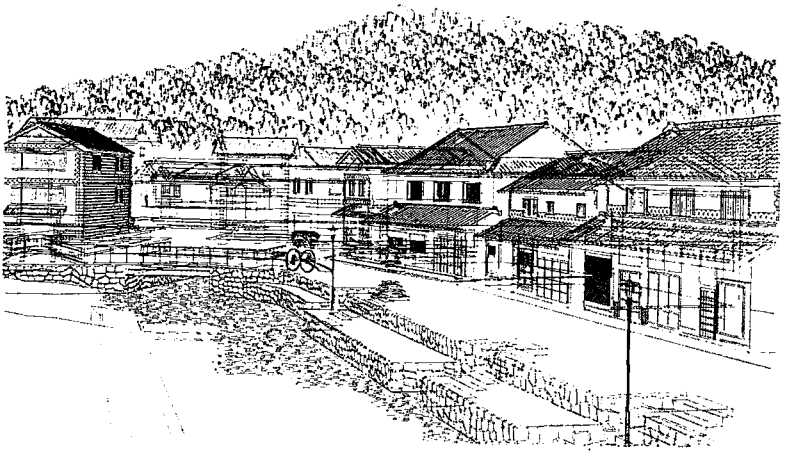
Door gebruik te maken van een beeldscherm kunnen de ontwerptekeningen steeds naar believen worden bijgesteld en aangepast, terwijl het toetsenbord een snelle, nette en flexibele invoer van de teksten garandeert: pennen, gum, mallen, plakletters en plakrasters worden vervangen door commando's en instelbare lijn- en lettertypen en automatisch getekende arceringen en (patronen van) symbolen.

Sinds kort worden bij een aantal programma's extra modules geleverd die getinte afbeeldingen kunnen genereren. Bij getinte afbeeldingen worden de intensiteitsverschillen van de kleuren berekend die optreden ten gevolge van verschillende belichting vanuit één of meerdere lichtbronnen (zie o.a. figuur 4.2). Soms wordt ook slagschaduw gegenereerd (zie kleurenfoto's 4d - f). Daarnaast kunnen wel texturen worden aangebracht. Dit zijn patronen (soms in reliëf) die meevertekenen met de projectie (zie figuren 4.9 en 4.10). Met deze modules kunnen afbeeldingen van het ontwerp worden verkregen die realistischer zijn dan met de gebruikelijke lijntekeningen.

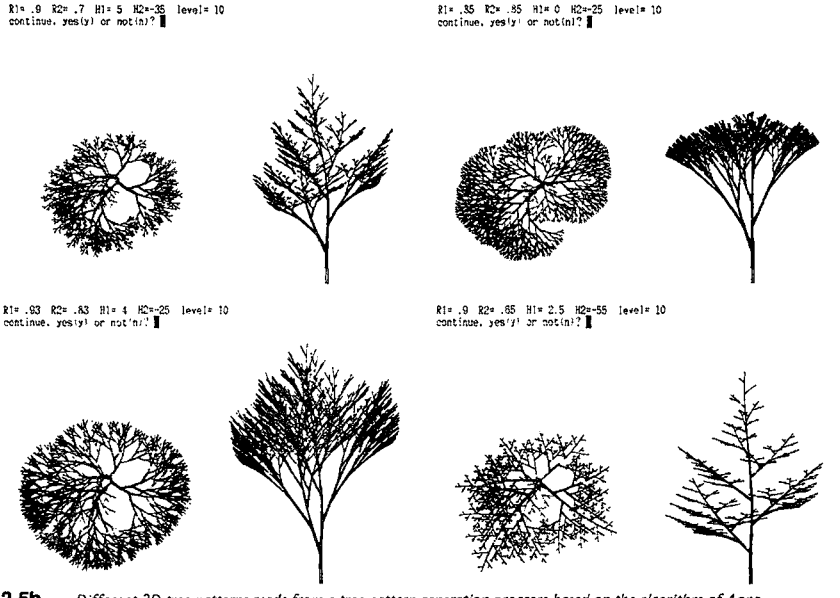
Behalve het tekenwerk kunnen ook allerlei routinematige berekeningen met de computer worden uitgevoerd (oppervlakten, hoeveelheden, kosten, e.d.). Zo kunnen op grond van grotendeels dezelfde basisgegevens op snelle wijze alternatieve ontwerpen worden getekend en doorgerekend.

Uit het voorgaande moge blijken dat de computer een flexibel hulpmiddel kan zijn bij de visualisering van het ontwerp. Veel CAD-systemen vergen echter nogal wat oefening, in het algemeen wordt dit werk dan ook overgelaten aan speciaal daarvoor opgeleide mensen. In de praktijk betekent dit dat de ontwerper hoogst zelden achter het beeldscherm zit. De computer wordt daarom nauwelijks gebruikt als ontwerpgereedschap, maar vaak uitsluitend voor het produceren van het nodige technische tekenwerk voor de uitvoering. De meeste systemen zijn dan ook niet uitgerust met adequate hulpmiddelen voor het maken van ontwerpschetsen.

Bij de gangbare CAD-systemen ontbreken tevens goede mogelijkheden voor een efficiënte invoer en duidelijke weergave van "zachte" elementen zoals beplantingen. Alhoewel er thans nieuwe technieken zijn ontwikkeld waarmee natuurlijk aandoende detaillering kan worden aangebracht (zie figuren 2.5 en 4.13), zijn deze (nog) niet in gangbare CAD-systemen opgenomen. Bomen en struiken worden tot nu toe doorgaans als sterk gestileerde symbolen gerepresenteerd (zie bijvoorbeeld figuren 2.3



2.5a *Cityscape of Kurashiki, with three shapes represented by a light and shadow, 2D pattern*



2.5b *Different 3D tree patterns made from a tree pattern generation program based on the algorithm of Aono and Kunii*[1]

2.5

Twee- en driedimensionale patronen voor het weergeven van bomen
Uit: Drawing natural scenery by computer graphics
(Tsuyoshi Tee Sasada: 1987)

en 2.4). Voor het maken van illustratieve tekeningen voor representatieve doeleinden worden de computertekeningen daarom vaak met de hand opgewerkt.

2.2.2 Het inwinnen en invoeren van landschapsgegevens

Bij het computer ondersteund tekenwerk wordt de omgeving van het ontwerp in het algemeen maar voor een klein deel meegenomen: alleen voor zover aanpassingen moeten worden aangebracht voor de inpassing van het ontwerp. Dit deel zal gewoonlijk als ondergrond van het ontwerp zijn ingevoerd.

De rest van de omgeving ontbreekt in zo'n bestand. Hiervan kunnen dus geen afbeeldingen worden gemaakt, tenzij dit gebied toevallig al een keer eerder in een digitaal bestand is vastgelegd. Meestal zijn gegevens die voor een ander doel of elders zijn ingevoerd echter niet (direct) bruikbaar, aangezien de opslag van geografisch gebonden gegevens (nog) niet is gestandaardiseerd. Op grond van het feit dat er zelfs voor de 2-dimensionale opslag van de topografische kaart nog geen officiele landelijke (laat staan Europese) afspraken gemaakt zijn, moet worden aangenomen dat standaardisatie van driedimensionale opslag voorlopig (1988) niet is te verwachten.

Wanneer er geen bruikbare bestanden voor handen zijn zal (de rest van) de omgeving speciaal moeten worden ingevoerd voor de presentatie van het ontwerp in de bestaande omgeving. De benodigde gegevens zullen dan van kaartmateriaal, luchtfoto's en zonodig door metingen in het veld moeten worden vergaard.

Fotogrammetrische inwinning

Een gebruikelijke manier om gedetailleerde, driedimensionale informatie van een landschap in te winnen is via fotogrammetrische uitwerking van fotomateriaal (meestal luchtfoto's). Indien voldoende informatie bekend is over de hoogteligging van het terrein, kan worden volstaan met enkelbeeld-uitwerking. Anders is stereo-uitwerking noodzakelijk, waarbij met overlappende foto's wordt gewerkt, die vanuit verschillende posities zijn genomen (stereo-opnamen). In dat geval is slechts een gering aantal bekende terreinpunten nodig.

Bij de fotogrammetrie wordt gebruik gemaakt van een gekalibreerde camera, waarbij de ligging van het opnamecentrum ten opzichte van mee te fotograferen randmerken bekend is. Daarmee kan de camera-oriëntering worden berekend.

Bij de vakgroep Landmeetkunde van de Landbouwuniversiteit is programmatuur ontwikkeld voor een numerieke uitwerking van (lucht-) foto's (Molenaar: 1987). Hiermee wordt als volgt te werk gegaan. Eerst worden de posities van de randmerken op de foto ingevoerd (via aanwijzing op een tablet), waaruit de inwendige oriëntering van de camera wordt berekend. Daarna kunnen de camera-coördinaten van op de foto's aangemeten beeldpunten worden berekend. Bij enkelbeeld-uitwerking wordt de uitwendige camera-oriëntering berekend op grond van een aantal op de foto aangewezen paspunten (minstens 3), waarvan ook de terreincoördinaten zijn ingevoerd. Hierna kunnen de camera-coördinaten van op de foto aangemeten punten worden omgerekend naar terreincoördinaten. Bij niet vlak terrein moet voor elk aangemeten punt de hoogteligging bekend zijn.

Bij stereo-uitwerking worden de twee elkaar overlappende foto's zodanig in het uitwerkingsinstrument gelegd dat deze via een optisch systeem als een driedimensionaal beeld van het terrein kunnen worden waargenomen. Daarna worden de randmerken van beide foto's aangewezen, waarmee de inwendige oriëntering voor beide foto's wordt bepaald. Vervolgens worden op beide foto's minstens vijf overeenkomstige punten aangewezen (meestal aan de randen van het stereomodel), parallaxpunten genoemd, waaruit de oriëntering van de foto's ten opzichte van elkaar wordt berekend (relatieve oriëntering). Daarna worden, via het uitwerkingsinstrument, in het stereomodel paspunten aangewezen, om de absolute oriëntering te berekenen. Er moeten minstens drie paspunten worden aangegeven, van twee moeten de volledige terreincoördinaten bekend zijn en van één in ieder geval de hoogte (Molenaar: 1986). Als deze handelingen verricht zijn, kunnen de terreincoördinaten van de via het uitwerkingsinstrument aangemeten punten worden berekend. Omdat het uitwerkingsinstrument aan een computer is gekoppeld kan dit instrument worden beschouwd als een driedimensionale digitizer. (Voor gedetailleerde informatie over de berekeningsmethoden in de fotogrammetrie wordt verwezen naar het collegedictaat Fotogrammetrie van prof. M. Molenaar, vakgroep Landmeetkunde LUW, 1986.)

De zo ingewonnen gegevens geven slechts informatie over de positie van losse punten in het terrein. De samenhang tussen deze punten moet echter ook worden geregistreerd, evenals de inhoudelijke informatie (welk type object is opgemeten).

Het invoeren van de gegevens

Voor het genereren van perspectiefbeelden moeten niet alleen de coördinaten van de opgemeten punten worden ingevoerd, maar moet ook een topologische struktuur worden aangebracht, waarin het verband tussen de opgemeten punten wordt vastgelegd. Hiertoe moet bijvoorbeeld worden aangegeven tussen welke punten lijnen liggen en welke lijnen deel uitmaken van welke vlakken. Pas dan ontstaat een driedimensionaal geometrisch model.

Een veel toegepaste techniek om de invoer van geometrische gegevens te beperken is het gebruik van geometrische symbolen: voor veel voorkomende typen objecten (huizen, bomen, dijken, e.d.) wordt een vormcode gedefiniëerd, waarbij een vast aantal op te meten punten hoort die de plaats en de afmeting van het object bepalen. De computerprogrammatuur genereert uit vormcode en coördinaten dan een gestileerd model van elk opgemeten object. (Beers: 1979, zie figuur 2.3).

Voor de ondergrond heeft Beers zich beperkt tot het invoeren van karakteristieke lijnen (wegen, perceelsgrenzen e.d., zoals in figuur 2.3 te zien is). Voor het nauwkeurig invoeren van het reliëf is speciale programmatuur vereist, die vlakinformatie kan genereren uit ingevoerde hoogtepunten of -lijnen (digitale terreinmodellering, Nickerson: 1980, zie figuur 2.4). Deze programmatuur ontbreekt in de meeste CAD-systemen. Digitale terreinmodellering is vaak wel opgenomen in speciale landmeetkundige programmatuur en in programmatuur voor geografische informatiesystemen (Burrough: 1986).

Nadelen van driedimensionale vastlegging van landschapsgegevens

Ondanks toepassing van de hierboven genoemde technieken zal het invoeren van complexe landschappen veel tijd vergen, zeker indien een grote mate van detaillering

en nauwkeurigheid wordt nagestreefd. Daarom worden er in de landmeetkunde thans technieken ontwikkeld om automatisch digitale terreinmodellen te genereren uit gescande stereoluchtfoto's en satellietbeelden (Boochs: 1984).

Luchtfoto's geven onvoldoende gedetailleerde informatie voor de hier beoogde toepassing, alleen de terrestrische fotogrammetrie levert materiaal dat de waarneming in het veld enigszins benadert (Beers: 1979).

Nadeel van terrestrische opnamen ten opzichte van luchtfoto's is het geringe overzicht over het terrein, het grote verschil in detail en schaal van voor- en achtergrond en het feit dat vanuit elk standpunt verschillende delen van de achtergrond door de voorgrond bedekt kunnen zijn. Het langs automatische weg afleiden van gedetailleerde geometrische informatie uit dit type beeldmateriaal zal daarom op grote praktische problemen stuiten.

Er zijn daarnaast nog een aantal andere nadelen te noemen van driedimensionale vastlegging van een bestaand landschap:
- Voor de fotogrammetrische inwinning en interpretatie is gespecialiseerde, kostbare apparatuur (en programmatuur) nodig, die met de nodige deskundigheid moet worden bediend.
- Om de grote hoeveelheden ingewonnen gegevens efficiënt te kunnen invoeren zullen deze tijdens het opmeten direct in digitale vorm moeten worden opgeslagen. Hiervoor is gespecialiseerde programmatuur en apparatuur nodig.
- Om een beeld te krijgen dat goed lijkt op de bestaande situatie zullen ongelooflijke hoeveelheden meetpunten en aanvullende gegevens moeten worden opgeslagen, hetgeen veel achtergrondgeheugen gebruikt.
- Het genereren van perspectiefprojecties van de complexe modellen die zouden ontstaan zou enorm veel tijd vergen (tenzij hiervoor gespecialiseerde, zeer kostbare computerapparatuur zou worden gebruikt).
- Bij gebruik van de gangbare systemen zullen de berekende projecties, hoe gedetailleerd ook, altijd een sterk gestileerd beeld geven van een klein deel van de werkelijke situatie. Het is dus maar de vraag of de projecties een duidelijk genoeg beeld bieden van het bestaande landschap om de gevolgen van ingrepen voor de verschijningsvorm van de omgeving te kunnen inschatten.

Er worden op dit moment geheel nieuwe technieken ontwikkeld voor het genereren van meer natuurlijk aandoende beelden van natuurlijke elementen (bomen, water, e.d.) en landschappen. Zo worden voor het weergeven van bomen wel 2- en 3-dimensionale patronen toegepast, die met behulp van algorithmes worden gegenereerd, waarbij ook variaties in de patronen kunnen worden aangebracht (Tsuyoshi: 1987, zie figuur 2.5). Via wiskundige bewerkingen worden dan natuurlijk uitziende vormen en detaillering toegevoegd aan oorspronkelijk summier beschreven objecten (zie ook paragraaf 4.1.4 en figuren 4.11 t/m 4.14). De daarmee gegenereerde beelden geven echter geen natuurgetrouwe weergave van het bestaande landschap, maar geven eerder het beeld van een secuur nagebouwd decor.

2.2.3 Technieken voor het weergeven van het ontwerp in de omgeving

Uit de vorige paragraaf blijkt dat het inwinnen en invoeren van gedetailleerde landschapsgegevens een enorme inspanning vergt, terwijl het berekenen van projecties daarvan - met de gangbare computersystemen - erg veel tijd kost en sterk gestileerde beelden oplevert. Voor het visualiseren van het ontwerp in de omgeving is daarom gezocht naar methoden waarmee de invoer van landschappelijke gegevens beperkt blijft en realistischer beelden ontstaan.

De volgende methoden zijn denkbaar:
- Slechts een beperkt aantal gegevens van het landschap en het ontwerp worden ingevoerd, en de door de computerprogrammatuur gegenereerde perspectiefbeelden worden met de hand opgewerkt.
- Alleen de projecties van het ontwerp worden met behulp van de computer berekend en getekend waarna deze met de hand op foto's van de omgeving worden gemonteerd.
- Voor de invoer en weergave van de omgeving worden videobeelden of gescande foto's gebruikt, die met behulp van computerprogrammatuur op het beeldscherm worden gemengd met de computergegenereerde projectie van het ontwerp (een soort fotomontage op het beeldscherm).

Opwerken van computerperspectieven

Het opwerken van eenvoudige computerperspectieven is een veel gebruikte techniek die als voordeel heeft dat de beelden over het algemeen perspectivisch juister zijn dan geheel handmatig gemaakte tekeningen. Voor het overige heeft deze methode dezelfde nadelen als de eerder beschreven conventionele visualiseringstechnieken.

Computerondersteunde fotomontage

Met computerprogramma's kan een zodanig perspektief van het ontwerp worden berekend, dat de computertekening passend op een foto van de omgeving kan worden gemonteerd (Purdie: 1981, Berg, van den: 1982, 1985, zie figuur 2.6a, Maver: 1987, Turnbull: 1987, Dortmont: 1988). Het oogpunt, de kijkrichting en de zichthoek van de perspectiefprojectie moeten dan in overeenstemming worden gebracht met de camera-positie, de opname-as en de beeldhoek van de gebruikte camera. Daarnaast moet de schaal van de computertekening overeenkomen met de grootte van de foto-afdruk. Daarbij is het raadzaam om enkele, op de foto goed zichtbare objecten uit de omgeving in het model van het ontwerp op te nemen, zodat kan worden gecontroleerd of de berekende projectie ook inderdaad klopt met de foto.

De eerder genoemde programmatuur die bij de vakgroep Landmeetkunde LUW (Molenaar: 1987) is ontwikkeld berekent de transformatie van kaartcoördinaten naar fotocoördinaten en omgekeerd. Dit wordt gedaan op grond van een aantal terreinpunten waarvan zowel de kaart- als de fotocoördinaten (beeldpunten) zijn ingevoerd. Daarnaast moet de brandpuntsafstand van de gebruikte lens worden ingevoerd, en een benadering van de camerapositie en de camerarichting. Hiermee wordt door de programmatuur de preciese camera-oriëntatie berekend en vervolgens de transformaties foto-kaart en kaart-foto. Nadat het op kaart vastgelegde ontwerp is ingevoerd (bijvoorbeeld met een digitizer) kan het door de programmatuur worden omgerekend

naar een in de foto passende projectie, en op bijvoorbeeld een doorzichtige overlay worden geplot, die op de foto kan worden gelegd (Molenaar: 1987, Ulenkate: 1987).

Een voordeel van montage op foto's van de omgeving is dat foto's beter de werkelijkheid benaderen dan met de hand of met de computer gemaakte perspectieven, terwijl het maken ervan veel minder inspanning en geen geheugenruimte en computertijd vergt (en daarom veel goedkoper is).

Een (gering) nadeel van deze methode is dat van de omgeving alleen beelden beschikbaar zijn vanuit de standpunten die voor de foto's zijn gekozen, terwijl het ontwerp vanuit elk willekeurig standpunt kan worden weergegeven.

Wanneer alleen nieuwe elementen worden toegevoegd, dan is de montage betrekkelijk eenvoudig uit te voeren. Het is echter lastig om de kleur (of grijstinten) van de projectie op het fotomateriaal te laten aansluiten. Wanneer er ook veranderingen in de bestaande situatie plaatsvinden zoals het kappen van bestaande beplantingen of het veranderen van het beloop van de wegen, moeten verregaande wijzigingen in het fotomateriaal worden aangebracht.

Een extra moeilijkheid treedt op wanneer een deel van het ontwerp achter bestaande landschapselementen op de foto schuil gaat. In dat geval zouden die landschapselementen driedimensionaal in de computer moeten worden ingevoerd (in hetzelfde coördinatenstelsel als het ontwerp), zodat het programma kan berekenen welke delen van het ontwerp vanuit de verschillende standplaatsen schuilgaan achter die elementen. Maar vooral wanneer het (deels doorzichtig) geboomte betreft zal bij de invoer vaak niet voldoende detail kunnen worden aangebracht om een juist beeld te genereren.

Het inwinnen van de benodigde gegevens voor de invoer van de landschappelijke elementen kost vaak teveel tijd, zodat het wegsnijden van niet zichtbare delen van het ontwerp dan met de hand moet gebeuren. Per montage wordt dan geschat welk deel van het ontwerp niet zichtbaar is. Daardoor mist ook deze methode de flexibiliteit om tijdens het ontwerpproces te kunnen worden gebruikt: voor elk stadium in het ontwerp moet voor elk beeld opnieuw worden gepast, ingekleurd, geplakt en geknipt.

Montagefoto's worden dan ook vooral gebruikt voor de eindpresentatie. Het is dus een minder geschikt middel om de ontwerper al in een vroeg stadium te helpen bij de inpassing van zijn ontwerp in de omgeving.

Daarnaast bemoeilijkt het gebruik van foto's het "veralgemeniseren" van landschappelijke situaties, ter illustratie van ontwerpideeën of voor het in beeld brengen van landschappelijke kenmerken. Hiervoor, en voor het visualiseren van sterke wijzigingen in het bestaande landschap, zou niet alleen het ontwerp, maar zouden ook de landschapsfoto's met behulp van een beeldscherm moeten kunnen worden gemanipuleerd. Hierop wordt hieronder nader ingegaan.

Montage met videobeelden of gescande foto's

Met behulp van een scanner kan een foto per beeldpunt worden afgetast en in het computergeheugen worden geladen. Videobeelden kunnen op een eenvoudiger manier, via het omzetten van het videosignaal in digitale informatie, in het computerge-

heugen worden geladen. Ook kunnen videobeelden, na synchronisatie, analoog met het signaal van de grafische monitor worden gemengd. De videobeelden en gescande foto's kunnen zo op het (grafische) beeldscherm worden weergegeven.

Wanneer de omgeving op deze wijze wordt vastgelegd kan de ontwerper tijdens het ontwerpproces op het beeldscherm beschikken over beelden van de omgeving, als achtergrond van zijn ontwerp. Het juiste perspektiefbeeld van het ontwerp moet dan met behulp van computerprogrammatuur op de juiste plaats in het omgevingsbeeld worden geplaatst (zie kleurenfoto's 1a en b).

Door enkele bestaande objecten in het model van het ontwerp op te nemen kan ook gecontroleerd worden of de montage correct is: de projectie van de bestaande objecten moet dan precies over die objecten in het omgevingsbeeld vallen. Is dit niet het geval dan kunnen oogpunt, kijkrichting en zichthoek van de projectie via het beeldscherm worden gecorrigeerd.

Ook aanpassing van kleurnuanceringen en het wegsnijden van door de omgeving bedekte delen van het ontwerp kunnen zonodig interactief op het beeldscherm plaatsvinden. Nieuwe beplantingen kunnen realistisch worden afgebeeld door bestaande beplantingen van videobeelden te copiëren en ze op de juiste plaats (na eventuele schaling en perspectivische vertekening) in het ontwerp te plaatsen (zie kleurenfoto 1e).

Indien over de juiste apparatuur wordt beschikt, kunnen de zo ontstane beelden ook op videotape of -schijf worden vastgelegd, zodat ze elders op een gewoon TV-scherm kunnen worden vertoond (bijvoorbeeld bij inspraakavonden). Door een groot aantal beelden achter elkaar te tonen zou zo een wandeling door het ontwerp en het gewijzigde landschap kunnen worden nagebootst.

Evenals bij fotomontage, kan ook met deze methode niet worden beschikt over omgevingsbeelden vanuit elk willekeurig gekozen standpunt. Men is immers afhankelijk van de standpunten van waaruit de videobeelden (of foto's) in het veld zijn opgenomen. Maar het is natuurlijk goed mogelijk om een grote hoeveelheid video-opnamen te maken, zeker indien men zich beperkt tot opnamen vanaf makkelijk bereikbare (en meetbare) posities.

Het maken van bijvoorbeeld vogelvlucht-opnamen vanuit een vliegtuig zal in veel gevallen te kostbaar zijn. In zo'n geval zouden gescande foto's gebruikt kunnen worden. (Het is overigens ook mogelijk om foto's of dia's met een videocamera op te nemen en ze als videobeelden in de computer in te voeren en op het beeldscherm te vertonen.) Indien over recente luchtfoto's kan worden beschikt zouden op deze wijze toch montages vanuit de lucht kunnen worden gemaakt, mits de camerapositie en opname-as op enigerlei wijze kunnen worden achterhaald.

Een ander nadeel van montage op het beeldscherm is dat speciale apparatuur vereist is voor de koppeling tussen grafische computerapparatuur en de video-apparatuur (zie kleurenfoto's 1c - f) of de scanner. Ook is hiervoor specifieke programmatuur nodig. Alhoewel er al op een enkele plaats geëxperimenteerd was met dit soort montages (Greenberg: 1977 Cornell University, Ithaca USA), was bij de aanvang van dit onderzoek (1981) geen direct bruikbare programmatuur beschikbaar.

Recente ontwikkelingen op het gebied van montage op het beeldscherm

Een belangrijke pionier op het gebied van computer ondersteunde fotomontage is de japanner Nakamae uit Hiroshima, die met gescande kleurenfoto's werkt, waarbij onder andere mist-effecten worden gesimuleerd (Nakamae: 1984, 1986, zie figuur 2.7). Hij legt zich vooral toe op het produceren van beelden van een zeer hoge kwaliteit en realiteitswaarde voor het simuleren van grote geplande bouwwerken in de bestaande omgeving (over speciale hulpmiddelen voor het aanbrengen van nieuwe beplantingen wordt in zijn literatuur niets vermeld).

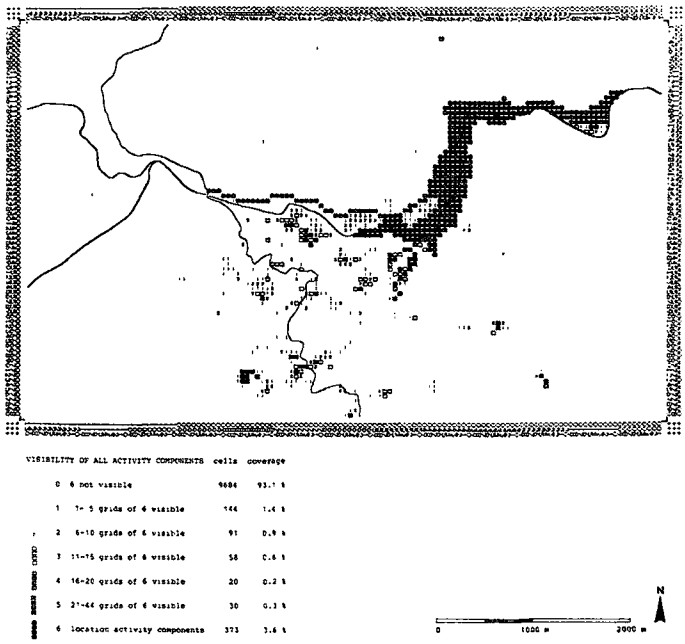
Sinds kort komen er steeds meer systemen beschikbaar die mogelijkheden bieden voor het mengen van computerbeelden met videobeelden of gescande beelden, met name ten behoeve van de reclame- en filmwereld. De hiervoor ontwikkelde programmatuur is meestal gericht op artistieke toepassingen, waarbij het perspectivisch juist inpassen niet (of gebrekkig) wordt ondersteund. Experimenteel worden deze systemen wel gebruikt voor het visualiseren van geplande gebouwen en nutsvoorzieningen (windmolens, geluidschermen, bruggen, wegen) in de bestaande omgeving, waarbij het omgevingsbeeld zelf gewoonlijk niet of nauwelijks wordt aangepast (Rip: 1988, Blom: 1988, Vernhout 1988).

Op de universiteit van Illinois (Urbana, Illinois, USA) wordt sinds 1985 op de afdeling landschapsarchitectuur geëxperimenteerd met een bestaand "video-imaging" systeem, gebaseerd op de PC. Het landschapsontwerp wordt gevisualiseerd door het "tekenen" van nieuwe elementen op het beeldscherm waarop een videobeeld van het bestaande landschap is afgebeeld, en door het copiëren en verplaatsen van videobeeldfragmenten. Dit gebeurde toen nog geheel op het oog. In 1986 werden plannen gemaakt om programmatuur te (laten) ontwikkelen voor het berekenen van passende computerperspectieven, die als lijntekening over het videobeeld zou moeten worden getoond, als ondersteuning bij het "beeldschermtekenen" (Orland: 1986).

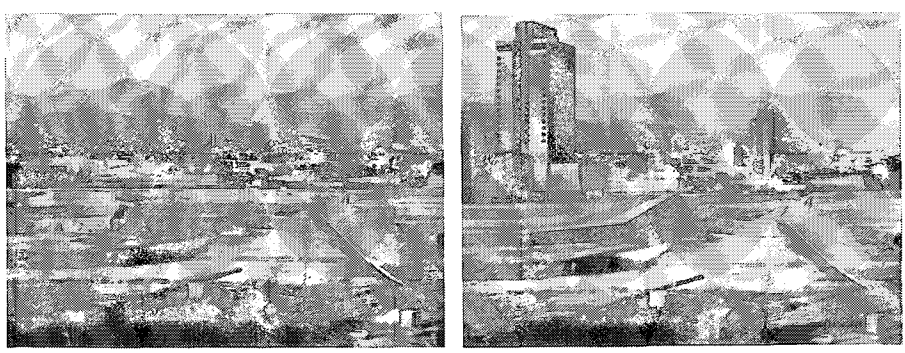
2.2.4 Conclusies en een eerste selectie.

Uit de voorgaande paragrafen kan het volgende worden geconcludeerd:
- Met de conventionele presentatietechnieken wordt doorgaans een beperkte (vaak subjectief voorgestelde) eindpresentatie van het ontwerp in de omgeving geboden.
- De thans beschikbare systemen voor computerondersteund ontwerpen bieden de mogelijkheid om op grond van ingevoerde driedimensionale gegevens over praktisch elk gewenst beeld van het ontwerp te beschikken.
- Voor het maken van een driedimensionaal computermodel van de bestaande omgeving zou een enorme hoeveelheid gegevens moeten worden vergaard en opgeslagen. Bovendien zou het genereren van de perspectiefbeelden van zo'n model veel computertijd kosten.
- Montage van computergegenereerde projecties van het ontwerp op foto's of videobeelden van de omgeving leveren beelden op die het best de toekomstige werkelijkheid benaderen.
- Indien de montage op het beeldscherm plaatsvindt, kan tijdens het ontwerpproces beschikt worden over beelden van de omgeving als achtergrond van het ontwerp, zodat de effecten van ontwerp-beslissingen op het bestaande landschap direct zichtbaar worden. Daarnaast kan de perspectivische correctheid van het beeld

2.6a Computerondersteunde fotomontage van een stuwdam (Farmagebied)



2.6b
Berekende zichtbaarheid van de ingreep in het Farmagebied
Uit: Visuele landschapsanalyse: Farmagebied (Berg, v.d: 1985)



2.7
Voorbeeld van een computermontage op een gescande foto
Uit: A montage method: the overlaying of the computer generated images onto a background Photograph (Nakamay: 1986)

goed worden gecontroleerd en gecorrigeerd en kunnen de montages op een flexibele manier worden aangepast.

De laatst genoemde techniek, montage op het beeldscherm, voldoet het beste aan de doelstelling van dit onderzoek (zie paragraaf 1.2), omdat hiermee flexibiliteit tijdens het ontwerpproces kan worden gecombineerd met realisme in het beeldmateriaal.

Zoals reeds in de vorige paragraaf is vermeld kan het landschapsbeeld op het beeldscherm worden gebracht door het scannen van foto's of door gebruik van videobeelden. In de tijd toen dit onderzoek begon (1981) konden de scanners nog onvoldoende tinten onderscheiden voor het reproduceren van realistische beelden. In het kader van dit onderzoek is daarom besloten om de mogelijkheden voor het mengen van videobeelden met computerbeelden nader te onderzoeken (zie kleurenfoto's 1a - e).

Opmerking:

Er zijn inmiddels scanners beschikbaar gekomen waarmee kleurenfoto's zonder noemenswaardig kwaliteitsverlies kunnen worden afgetast en zo in het computergeheugen kunnen worden ingevoerd.

Niet alleen de scanner zelf, maar ook de computersystemen waarmee beelden van een dergelijk hoog oplossend vermogen kunnen worden gemanipuleerd en afgebeeld zijn echter ook nu nog (1988) zeer kostbaar. Het gebruik van gescande kleurenfoto's zal daarom vanwege de hoge kosten voorlopig alleen voor eindpresentaties van grote projecten kunnen worden overwogen.

Het nadeel van videobeelden is het betrekkelijk lage oplossende vermogen van de beelden. Alhoewel het europese standaard videosignaal (PAL) is opgebouwd uit 625 lijnen, is het werkelijk oplossend vermogen veel lager. Dit is sterk afhankelijk van de gebruikte apparatuur. Professionele videorecorders kunnen een horizontaal oplossend vermogen van ca. 400 lijnen halen, terwijl dit bij semi-professionele recorders tussen de 200 en 300 ligt. Het aantal beeldpunten per lijn hangt af van de bandbreedte van het videosignaal. Deze ligt bij de meeste videorecorders tussen 1,5 en 2,5 Mhz. Bij TV-uitzendingen wordt een bandbreedte van ca. 4,5 Mhz. voor de beeldinformatie gebruikt (Sippl: 1981, Vandersluys: 1979).

Door de geringe resolutie van (vooral in het veld opgenomen) videobeelden wekken ze de indruk van verder weg te zijn genomen dan in werkelijkheid. Hierdoor bestaat het gevaar voor overschatting van de ruimtelijke maten, zoals dit ook optreedt bij TV-opnamen van maquettes (zie paragraaf 2.1.3).

2.2.5 Zichtbaarheidsberekeningen

Met sommige programma's kan op grond van topografische gegevens en/of hoogtelijnen, worden berekend welke gebieden vanaf een gepland object zichtbaar zullen zijn (Burrough: 1979, 1982, Dijkstra: 1985, van den Berg, Dijkstra: 1985, zie figuur 2.6b, Turnbull: 1987). Hieruit kan men dan tevens afleiden vanuit welke gebieden het object gezien zal kunnen worden. Met deze programma's worden doorgaans tweedi-

mensionale kaartbeelden gemaakt, waarop deze gebieden worden gemarkeerd. De kaart geeft zo een indruk van de mate waarin het nieuwe object zichtbaar zal zijn.

Uit het kaartmateriaal kan tevens worden opgemaakt van waaruit men het beste foto's of videobeelden kan nemen voor de hierboven genoemde montagetechnieken. Wel zullen hiervoor driedimensionale gegevens van het landschap moeten worden ingevoerd, maar deze hoeven minder gedetailleerd te zijn dan bij direct gebruik voor visualisering. Deze programma's kunnen derhalve dienen als ondersteuning bij het uitvoeren van de montages.

2.3 Het mengen van computerbeelden met videobeelden

Het belangrijkste verschil tussen computergegenereerde beelden en videobeelden is het feit dat de eerste in digitale code in het computergeheugen of een extern geheugen worden opgeslagen en verwerkt, terwijl de laatste in analoge vorm op videotape (of beeldplaat) worden vastgelegd. Voordat deze beelden gemengd kunnen worden moeten de computerbeelden worden omgezet in (analoge) videosignalen of moeten de videobeelden worden omgezet in digitale informatie. In verband hiermee kunnen twee mengtechnieken worden onderscheiden:
- het analoog mengen en
- het digitaal mengen

Hieronder worden de belangrijkste verschillen tussen de twee technieken, met hun voor- en nadelen, aangegeven.

2.3.1 De mengtechniek

Bij het analoog mengen moet gewoonlijk eerst het RGB-signaal van het grafische systeem worden omgevormd naar het standaard, samengestelde videosignaal (in Europa is dit het PAL-signaal, hiervoor zijn RGB/PAL-omzetters verkrijgbaar). Dit signaal en het videosignaal afkomstig van recorder of camera worden daarna gesynchroniseerd en vervolgens gemengd met behulp van een PAL-videomixer. (Tegenwoordig wordt echter ook wel met RGB-mixers gewerkt.) Een andere, veel toegepaste methode is om de computerbeelden eerst op videoband vast te leggen, waarna de beelden via twee videorecorders worden gemengd.

Met een helderheidskey-unit of een chromakey-unit kan ervoor worden gezorgd dat delen van het ene beeld worden vervangen door delen van het andere beeld. Bij de helderheidskey-unit kan met behulp van een derde bron (bijvoorbeeld een video-opname van de contouren) bepaald worden welke delen moeten worden vervangen, bij de chromakey-unit wordt dit door het gebruik van een bepaalde kleur (meestal blauw) aangegeven.

Het gemengde signaal wordt tenslotte naar een "gewone" videomonitor gezonden en kan via een (tweede of derde) videorecorder op videoband worden vastgelegd (kleurenfoto 1d).

Zo kan een beeld worden verkregen van het ontwerp, met op de achtergrond het bestaande landschap. Bij gebruik van gangbare recorders zal de videotape tijdens het

mengproces moeten blijven lopen, aangezien bij stopzetting storingen in het beeld ontstaan tengevolge van het slippen van de band. Bij langdurig vertonen van het gemengde beeld (bijvoorbeeld tijdens het aanpassen van het computerbeeld voor een betere aansluiting op het videobeeld) zal derhalve slijtage van de videobanden optreden. Daarnaast gaat elk analoog copiëerproces gepaard met een zekere kwaliteitsvermindering van het beeld, zodat herhaald mengen van een beeld is af te raden. Dit betekent dat aanpassing van eenmaal gemengde beelden niet goed mogelijk is.

Bij het digitaal mengen wordt het videosignaal van de recorder of camera gewoonlijk eerst getransformeerd naar het RGB-signaal van het grafische systeem, waarna het videobeeld met behulp van een videodigitizer wordt omgezet in digitale informatie en opgeslagen in digitaal geheugen. Hierna kan het beeld met behulp van computerprogrammatuur worden bewerkt en gemengd met computerbeelden (zie kleurenfoto 1c).

Wanneer een gangbare recorder wordt gebruikt, moet tijdens het digitaliseren de videodigitizer worden gesynchroniseerd met het videosignaal. De videoband moet dan blijven lopen vanwege eerder genoemde beeldstoring. Tijdens het mengproces wordt het gedigitaliseerde beeld op het grafische scherm geprojecteerd, waarop het probleemloos langdurig kan worden vertoond. De recorder is dan niet meer nodig en kan gebruikt worden voor eventuele analoge opslag van de gemengde beelden.

Tijdens het digitaliseringsproces treedt altijd enig kwaliteitsverlies op. Eenmaal gedigitaliseerd kan het beeld zo vaak worden gecopiëerd, gemengd en verder aangepast als gewenst, zonder dat dit ten koste hoeft te gaan van de beeldkwaliteit.

Er zijn thans videorecorders (of aparte randapparaten) beschikbaar met een beeldgeheugen voor één videobeeld, waarmee stilstaande beelden probleemloos op een videomonitor kunnen worden afgebeeld. Dit digitale geheugen is echter niet toegankelijk voor het uitvoeren van uitgebreide digitale beeldmanipulaties.

2.3.2 Het opslaan van de beelden

Bij het analoog mengen worden de gemengde beelden, evenals de landschapsbeelden ook analoog opgeslagen. Indien de landschapsbeelden vanaf een videorecorder direct worden gemengd met de computerbeelden op het grafische scherm, dan is voor het opslaan van de gemengde beelden een tweede recorder nodig. Worden de computerbeelden eerst opgenomen op een videoband, dan moeten drie recorders worden gebruikt. Indien foto's van het landschap, via opname met een videocamera, met de computerbeelden op het grafische scherm worden gemengd, is alleen een videorecorder nodig voor de opslag van de gemengde beelden.

Het opslaan en opzoeken van specifieke beelden is bij gebruik van gangbare videorecorders een vrij lastige zaak, omdat de beelden steeds sequentiëel moeten worden afgespeeld. In professionele studio's worden videorecorders tegenwoordig met een computer bestuurd waardoor het opzoeken van beelden gemakkelijker en sneller gaat. Een nog betere oplossing zou het gebruik van beeldplaatrecorders kunnen zijn. Het op plaat zetten van de beelden moet nu (1988) echter nog in speciale studio's plaatsvinden. Dit is niet alleen kostbaar, maar ook onpraktisch. Bovendien zijn de beeldplaten nu nog niet overschrijfbaar.

Bij digitaal mengen kunnen de landschapsbeelden, de gemengde beelden en de projecties van het ontwerp zowel analoog als digitaal worden opgeslagen. Voor de digitale opslag is wel een uitzonderlijk grote digitale geheugencapaciteit nodig, maar de beelden kunnen op eenvoudige wijze met computerprogrammatuur weggeschreven en weer opgezocht worden. Er zijn sinds kort optische digitale schijven verkrijgbaar (ook overschrijfbaar), die een veel grotere informatiedichtheid hebben dan de gebruikelijke achtergrondgeheugens. Daarnaast zijn digitale video-taperecorders verkrijgbaar, waarop ca. 70 minuten videofilm past.

2.3.3 Presentatie van de gemengde beelden

Zowel analoog als digitaal gemengde beelden kunnen ten behoeve van de presentatie op een gewone videomonitor worden afgebeeld. Hiervan kunnen dan desgewenst foto's of dia's worden genomen, waarbij wel vertekening aan de randen optreedt. Er bestaan tegenwoordig ook speciale videoprinters voor het maken van (foto)afdrukken en dia's van een videobeeld. Daarnaast kunnen de op videotape opgenomen beelden op film gezet worden voor presentatie in grotere ruimten. Vanwege het geringe oplossende vermogen van de videobeelden zijn foto's, dia's en films daarvan echter (vrij) onscherp.

Voor de presentatie van digitaal opgeslagen beelden zijn er inmiddels vele soorten plotters, printers en fotorecorders ontwikkeld. De goedkopere matrix- en inkjetplotters en -printers hebben een te lage resolutie en te weinig kleurmogelijkheden voor een goede weergave van gedigitaliseerde videobeelden. De duurdere inkjet-, electrostatische en laserplotters/printers hebben voldoende oplossend vermogen, maar er kan wel verlies aan kleurtinten en kleurhelderheid optreden. Ze worden o.a. gebruikt bij professionele computer graphics systemen voor een uitdraai op papier.

Met "hard copy"-apparaten (o.a. fotorecorders) kunnen (polaroid-) foto's, dia's en/of overhead sheets van computerbeelden worden gemaakt, of gerasterde afdrukken op papier. Fotorecorders met een analoge koppeling aan het grafische systeem zijn vergelijkbaar met videoprinters. Bij een digitale koppeling is het oplossend vermogen onafhankelijk van het beeldscherm. Hierbij kan onderscheid worden gemaakt in apparaten die een afdruk maken van de beeldpuntinformatie van het grafische systeem en die welke de vectorinformatie vertalen naar een rasterbeeld met een hoog oplossend vermogen. Voor gedigitaliseerde videobeelden zijn alleen beeldpuntverwerkende afdrukapparaten bruikbaar, het geringe oplossende vermogen van deze beelden blijft een belemmering voor het verkrijgen van scherpe beelden.

2.3.4 Animatie

Bij het analoog mengen kunnen bewegende beelden "dynamisch" worden gemengd. Indien over een super snel grafisch systeem wordt beschikt, dan zouden de computerperspectieven synchroon kunnen worden gegenereerd met de camerabewegingen van de landschapsopnamen, zodat de beelden direct vanaf het grafische beeld scherm zouden kunnen worden gemengd met de landschapsbeelden op de videoband. Dit vereist echter zeer gespecialiseerde, kostbare apparatuur.

In de praktijk worden de computerbeelden meestal beeld voor beeld berekend, waarna elk beeld automatisch op videoband wordt gezet. Vervolgens wordt deze band gemengd met de videoband van de landschapsopnamen waarbij beeldmanipulaties kunnen worden toegepast op de videosignalen om de beelden beter op elkaar te laten aansluiten (Blom: 1988). Het mengen kan dynamisch gebeuren (de bewegende beelden worden tijdens het draaien van de tapes gemengd), maar ook beeld-voor-beeld. Het laatste geeft kwalitatief betere resultaten, maar is een zeer tijdrovend karwei.

Voor het beeld-voor-beeld opnemen van de computerbeelden en het analoog mengen is professionele video-apparatuur nodig (waaronder drie recorders: één voor de computergegenereerde beelden, één voor de landschapsbeelden en één voor het opslaan van de gemengde beelden).

Bij digitaal mengen wordt per keer een enkel videobeeld gedigitaliseerd zodat ook het mengen per beeldje geschiedt. Voor het maken van een animatie moet elk beeldje van de landschapsopnamen worden gedigitaliseerd, gemengd met de bijpassende projectie van het ontwerp en vervolgens op videoband gezet. Het beeld-voor-beeld digitaliseren, mengen en op tape zetten is alleen doenlijk als het automatisch kan geschieden. Dit kan alleen als de beelden niet individueel hoeven te worden bijgesteld (en professionele video-apparatuur wordt gebruikt). Omdat gedigitaliseerde beelden erg veel geheugenruimte innemen, zal het digitaliseren van de videobeelden tijdens het mengproces moeten worden gedaan, zodat steeds een beperkt aantal gedigitaliseerde beelden in het geheugen hoeft te staan (in dit geval zijn twee recorders nodig: één voor het invoeren van de landschapsopnamen en één voor de opslag van de gemengde beelden).

Computeranimatiesystemen

Omdat voor animaties zulke grote aantallen projecties moeten worden berekend (voor een videofilmpje van 1 minuut zijn dit 25 x 60 = 1500 beelden), zijn/worden er speciale computeranimatiesystemen ontwikkeld, waarmee van achter het beeldscherm een hele film in scene kan worden gezet. De voor de film benodigde computerbeelden worden daarna (vaak 's nachts) achter elkaar berekend en meteen automatisch, beeld voor beeld op video of film gezet.

Met de geavanceerde animatiesystemen wordt, ten koste van een enorme hoeveelheid rekenwerk, gestreefd naar fotorealisme. Speciale algorithmen en apparatuur worden ontwikkeld om de beeldgeneratie te versnellen (Cook: 1987). Voor langere animatiefilms wordt wel gebruik gemaakt van supercomputers, waarmee binnen enkele minuten beelden kunnen worden berekend die op een gangbare computer tientallen uren rekentijd zouden vergen.

Gezien de hoge kosten en de grote hoeveelheid rekentijd die hiermee gemoeid zouden zijn, is in dit onderzoek afgezien van het maken van animaties.

2.3.5 Beeldmanipulatie

Bij het analoog mengen is de beeldmanipulatie van de videobeelden en de gemengde beelden sterk afhankelijk van de beschikbare mogelijkheden van de apparatuur. De manipulaties, zoals het veranderen van kleurniveau's en het aanbrengen van maskers, gebeurt (gedeeltelijk) door het instellen van knoppen. Het exact reproduceren van bepaalde instellingen is daarom vaak lastig te realiseren. Aangezien elke beeldbewerking gepaard gaat met meerdere copiëerprocessen, gaat dit altijd ten koste van de beeldkwaliteit. Bovendien biedt alleen professionele video-apparatuur voldoende beeldbewerkingsmogelijkheden, om bijvoorbeeld beelden te kunnen samenstellen op de manier van Jaap Drupsteen (vormgever bij de VPRO-televisie in de jaren 70). Toch zijn dat juist de bewerkingen die voor onze toepassing nodig zijn.

Digitale technieken kunnen meer en perfect reproduceerbare manipulatiemogelijkheden bieden. Zo kunnen willekeurig gevormde uitsneden uit de gedigitaliseerde videobeelden op eenvoudige wijze, via het grafische systeem worden aangegeven, en zonder kwaliteitsverlies worden gecopiëerd. Deze beeldfragmenten kunnen daarna zo vaak als gewenst worden verplaatst, gefilterd, vervormd en van kleur worden veranderd.

Op deze wijze zouden onder andere bestaande beplantingen vanaf de landschapsbeelden kunnen worden gecopiëerd en na perspectivische vervorming, schaal- en kleurbijstelling op elke willekeurige plaats in een (ander) videobeeld van een landschap, op passende wijze kunnen worden afgebeeld. Hier is wel speciale programmatuur voor nodig.

2.4 De geselecteerde visualiseringstechniek

In paragraaf 2.2 is naar voren gekomen dat het geheel met de computer vervaardigen van realistische en tevens natuurgetrouwe beelden van een ontwerp in een natuurlijke omgeving, met de gebruikelijke CAD-systemen niet mogelijk is. Betere resultaten kunnen worden bereikt door middel van computerondersteunde fotomontage, waarbij met de computer berekende perspectiefprojecties van het ontwerp op foto's van de omgeving worden gemonteerd. Fotomontage blijkt echter de nodige flexibileit te missen om tijdens het ontwerpproces te worden gebruikt.

Een flexibeler werkmethode ontstaat wanneer niet alleen het ontwerp met behulp van een beeldscherm kan worden gemanipuleerd, maar ook de foto's van het landschap. De meest eenvoudige manier om beelden op het beeldscherm te brengen is via opname met een videocamera. De zo ontstane videobeelden kunnen op twee verschillende manieren met computerbeelden worden gemengd: analoog en digitaal.

Uit de vergelijking van de twee technieken voor het mengen van videobeelden met computerbeelden (paragraaf 2.3), blijkt dat het digitaal mengen meer flexibiliteit biedt bij de opslag, de presentatie, en vooral bij het manipuleren van de beelden (zie 2.3.5).

Aangezien het de bedoeling is om een flexibel systeem te ontwikkelen, is gekozen voor de digitale mengtechniek. Hiertoe moeten de landschapsbeelden, na opname met een videocamera, door middel van een video-digitizer worden omgezet in digitale informatie. Hierna kunnen ze in het computergeheugen worden opgeslagen en met

behulp van programmatuur worden gemengd met de computerbeelden. Tevens kunnen ze zonder kwaliteitsverlies worden gecopiëerd en op uiteenlopende wijze worden bewerkt.

Er moet worden aangetekend dat, toen dit onderzoek begon (1982), er nog geen goedkope en handige systemen verkrijgbaar waren voor het analoog mengen van computerbeelden met videobeelden. Dergelijke systemen zijn er nu wel. Een groot voordeel van het analoog mengen is dat hiervoor niet over extra reken- en digitale geheugencapaciteit hoeft te worden beschikt. Voor het inpassen van bijvoorbeeld geplande bouwwerken is het analoog mengen extra aantrekkelijk, omdat de computerprojectie van het bouwwerk gemengd kan worden met een "bewegende" omgeving. (Zo kan een gepland gebouw worden gevisualiseerd in een park met wuivende bomen en met een vijver met rimpelend water en zwemmende eendjes.) Door delen van de computerprojectie te verwijderen kan worden gesimuleerd dat die delen schuilgaan achter elementen van de omgeving.

Voor het visualiseren van sterke veranderingen in het landschap, waarbij bijvoorbeeld grote elementen (gebouwen, bossen) worden verwijderd, zijn echter digitale beeldbewerkingstechnieken nodig, omdat dan de landschapsbeelden zelf moeten kunnen worden aangepast. In dat geval zullen delen van het landschap zichtbaar worden, die nu nog bedekt zijn door die elementen. De nu nog bedekte delen van het landschap moeten dan vanaf een ander standpunt worden opgenomen, perspectivisch worden vertekend en op de juiste plaats in het betreffende beeld worden gemonteerd.

Daarnaast zijn digitale technieken nodig wanneer videobeeldfragmenten worden gebruikt voor het realistisch weergeven van geplande beplantingen. Overigens is in dit geval het analoog mengen met een "bewegende" achtergrond niet zinvol, omdat dan ook de geplande beplantingen zouden moeten "meebewegen", en dat is alleen met animatie te bereiken.

3 SPECIFICATIE EN SELECTIE VAN DE APPARATUUR

De voor dit onderzoek benodigde apparatuur kan worden ingedeeld in drie groepen:
- algemene computerapparatuur (paragraaf 3.1)
- grafische apparatuur (paragraaf 3.2)
- videoapparatuur (paragraaf 3.3)

In de volgende paragrafen ligt de nadruk op de specificaties van de apparatuur. Technische bijzonderheden van de geselecteerde apparatuur zijn opgenomen in bijlage 1.

3.1 Algemene computerapparatuur

Voor de opslag en verwerking van gedigitaliseerde videobeelden is een groot werkgeheugen van de computer vereist, evenals een groot en snel extern geheugen in de vorm van schijfgeheugen. Voor de langere termijn opslag is daarnaast een tape-unit nodig. Bovendien dient de apparatuur geschikt te zijn voor het interactief werken met grote gegevensbestanden. Dit betekent dat een krachtig "single-user" systeem moet worden gebruikt of een zeer krachtig "timesharing" systeem.

In oktober 1983 is op de vakgroep Informatica voor het doctoraal onderzoek een kleine timesharing computer geïnstalleerd met een schijf- en een tape-eenheid. Ervan uitgaande dat het aantal gebruikers beperkt zou blijven is besloten om ook voor dit onderzoek van de deze machine gebruik te maken. Alhoewel de beschikbare rekencapaciteit aan de krappe kant was, kon de ontwikkeling van het prototype toch redelijk worden uitgevoerd. Voor produktiewerk met het ontwikkelde systeem is echter meer rekencapaciteit nodig.

3.2 grafische apparatuur

De grafische apparatuur moet voor de beoogde toepassing aan een aantal speciale eisen voldoen. Deze worden in paragraaf 3.2.1 besproken. Op grond hiervan zijn specificaties opgesteld (3.2.2). In paragraaf 3.2.3 wordt aangegeven waarom de op de vakgroep informatica beschikbare apparatuur niet geschikt bleek voor het visualiseren van landschapsveranderingen. In 3.2.4 wordt tenslotte de voor de toepassing aangeschafte apparatuur behandeld.

3.2.1 Eisen voor de beoogde toepassing

Het is van groot belang dat de natuurlijke kleuren en het oplossend vermogen van de gedigitaliseerde landschapsbeelden behouden blijven. Daarom moeten zowel de videodigitizer als het grafische systeem een groot aantal kleurtinten kunnen verwerken met voldoende resolutie. Om in het veld opgenomen videobeelden in de computer te voeren dient de videodigitizer te worden gesynchroniseerd met een videorecorder en moeten de beelden in 1/25ste seconde worden gedigitaliseerd (overeenkomstig de beeldfrekwentie van het PAL videosignaal). Het geheugen waarin het gedigitaliseerde beeld wordt opgeslagen moet daarvoor snel genoeg zijn.

Voor dit "real-time" digitaliseren zijn zogenaamde "framegrabbers" ontwikkeld die de beelden in het snelle beeldgeheugen van het grafische systeem opslaan, waarna het beeld met behulp van programmatuur kan worden ingelezen en verder verwerkt in het werkgeheugen van de computer.

Om te voorkomen dat het videobeeld van het landschap deels wordt overschreven door het ervoor geprojecteerde ontwerp, dient het laatste op een overlaygeheugen te kunnen worden afgebeeld. Zo kan het ontwerp naar believen worden gewijzigd zonder dat het landschapsbeeld op de achtergrond steeds moet worden hersteld.

Om de gemengde beelden ook analoog te kunnen opslaan op videoband moet de beeldfrekwentie van het grafische systeem (kunnen) overeenkomen met de beeldfrekwentie van het gebruikte videosignaal (liefst instelbaar in verband met wijzigingen in videostandaards).

3.2.2 Specificaties

Op grond van boven genoemde eisen zijn de volgende specificaties voor de benodigde grafische apparatuur opgesteld:
- een drievoudige, extern synchroniseerbare framegrabber met per basiskleur 8 bits (= 256 tinten) onderscheidingsvermogen en een oplossend vermogen van ca. 512 x 512 voor het real-time digitaliseren van videobeelden;
- een op de framegrabber afgestemd beeldgeheugen van 3 x 8 = 24 bitplanes met eenzelfde resolutie voor tijdelijke opslag en weergave van de gedigitaliseerde videobeelden (kleurenfoto 1f);
- een overlaygeheugen met 8 bitplanes voor het afbeelden van de projectie van het ontwerp, tijdens het aanbrengen van wijzigingen;
- een (instelbare) beeldfrekwentie van 25 geïnterliniëerde beelden per seconde voor het op videoband opnemen van de computerbeelden;
- een RGB-monitor met een wat langere nalichttijd voor minder flikkering per beeldlijn bij een beeldfrekwentie van 25 beelden/sec;
- een grafische processor voor een snelle afbeelding van de projectie van het ontwerp en een DMA-koppeling (Direct Memory Access interface) tussen grafisch systeem en computer voor een snelle overdracht van de beeldgegevens van computer- naar beeldgeheugen.

3.2.3 De beschikbare grafische apparatuur

Toen dit onderzoek begon (1982) werden er nog heel weinig grafische systemen met framegrabber geleverd. Bij de voor dit onderzoek beschikbare grafische terminal, is speciaal hiervoor een framegrabber gemaakt. Deze bleek echter niet extern synchroniseerbaar te zijn. Bovendien kon hiermee slechts één basiskleur tegelijk worden gedigitaliseerd (of een zwart-wit beeld).

Een kleurenbeeld zou worden verkregen door een kleurenfoto of dia via een zwart-wit videocamera op te nemen en deze drie keer te digitaliseren met achtereenvolgens een rood, groen en een blauw filter voor de videocamera. Er moet dan echter wel voldoende beeldgeheugen beschikbaar zijn om een zo verkregen kleurenbeeld af te kunnen beelden.

Het beeldgeheugen van de beschikbare grafische terminal bestaat uit acht bitplanes, zodat 256 verschillende kleuren tegelijk kunnen worden weergegeven (uit een palet van 16 miljoen kleuren). Dit is voldoende voor de weergave van een getinte projectie van het ontwerp, maar veel te weinig voor het weergeven van gedigitaliseerde beelden van het landschap.

Het beschikbare systeem was dus niet geschikt voor het mengen en weergeven van videobeelden in kleur en evenmin voor het digitaliseren vanaf een videorecorder. Dit werd te beperkt geacht, zodat in de loop van het onderzoek naar geheel nieuwe apparatuur is gezocht, die beter voldeed aan de bovengenoemde specificaties.

3.2.4 De aangeschafte grafische apparatuur

De grafische apparatuur die daarna werd aangeschaft is een modulair grafisch systeem, dat volgens onze specificaties kon worden samengesteld. Het beeldgeheugen bestaat uit een hoofdgeheugen van 24 bitplanes en een overlaygeheugen van 8 bitplanes. De bitplanes zijn opgebouwd uit 1024 beeldlijnen x 1024 beeldpunten, waarvan iets meer dan een kwart zichtbaar is op het beeldscherm. Door een zogenaamde "pan" -optie kan het zichtbare deel van het geheugen worden verschoven.

Met de bijgeleverde videodigitizer worden, per basiskleur (rood, groen en blauw) 256 verschillende tinten gedigitaliseerd, met een oplossend vermogen van 512 x 512 beeldpunten. De gedigitaliseerde beelden kunnen met een snelheid van 25 beelden/seconde op het grafische beeldscherm worden getoond, terwijl het beeldgeheugen wordt omzeild. Op het moment dat de opdracht tot opslaan wordt gegeven, wordt het beeld op het beeldscherm "bevroren" terwijl het in 1/25 ste seconde in het hoofdbeeldgeheugen wordt opgeslagen.

Met behulp van programmatuur wordt het gedigitaliseerde beeld vervolgens in het geheugen van de computer geladen en op schijfgeheugen opgeslagen. Om de beelden weer op het beeldscherm te brengen, moeten ze via de computer van het schijfgeheugen worden ingelezen en in het beeldgeheugen worden geladen.

Het grafische systeem beschikt over een minimum aan grafische hardware funkties. Zelfs voor het tekenen van een lijn moet, via programmatuur op de computer, elke beeldpunt worden berekend en door een instruktie op het scherm worden gezet. Ondanks de DMA-koppeling met de computer neemt het tekenen daardoor relatief veel tijd in beslag. Doordat met grote beeldbestanden wordt gewerkt en de bewerkingen erg rekenintensief zijn is het systeem, in deze configuratie, toch te traag gebleken om er efficiënt interaktief mee te kunnen werken.

3.3 Video-apparatuur

Voor het in het veld opnemen van de landschapsbeelden zijn een kleuren-videocamera met statief en een draagbare videorecorder nodig. Indien ook beelden vanaf dia of foto moeten worden gedigitaliseerd dient er ook over een reprostatief met lampen, een diavoorzet-adapter en een lichtbak te kunnen worden beschikt. Op de recorder na, is deze apparatuur in de laatste onderzoeksfase aangeschaft. Daarnaast is een kleine videomonitor gekocht voor het weergeven van de in het veld opgenomen beel-

den en de op video vastgelegde gemengde beelden. Er is gebruik gemaakt van een draagbare videorecorder met een horizontaal oplossend vermogen van ca. 260 lijnen.

Voor aansluiting op de grafische apparatuur is verder een RGB-encoder en -decoder nodig om het signaal van het grafische systeem om te vormen naar het samengestelde PAL-videosignaal en omgekeerd. (Deze zijn bij het grafische systeem geleverd).

Helaas zijn er nu nog (1988) geen opname-apparaten voor beeldplaten leverbaar. Beeldplaten zullen in de toekomst het aangewezen medium zijn voor de opslag van de beelden, omdat ze dan via computerbesturing uiterst compact kunnen worden weggeschreven, en snel kunnen worden opgezocht. Bovendien wordt het oplossend vermogen dan alleen begrensd door de kwaliteit van de camera en niet door de mechanische kwaliteiten van de recorder.

4 SPECIFICATIE EN SELECTIE VAN DE PROGRAMMATUUR

De programmatuur voor de hier beoogde toepassing kan worden onderverdeeld in twee typen:
- programmatuur voor beeldsynthese, waarmee de perspectiefbeelden van het ontwerp moeten worden gegenereerd (paragraaf 4.1);
- programmatuur voor beeldverwerking, waarmee de gedigitaliseerde beelden van het landschap moeten worden bewerkt (paragraaf 4.2).

In paragraaf 4.3 wordt nader ingegaan op de voor het onderzoek geselecteerde programmatuur.

4.1 Programmatuur voor beeldsynthese

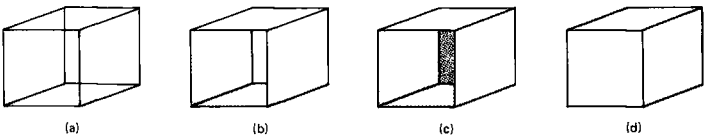
De programmatuur voor beeldsynthese legt zich toe op het geheel met de computer genereren van projecties van geometrisch beschreven modellen. Deze programmatuur omvat gewoonlijk de volgende stappen:
- De invoer (en wijziging) van de benodigde gegevens omtrent het af te beelden model (geometrie, kleur, enz.).
- Het samenstellen van een (driedimensionaal) geometrisch model op grond van de ingevoerde gegevens (geometric modelling).
- Het opslaan van de modelgegevens en andere relevante gegevens in een gegevensbank (database).
- Het invoeren van de zicht- en lichtparameters (positie van het oogpunt en lichtbron(nen), intensiteit van de lichtbron, enz.)
- Het berekenen (en eventueel opslaan) van de projectie (zichttransformaties, berekening van de (on)zichtbare delen en schaduwwerking, enz.).
- Het afbeelden van de berekende projectie op een grafisch beeldscherm.

De wijze van invoer en opslag van met name de geometrische gegevens wordt voor een belangrijk deel bepaald door het type geometrisch model dat wordt gebruikt. Ook de methode voor het berekenen van de projectie houdt hier vaak mee verband.

In de volgende paragrafen wordt ingegaan op de geometrische modellen (4.1.1), de berekening van de projectie (4.1.2) en het genereren van getinte afbeeldingen (4.1.3) bij de gangbare programmatuur voor beeldsynthese. Steeds wordt aangegeven waar de voorkeur naar uitgaat voor de beoogde toepassing. In paragraaf 4.1.4 worden, in een blik op de toekomst, nieuwe beeldsynthese-technieken aangestipt.

4.1.1 Geometrische modellen

Bij de gebruikelijke programmatuur voor beeldsynthese worden drie typen driedimensionale geometrische modellen onderscheiden:
- Draadmodellen (wireframe modelling)
- Oppervlakte-modellen (surface modelling)
- Vaste-volume-modellen (solid modelling)



4.1
Verwarrende projecties van een lijnmodel
Uit: Fundamentals of Interactive Computer Graphics (Foley:1982)

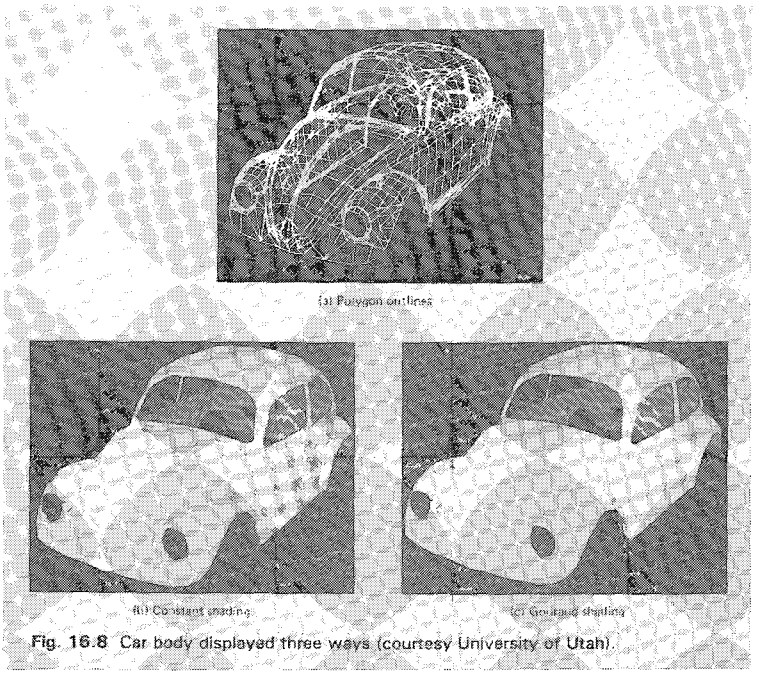
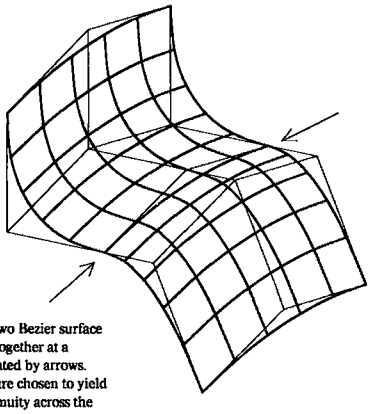


Fig. 16.8 Car body displayed three ways (courtesy University of Utah).

4.2
Voorbeelden van getinte afbeeldingen van een oppervlaktemodel
Bron: Universiteit van Utah
Uit: Foley:1982



Two Bezier surface patches joined together at a boundary indicated by arrows. Control points are chosen to yield first-order continuity across the boundary.

4.3
Twee aaneengesloten Bezier-vlakken
Uit: Principles of Interactive Computer Graphics (Newman:1979)

Draadmodellen

Het object wordt bij draadmodellen vastgelegd in de vorm van een netwerk van lijnen. Oppervlaktebeschrijvingen ontbreken. Daardoor kan niet worden berekend welke delen van het model, vanuit een bepaald standpunt gezien, door andere delen bedekt worden.

Draadmodellen kunnen daarom ook alleen als draadfiguren worden afgebeeld. Dit hoeft bij technische tekeningen niet altijd bezwaarlijk te zijn. Er kunnen echter verwarrende afbeeldingen ontstaan die op meerdere wijzen kunnen worden geïnterpreteerd (zie figuur 4.1). Enigszins realistische afbeeldingen kunnen alleen gemaakt worden van objecten die zelf ook zijn opgebouwd uit "draadvormige" componenten (zoals electriciteits-masten). Voordeel van deze simpele modellen is dat zij snelle, zij het enigszins primitieve beeldgeneratie mogelijk maken.

Oppervlakte-modellen

Bij oppervlakte-modellen wordt het object vastgelegd in de vorm van een verzameling oppervlakte-elementen, die de begrenzingen van het object bepalen. Deze elementen kunnen zijn:
- vlakken, beschreven als veelhoeken
- analytisch te beschrijven oppervlakken, zoals bollen, cylinders, kegels
- algemene gebogen oppervlakken, gewoonlijk beschreven als biparametrische polynomen en andere rationele funkties.

De laatste twee typen oppervlakte-elementen worden ook wel benaderd door een netwerk van polygonen (zie figuur 4.2a). In dat geval kunnen de hoeveelheden gegevens enorme proporties aannemen, maar het definiëren van complexe vormen is op deze wijze verreweg het eenvoudigst. De meeste (oudere) computergrafische algorithmen zijn gericht op polygoonbewerkingen.

Een pionier op het gebied van algemene gebogen oppervlakken was de fransman Bezier, die een model ontwikkelde voor het vormgeven van plaatwerk van auto's, waarbij gekromde oppervlakken aan de hand van besturingspunten worden beschreven en gemanipuleerd (de "Bezier surfaces", zie figuur 4.3). Een moeilijkheid bij het werken met gebogen oppervlakken is het vinden van de juiste overgangen (vloeiende en geknikte) bij de aansluiting van verschillend gebogen (en vlakke) oppervlakken. Om die overgangen beter te kunnen manipuleren zijn "B-spline" methoden ontwikkeld, varianten op de Bezier-formule, die lokale besturing van gebogen oppervlakken mogelijk maken (Newman: 1978, Foley: 1982).

Uitgebreide "surface modellers" bieden de mogelijkheid om praktisch elke willekeurige vorm te definiëren, maar het bedienen van deze programma's is geen eenvoudige opgaaf. Een grote vormvrijheid bemoeilijkt bijvoorbeeld de controle op fouten in de beschrijving van het model. Dit betekent dat in veel gevallen de gebruiker er grotendeels zelf voor moet zorgen dat de beschrijving van het model consistent is, zodat geen onbestaandbare ("Escher-achtige") voorwerpen ontstaan.

Oppervlakte-modellen kunnen zowel met behulp van lijntekeningen als "gevuld" (gearceerd, gekleurd en/of getint) worden afgebeeld, zodat ook realistischer afbeeldingen kunnen worden verkregen. Gebogen oppervlakken worden (als lijntekening)

vaak als een netwerk van lijnen weergegeven, dit kunnen polygonen zijn of gebogen lijnen. Voor een realistische weergave van gebogen oppervlakken moeten geleidelijke intensiteitsverschillen worden berekend voor de simulatie van het verschil in lichtval op de rondingen van het oppervlak (vergelijk figuren 4.2b en 4.2c).

Vaste-volume-modellen

Bij vaste-volume-modellen wordt het object beschreven als een set basisvolumes, (blokken, bollen, kegels, cylinders, e.d.) en een set bewerkingen waarmee het object daaruit wordt samengesteld (figuur 4.4). Deze bewerkingen zijn de booleaanse operaties: unie, verschil en doorsnede en de transformaties: schalen, draaien, verschuiven en schuinzetten (skewing). De basisvolumes moeten consistent zijn en analytisch worden beschreven.

Een belangrijk voordeel van deze modellen is dat alle objecten die uit consistente basisvolumes zijn opgebouwd eveneens consistent zijn, zodat dit niet door de gebruiker hoeft te worden gecontroleerd. Ook is de aansluiting van de verschillende onderdelen zo direct op een eenduidige wijze vastgelegd. Voor veel toepassingen is het echter uiterst moeizaam of "tegennatuurlijk" om de voorwerpen uit basisvolumes op te bouwen.

Ook vaste-volume-modellen kunnen als lijntekeningen worden weergegeven of ingekleurd dan wel gearceerd. Een echt duidelijk beeld van bijvoorbeeld gebolde volumes kan echter alleen worden verkregen door de belichting te betrekken bij de bepaling en weergave van de kleurintensiteiten.

De vaste-volume-modellen sluiten sterk aan bij de denkwijze van werktuigbouwkundigen. Bij de werktuigbouw worden objecten opgebouwd uit onderdelen die doorgaans met behulp van machines moeten kunnen worden vervaardigd (en daardoor meestal analytisch te beschrijven zijn). Veel CAD-systemen die met vaste-volumemodellen werken zijn dan ook (in oorsprong) voor werktuigbouwkundig gerichte toepassingen ontwikkeld, waarbij veel belang wordt gehecht aan constructie en aanhechting van de te modelleren voorwerpen, en aan bijvoorbeeld het tekenen van doorsneden.

Voorkeur geometrisch model

Oppervlakte-modellen sluiten beter aan bij de denkwijze van architecten: gebouwen worden eerder gezien als een stelsel van wanden (vlakken), waarmee ruimten worden omsloten, dan een stelsel van massieve blokken, waaruit ruimten ontstaan door kleinere massieve blokken van grotere af te trekken.

Driedimensionale programmatuur gericht op (stede)bouwkundige toepassingen werkt dan ook in het algemeen met oppervlaktemodellen, waarbij plattegrond en gevels vaak als tweedimensionale vlakken worden ingevoerd en vervolgens driedimensionaal aan elkaar worden gekoppeld. De modellen worden vaak geheel uit polygonen opgebouwd.

Om aan te sluiten bij de architectonische denkwijze en de bestaande programmatuur voor (stede)bouw gaat bij dit onderzoek de voorkeur uit naar het oppervlaktemodel.

4.1.2 De berekening van de projectie

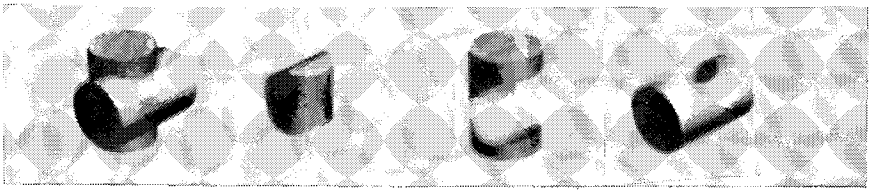
De gebruikelijke programmatuur voor de berekening van de projectie omvat (onder andere) de volgende onderdelen.

- Zichttransformaties, waarmee een parallel of perspectief projectie wordt berekend. Hierbij wordt het geometrische model veelal door middel van matrixvermenigvuldigingen getransformeerd, via oogcoördinaten, naar de projectiecoördinaten, de laatste worden vaak uitgedrukt in zogenaamde "virtuele" schermcoördinaten, die onafhankelijk zijn van het apparaat waarop moet worden afgebeeld.
- Een algorithme voor de berekening van de vanuit het oogpunt onzichtbare delen ("hidden surface algorithm"). Dit gebeurt vaak in het oogcoördinatenstelsel, waarbij het oogpunt in de oorsprong ligt, en de z-coördinaten van de getransformeerde objecten de afstand tot het oogpunt aangeven. De objecten worden op grond van die afstand geordend, waarna de snijlijnen van elkaar bedekkende objecten worden berekend ("clipping"). Aangezien deze berekeningen erg rekenintensief zijn, zijn er allerlei methoden bedacht om deze te versnellen. Om het "clippen" te omzeilen wordt voor rasterbeelden bijvoorbeeld vaak het z-buffer algorithme gebruikt, waarbij per beeldpunt wordt nagegaan welk vlak op die positie het dichtst bij het oogpunt is. Andere algorithmes werken per beeldlijn ("scan line") of door het opdelen van het projectievlak ("area-subdivision", Foley: 1982).
- Voor de weergave van realistische beelden worden kleur- en tintnuanceringen berekend met behulp van een belichtingsmodel: een stel in eerste instantie empirisch vastgestelde formules, waarmee o.a. schaduweffecten en lichtweerkaatsing van glanzende oppervlakken worden nagebootst. Later zijn theoretische modellen opgesteld (zoals het "ray-tracing illumination model", zie paragraaf 4.1.3).
- Voor de uiteindelijke weergave op het beeldscherm worden de virtuele schermcoördinaten omgezet naar beeldpunten op het grafische scherm en wordt de kleurinformatie omgezet naar een voor het grafische systeem bruikbare codering. Om het oplossend vermogen van het beeldscherm schijnbaar te verhogen wordt soms een speciale techniek toegepast ("anti-aliasing"), waarmee het "traptreden"- effect van computerbeelden verdoezeld wordt door de kleur van een beeldpunt te laten doorwerken in aangrenzende beeldpunten.

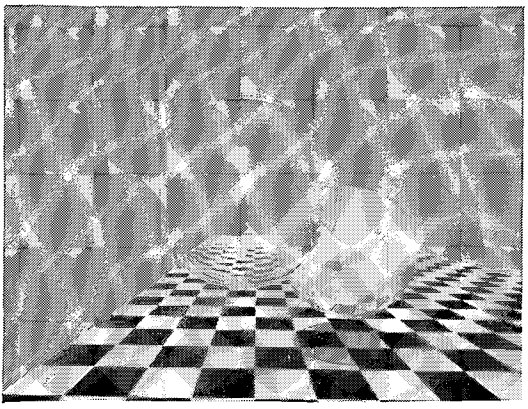
Voor de weergave van de berekende perspectiefbeelden kan onderscheid worden gemaakt in lijntekeningen, eventueel voorzien van arceringen en/of kleurvlakken en in getinte afbeeldingen (in grijstonen of in kleur) waarbij de belichting en reflectie bij de berekening van de projectie wordt betrokken.

Het is duidelijk dat getinte beelden een veel realistischer weergave mogelijk maken. De beeldgeneratie hierbij verloopt echter aanzienlijk trager, hetgeen hinderlijk kan zijn bij het interaktief werken.

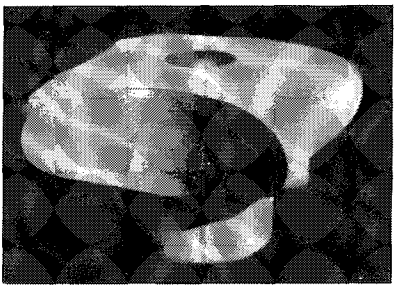
Bij dit onderzoek ligt het in de bedoeling om vrij realistische afbeeldingen te maken van het ontwerp. Daarom wordt het genereren van getinte afbeeldingen noodzakelijk geacht. (Voor het interactief werken tijdens invoer en wijziging van model en standpunt kan daarnaast met lijntekeningen worden gewerkt.)



4.4
Booleaanse bewerkingen bij "solid modelling"
Bron: Tussenafdeling Industrieel Ontwerpen, TU Delft (1983)



Red-yellow checker table with ball (courtesy of Turner Whitted, Bell Laboratories).



4.6
Voorbeeld van "ray-tracing"
Uit: Vormbeschrijving met sweepobjecten
(Wijk, van: 1985)

4.5
Voorbeeld van "ray-tracing"
Bron: Turner Whitted, Bell Laboratories
Uit: Foley: 1982

4.7
Voorbeelden van "radiosity"
Uit: "Computer graphics and visualization"
(Greenberg: 1985)

4.8 These three images were created by using the radiosity approach. Although computation for the form factors and surface intensities requires several hours, since the algorithms are independent of observer position subsequent images for dynamic motion can be generated in minutes. The approach is significant in that it correctly models the soft shadows of penumbras and the colour-bleeding effects of diffuse environments, phenomena which can only be modelled using the radiosity approach

4.1.3 Het genereren van getinte afbeeldingen

Voor het genereren van getinte afbeeldingen zijn aanvankelijk lokale belichtingsmodellen ontwikkeld, waarmee de lichtreflectie van het oppervlak uitsluitend wordt berekend, op grond van de invalshoek van licht afkomstig van een (of meerdere) lichtbronnen. Bij de later ontwikkelde globale belichtingsmodellen worden ook de reflecties en weerspiegeling van omliggende objecten bij de berekening van de kleurintensiteiten betrokken. Bekende belichtingsmodellen zijn die van Gouraud (zie figuur 4.2c), Phong, Torrance-Sparrow en Blinn (Rogers: 1985).

Het verkregen resultaat is enerzijds afhankelijk van de gehanteerde formules en anderzijds van de wijze waarop het belichtingsmodel wordt toegepast. Dit laatste hangt vaak samen met de gebruikte methode voor de berekening van de (on)zichtbare delen. Zo zijn er raster-georiënteerde methoden die de zichtbare delen en de reflectie per beeldpunt berekenen en vector-georiënteerde methoden die beide per polygoon berekenen. Bij de eenvoudigste vector-georiënteerde methoden wordt voor de gehele polygoon een tint berekend, op grond van de hoek tussen het oppervlak van de polygoon en de lichtstralen van een oneindig ver gelegen lichtbron (zie figuur 4.2b). Meer geavanceerde technieken houden rekening met de afstand van de lichtbron tot het oppervlak, oplichtende effecten van glimmende oppervlakken en de transparantie van het voorwerp (figuur 4.5).

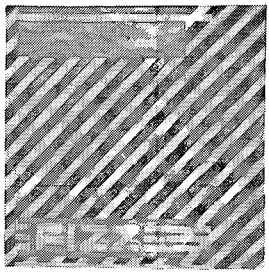
Daarnaast kan de weergave van slagschaduw bijdragen tot meer realisme. Voor de bepaling van slagschaduw wordt vaak hetzelfde algorithme gebruikt waarmee wordt nagegaan welke delen van het model vanuit een bepaald oogpunt zichtbaar zijn. In dat geval wordt de lichtbron beschouwd als het oogpunt en wordt nagegaan welke delen van het object wel of niet "zichtbaar" zijn vanuit de lichtbron. De zichtbare delen worden dan als details aan het model toegevoegd, zodat deze later gebruikt kunnen worden voor het genereren van projecties vanuit een willekeurig oogpunt, met slagschaduw vanuit die lichtbron (zie kleurenfoto's 4d - f).

Bij veel relatief snel werkende (vooral raster georiënteerde) "hidden surface" algorithmen gaat de noodzakelijke informatie voor het genereren van slagschaduw tijdens de beeldgeneratie verloren. Een groot deel van de aangeboden programmatuur voor beeldsynthese voorziet dan ook niet in de weergave van slagschaduw.

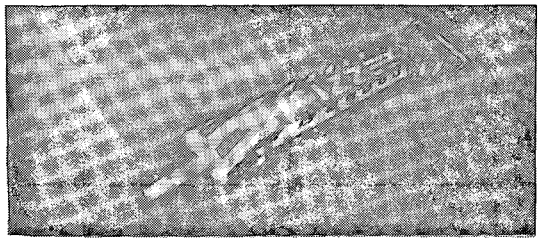
"Ray-tracing" en "radiosity"

Een raster georiënteerde methode waarmee onder meer slagschaduw kan worden gegenereerd is de zogenaamde "ray-tracing" techniek. Deze is gebaseerd op het feit dat een waarnemer een object alleen ziet indien dit wordt belicht en diens reflectie de waarnemer bereikt. De zichtbare delen worden berekend door vanuit het oogpunt een gereflecteerde lichtstraal door elk beeldpunt in achterwaartse richting te volgen, totdat een ondoorzichtig object wordt doorsneden.

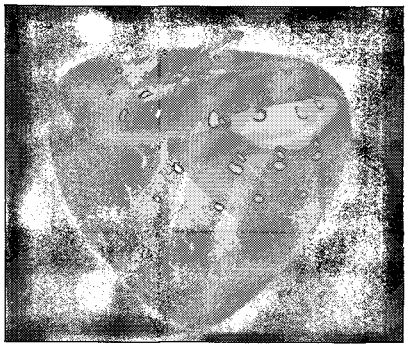
De "ray-tracing" techniek maakt het tevens mogelijk om een globaal belichtingsmodel toe te passen: een groot aantal afbuigingen en splitsingen van elke straal tengevolge van reflectie, oplichting, weerspiegeling en/of transparantie van de in het model aanwezige voorwerpen (en achtergrond) worden geregistreerd en zijn medebepalend voor de tint van elk beeldpunt. Door de berekening uit te voeren voor een groter aantal beeldpunten dan op het beeldscherm aanwezig is kan het oplos-



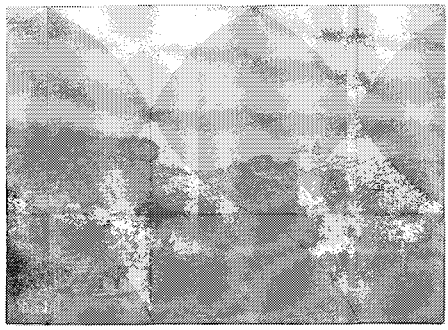
4.8



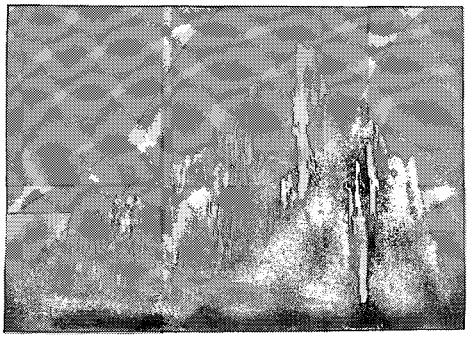
4.9
Een voorbeeld van "texture mapping"
(Jansen: 1985)



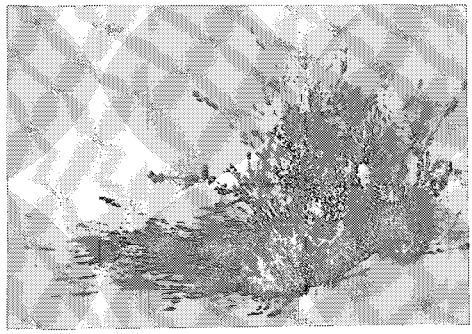
4.10
Texture mapping van "reliëf"
Bron: University of Utah (uit: Foley: 1982)



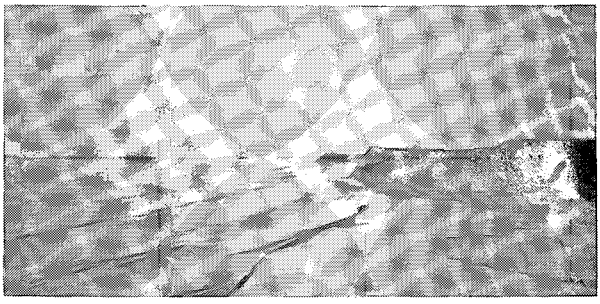
4.11
Computer-gegenereerd landschapsbeeld
met "textured quadratic surfaces"
(Gardner: 1984)



4.12
Computer-gegenereerde bergen met
"fractaal techniek" (Bouville: 1985)



4.13
Computer-gegenereerde beplanting
met "fractaal techniek"
(Reeves: 1983)



4.14
"A simple model of ocean waves"
(Reeves : 1986)

4.15
"A Muscle Model"
(Waters: 1987)

send vermogen schijnbaar worden vergroot door per beeldpunt gewogen gemiddelden van de berekende kleurtinten af te beelden. De grondlegger van deze techniek is T. Whitted (Whitted: 1980, zie figuur 4.5). Bij (o.a) de afdeling industriële vormgeving van de TU. te Delft wordt al enige jaren met "ray tracing" geëxperimenteerd (Van Wijk: 1985, figuur 4.6, Jansen: 1985).

Diffuse richtflectie wordt met de "ray-tracing" techniek niet berekend. Met de diffuse lichtreflectie wordt het aandeel van het licht bedoeld, dat gereflecteerd wordt door doffe oppervlakken, en in alle richtingen wordt verspreid. Voor de berekening hiervan is een nieuwe techniek ontwikkeld, de "radiosity" techniek, die gebaseerd is op thermische berekeningsmodellen ter bepaling van de uitwisseling van stralingsenergie tussen voorwerpen binnen een afgesloten ruimte.

De diffuse reflectie van het licht wordt berekend op grond van de geometrische plaatsing van de objecten ten opzichte van elkaar. Van elk object wordt nagegaan hoeveel straling het oppervlak bereikt, direct vanaf de lichtbronnen en/of ten gevolge van reflectie van de omringende objecten. In tegenstelling tot "ray-tracing" is de "radiosity" berekening onafhankelijk van het oogpunt en hoeft per scene dus maar 1 keer te worden gedaan. De beelden die daarna vanuit een ander standpunt worden gemaakt kunnen daardoor aanzienlijk sneller worden gegenereerd. De berekening van het beeld in figuur 4.7 kostte ca. 4 uur op een VAX 11/780, een volgend beeld van dezelfde scene, maar vanuit een ander standpunt (figuur 4.8) kostte ongeveer 20 minuten (Greenberg: 1985,1988).

In de Cornell University (Ithaca, New York) worden thans beide technieken gecombineerd voor het genereren van fotorealistische beelden van interieurs van gebouwen (Wallace:1987), waarbij rekening moet worden gehouden met meerdere lichtbronnen en vervagende belichting (vanaf de ramen of vanaf kunstlichtbronnen). Beide technieken vergen een groot aantal rekenintensieve berekeningen, die zonder speciale hardware erg veel tijd kosten.

Voorkeur beeldgeneratie-techniek

Bij de aanvang van dit onderzoek (1982) waren bovenbeschreven technieken nog in een erg experimenteel stadium (de "radiosity" techniek bestond niet). Tevens waren de benodigde rekentijden buitensporig lang. (Het genereren van één "ray-tracing"-beeld duurde op de PDP 11 bij industriële vormgeving van de TU Delft, afhankelijk van de resolutie en de complexiteit van het beeld, enige uren tot een hele nacht.)

Voor de toepassing die ons voor ogen staat is de voorkeur gegeven aan een snellere (en daardoor goedkopere) beeldgeneratie-techniek, waarbij de kleurtint per polygoon wordt berekend. Voor het simuleren van buitenopnamen resulteert deze techniek gewoonlijk in voldoende realistische afbeeldingen.

4.1.4 Nieuwe technieken voor beeldsynthese

Behalve de hier boven beschreven technieken zijn er nog een aantal technieken ontwikkeld, die onder meer gericht zijn op het weergeven van natuurlijke objecten en fenomenen. Alhoewel deze niet zijn gebruikt bij het ontwikkelde prototype, worden ze

hier aangestipt ter illustratie van de huidige (1988) mogelijkheden van de beeldsynthese.

Afhankelijk van de soorten objecten die worden afgebeeld, kunnen onder andere de volgende technieken worden onderscheiden.

- Technieken voor het aanbrengen van texturen op harde, door de mens gemaakte objecten (texture mapping). Hiermee kunnen fotorealistische weergaven worden verkregen van bedrukte of van etiketten voorziene gladde objecten (Jansen: 1985, figuur 4.9). Texture mapping wordt ook wel gebruikt voor het nabootsen van rimpelige of hobbelige oppervlakken (zoals van aardbeien, zie figuur 4.10), fotorealisme wordt hier niet mee verkregen, aangezien de contouren van de objecten glad blijven.
- Technieken voor het op snelle wijze genereren van natuurlijk aandoende beelden van landschappen, bijvoorbeeld door het genereren van texturen op gebogen vlakken (Gardner: 1984, figuur 4.11).
- Technieken voor het maken van realistische afbeeldingen van grillig gevormde natuurlijke elementen zoals berglandschappen (Bouville: 1985, figuur 4.12) en beplantingen (Reeves: 1983, zie figuur 4.13, Smith: 1984, Oppenheimer: 1986), waarbij de ontstaansprocessen en/of groeiprocessen van de af te beelden elementen worden geanalyseerd en in de vorm van parameters worden gebruikt voor de sturing van het beeldvormingsproces. Voor het visualiseren van dergelijke objecten wordt onder andere de fractaal-techniek toegepast, die wordt gekenmerkt door recursieve transformaties (Mandelbrot: 1982, Lauwerier: 1987).
- Technieken voor het realistisch weergeven van zachte en flexibele objecten, (bijv. van stof, watten, wolken, vuur, graanvelden, golven), waarbij de fysieke eigenschappen van het materiaal worden betrokken bij de weergave van (de bewegingen van) het object (Reeves: 1985, Gardner: 1985, Yeager: 1986, Weil: 1986, Fournier: 1986, zie figuur 4.14).
- Technieken voor het simuleren van mist (Nakamay: 1986, Willis: 1987).
- Technieken voor het realistisch in beeld brengen van zich voortbewegende levende individuen (mensen, dieren). Hierbij kunnen twee type technieken worden onderscheiden. Bij de ene techniek worden de bewegingen van een levend individu gevolgd met behulp van op het lichaam aangebrachte herkenningspunten. Deze bewegingen worden vervolgens overgebracht op het computermodel (MacKay: 1982). Bij de andere technieken worden de anatomische eigenschappen van de individuen in algorithmen en parameters vertaald, waarmee de bewegingen worden gestuurd (Magnetat-Thalmann : 1985, Waters: 1987, figuur 4.15). Fotorealisme wordt hiermee echter nog niet bereikt.

Deze nieuwe technieken vergen met de thans gebruikelijke grafische apparatuur nog erg veel computertijd. Het genereren van het op figuur 4.14 getoonde beeld van de golven (Fournier en Reeves: 1986) kostte 10 uur en 21 minuten op een Computer Consoles Power 6/32 (deze is 10 x sneller dan een VAX 11/750, de computer op de vakgroep Informatica). De benodigde tijd voor het genereren van het geometrische basis-model van het tafereel (85680 gebogen vlakken) kostte echter slechts 36 seconden op een VAX 11/750.

Dankzij de snelle ontwikkelingen op het gebied van de (grafische) hardware zullen deze technieken binnenkort bruikbaar worden voor produktiewerk en op de langere duur ook betaalbaar worden voor kleinere bureau's. Er zijn overigens al (zij het extreem dure) systemen waarmee real-time manipulatie en animatie van complexe

structuren mogelijk is (Oppenheimer: 1986). Een probleem bij het gebruik van dit soort programmatuur is dat men goed op de hoogte moet zijn van de effecten van de sturingsparameters op het beeld en/of het model van het te simuleren object en wat de overeenkomsten en afwijkingen daarvan zijn ten opzichte van de werkelijkheid.

AI kan met deze technieken, ten koste van veel rekenwerk, een hoge mate van realisme worden bereikt, natuurgetrouwe beelden van een bestaand landschap kunnen hiermee niet worden bereikt, omdat het landschap onmogelijk in alle details kan worden ingevoerd of exact kan worden gereproduceerd middels besturing van parameters. Voor de visualisering van veranderingen in een bestaand landschap is de bruikbaarheid van deze technieken daarom beperkt.

4.2 Programmatuur voor beeldverwerking

Beeldverwerkingsprogrammatuur omvat technieken voor het manipuleren van beelden die digitaal zijn vastgelegd in de vorm van een reeks grijs- of kleurwaarden, de beeldpuntinformatie. Gewoonlijk zijn dit gescande beelden of gedigitaliseerde videobeelden. De meeste beeldverwerkingstechnieken zijn (in oorsprong) gericht op:
- beeldverbetering: vermindering van ruis, verscherping van wazige beelden, verbetering van de helderheid, opheffing van ongewenste tintverschillen en geometrische vervormingen, enz;
- beeldanalyse: opdeling van de beelden in gebieden op grond van kleur-, tint-, textuur- en/of vormverschillen, meting en zo mogelijk classificatie van deze gebieden; indien nodig wordt de beeldanalyse aangevuld met:
- vorm/patroon-herkenning: vergelijking van beeldpuntpatronen met bekende vormen of patronen en classificatie van de herkende patronen.

Daarnaast worden de beeldverwerkingstechnieken steeds meer toegepast in de computergrafiek (anti-aliasing, texture mapping), bij de beeldende kunst en voor het bereiken van allerlei speciale effecten bij bijvoorbeeld videoclips en reclamefilmpjes.

Is men bij de "traditionele" beeldverwerking vooral geïnteresserd in de informatie die van de beelden kan worden afgeleid, bij deze nieuwe toepassingen gaat het vooral om verbetering of verlevendiging van de beelden zelf. De laatste groep toepassingen wordt daarom ook wel met "beeldbewerking" aangeduid.

Alhoewel de toepassingen duidelijk van elkaar verschillen, worden bij de beeldverwerking en de beeldbewerking grotendeels dezelfde algorithmen gebruikt. Deze algorithmen kunnen worden onderverdeeld in:
- bewerkingen gericht op enkele beeldpunten
- bewerkingen waarbij ook de omringende beeldpunten worden betrokken
- bewerkingen op meerder beelden tegelijk
- geometrische bewerkingen

4.2.1 Enkelbeeldpunt-bewerkingen

Bij de enkelbeeldpunt-bewerkingen zijn de eigen kleurwaarde en eventueel de positie van het beeldpunt bepalend voor de nieuwe waarde. Met deze bewerkingen kunnen bijvoorbeeld de kleuren of de helderheid van een beeld worden gewijzigd en kun-

nen geleidelijke kleur- of helderheidsverschillen binnen een beeld worden opgeheven of aangebracht. Ook kan het contrast worden verhoogd door een betere intensiteitsverdeling over de beeldpunten aan te brengen. Hiertoe wordt vaak een histogram gemaakt van de intensiteitsverdeling(en) van het beeld, waaruit kan worden afgelezen of en op welke wijze deze verdeling kan worden verbeterd.

Voor onze toepassing zijn dergelijke technieken gebruikt voor het verbeteren van de kwaliteit van de gedigitaliseerde beelden en voor het aanpassen van de kleuren van beeldfragmenten die uit een ander gedigitaliseerd beeld afkomstig zijn (bijvoorbeeld voor het in beeld brengen van nieuwe beplantingen in een landschap, zie paragraaf 5.5.4).

4.2.2 Bewerkingen op beeldpuntomgevingen

De nieuwe waarde van een beeldpunt wordt bij deze bewerkingen mede bepaald op grond van de waarden van de omringende beeldpunten. De meest gebruikte techniek is de "convolutie" of filterbewerking, die de nieuwe waarde berekent uit de som van de eigen beeldpuntwaarde en de omringende waarden, elk vermenigvuldigd met een wegingsfactor. Door een juiste keuze van de wegingsfactoren (uitgedrukt in een matrix, een zogenaamde "convolution kernel") kunnen contouren worden verscherpt of juist verzacht, kan ruis worden verwijderd en kunnen zich herhalende beeldpuntenpatronen worden weggefilterd of worden geaccentueerd.

De eerder genoemde anti-aliasing techniek voor het verwijderen van het traptredeneffect bij computerbeelden kan met deze bewerking worden uitgevoerd. Ook kunnen vormen of patronen hiermee worden herkend: de wegingsfactoren worden dan zo gekozen dat de nieuwe waarde een maat is voor de correlatie tussen het aangetroffen beeldpuntenpatroon en het gezochte patroon.

Naast de bovenbeschreven filtertechniek worden er ook niet-lineaire bewerkingen toegepast, onder andere voor het wegwerken van spikkelvormige storingen. Hiervoor worden de waarden van de beeldpuntomgeving geordend van groot naar klein en wordt de middelste waarde de nieuwe beeldpuntwaarde. Ten behoeve van beeldanalyse en classificatie worden vaak recursieve zoekmethoden gebruikt om aaneengesloten gebieden met eenzelfde "range" van beeldpuntwaarden op te zoeken; aan elk gevonden gebied wordt een nieuwe beeldpuntwaarde toegekend.

Alhoewel sommige van deze bewerkingen ook gebruikt worden voor beeldverbetering, zijn ze vooral gericht op de beeldanalyse. Voor onze toepassing zijn de bestaande op beeldpuntomgevingen gerichte technieken niet goed bruikbaar gebleken. Wel zijn speciale bewerkingen op beeldfragmenten ontwikkeld die tot deze categorie kunnen worden gerekend (onder andere het middelen van beeldpuntwaarden, zie paragraaf 5.4.4).

4.2.3 Bewerkingen op meerdere beelden

Voor beeldverbetering worden vaak meerdere beelden van eenzelfde tafereel gemiddeld, zodat storingen die zijn ontstaan tijdens de opname vervagen. Een veel gebruikte methode voor het vergelijken van twee beelden is de twee beelden van elkaar

af te trekken, zodat alleen de verschillen overblijven. Hiermee kan bijvoorbeeld worden gecontroleerd of bepaalde onderdelen missen of kan beweging worden gemeten.

Als gevolg van een verdere integratie met geografische informatiesystemen, worden steeds meer overlaytechnieken toegepast bij de beeldverwerking van, op luchtopnamen vastgelegde, geografische (raster-) gegevens. Deze bewerkingen maken het bijvoorbeeld mogelijk om relaties te leggen tussen gegevens die zijn vastgelegd op kaartmateriaal en recente satelliet- of luchtopnamen. (Zee, van der: 1985, Farjon: 1986).

Bij medische (en andere biologische) toepassingen worden sinds kort series gedigitaliseerde beelden van doorsneden van een orgaan gebruikt voor het reconstrueren van een driedimensionaal model, waarbij ook technieken uit de computergrafiek worden gebruikt (Vannier: 1983, Schrauwers: 1987).

Vermoedelijk kunnen deze technieken ook voor onze toepassing van nut zijn (beeldverbetering). Ze zijn in het kader van dit onderzoek echter niet gebruikt, vanwege de aanzienlijke inlees- en rekentijden die ermee gemoeid zijn.

4.2.4 Geometrische bewerkingen

Deze bewerkingen veranderen de ruimtelijke rangschikking van de beeldpunten. Geometrische bewerkingen worden onder meer gebruikt voor het corrigeren van vervormingen veroorzaakt door de optische eigenschappen van de camera of door "ongewenste" perspectivische vertekeningen ten gevolge van de camera-oriëntatie (met name bij het maken van landkaarten op grond van luchtfoto's en satellietbeelden).

Daarnaast worden ze steeds meer toegepast voor het verlevendigen van presentaties door het uitvergroten, draaien, en vervormen van delen van beelden. Een populaire techniek is het "wikkelen" (wrap) van gedigitaliseerde beelden om afgebeelde (of onzichtbare) voorwerpen. Dit wordt ook toegepast in de computergrafiek voor het aanbrengen van texturen (texture mapping).

Voor onze toepassing zijn geometrische bewerkingen ontwikkeld voor het perspectivisch vervormen van beeldfragmenten (zie 5.4.4). Zo kunnen beelden van bestaande beplantingsvakken of bospercelen na perspectivische vervorming in een projectie van een ontwerp worden gepast.

4.3 De voor het onderzoek geselecteerde programmatuur

4.3.1 Programmatuur voor beeldsynthese

Er zijn veel programma's in omloop voor het genereren van afbeeldingen van objecten. Ondanks het feit dat van veel programma's wordt gezegd dat ze universeel bruikbaar zijn, blijkt toch dat ze in het algemeen het meest geschikt zijn voor de toepassing waarvoor ze oorspronkelijk zijn ontwikkeld. Tegenwoordig bieden veel programmapaketten echter de mogelijkheid om toepassingsgerichte aanpassingen

en aanvullingen in de programmatuur aan te brengen, zodat op snelle wijze vakgerichte systemen kunnen worden gemaakt. Op deze wijze worden nu speciale systemen voor de landschapsarchitectuur ontwikkeld, onder andere bij de vakgroep Tuin- en Landschapsarchitectuur van de Landbouwuniversiteit (werkgroep CALP, Blom: 1988, Kolkman: 1988).

In 1982 was men nog niet zo ver. Bij gebrek aan op de landschapsarchitectuur toegesneden programmatuur is in het kader van dit onderzoek gezocht naar een programma dat primair was ontwikkeld voor (stede-) bouwkundige toepassingen en dat kon worden aangepast voor de ontwikkeling van het beoogde visualiseringssysteem.

De meeste van de programma's voor de stedebouw waren (en zijn ook nu nog) gericht op het maken van technische tekeningen en voorzien dan uitsluitend in lijntekeningen (eventueel gearceerd of gevuld met kleurvakken). Bovendien waren de mogelijkheden voor het maken van perspectief beelden vaak afwezig of beperkt.

Bij de aanvang van dit onderzoek was het programma VISTA (Visual Impact Simulation Technical Aid) één van de weinige programma's die speciaal ontwikkeld waren voor het visualiseren van bouwkundige ontwerpen. Dit programma is oorspronkelijk ontwikkeld door Peter Fox, Dixon, Australië, in het kader van een promotie onderzoek. Hij verrichte dit onderzoek in Glasgow bij ABACUS, een instituut van de Strathclyde Universiteit waar programmatuur wordt ontwikkeld ten behoeve van de architectuur. Hij werd geassisteerd door één van de medewerkers van ABACUS. Na zijn promotie heeft de medewerker, Don Stearn, de ontwikkeling van het programma voortgezet. Het programma was nog in ontwikkeling en was derhalve niet te koop. Wel bleek ABACUS bereid om VISTA aan de Landbouwhogeschool ter beschikking te stellen, op voorwaarde dat de hier ontwikkelde programmatuur te zijner tijd ook aan ABACUS werd teruggeleverd.

Het programma VISTA

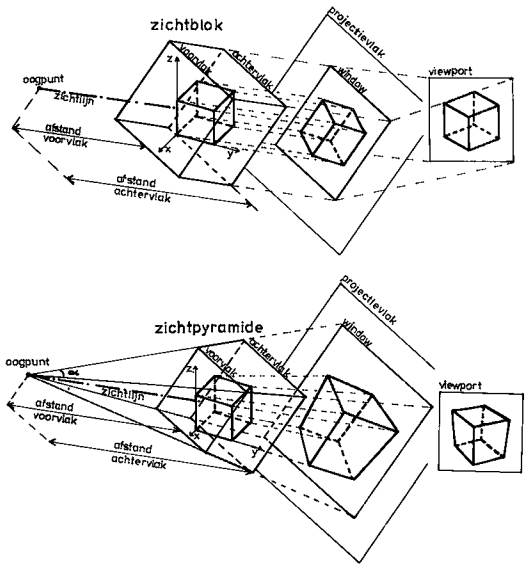
Het VISTA programma werkt met oppervlaktemodellen, voorziet in een uitgebreid algorithme voor het berekenen van de niet zichtbare delen en slagschaduw en genereert getinte afbeeldingen. Het programma is oorspronkelijk geïmplementeerd op een DEC10 computer en een AED 512 grafische terminal en was geschreven in FORTRAN IV. Het is indertijd door de auteur van dit proefschrift voorzien van een (engelstalige) handleiding, omdat deze bij de oorspronkelijke versie ontbrak. (Stearn, Roos: 1982).

Het gehanteerde geometrische model is hiërarchisch gestructureerd: elk model is onderverdeeld in objecten die verwijzen naar de vlakken waaruit ze zijn opgebouwd. Aan elk vlak kunnen vlakdetails ("tiles") worden toegevoegd. De geometrie van de vlakken en vlakdetails is vastgelegd in polygonen, waarvan de hoekpunten zijn vastgelegd in de vorm van driedimensionale coördinaten in een door de gebruiker gekozen modelcoördinatenstelsel.

De berekening van de projectie gebeurt in een groot aantal stappen, waarvan de belangrijkste zijn (zie ook bijlage 2):
- Nagegaan wordt welk deel van het model binnen het zichtblok (bij parallel projectie) of de zichtpiramide (bij perspectief projectie) is gelegen (zie figuur 4.16). Zichtblok en zichtpiramide worden bepaald door de zichtbreedte of zichthoek en de

posities van voor- en achtervlak, die door de gebruiker worden opgegeven (in modelcoördinaten). De delen die er deels buiten liggen worden tegen het betreffende vlak van zichtblok/piramide weggesneden ("geclipt").

- Het deel van het model dat overblijft wordt omgezet naar het oogcoördinatenstelsel; de zichtpiramide wordt vervolgens omgevormd naar een rechthoekig blok, waarbij de x en de y-as evenwijdig zijn aan het virtuele scherm en de z-as in het scherm wijst, zodat de diepte-informatie behouden blijft. In dit stelsel worden de objecten geordend van voor naar achter (van dichtbij naar veraf) in een prioriteitslijst.
- Vervolgens wordt nagegaan welke objecten geheel of deels schuil gaan achter andere objecten. De objecten die geheel bedekt worden verdwijnen van de prioriteitslijst.
- Van elk (deels) zichtbaar object wordt nagegaan welke vlakken naar het oogpunt zijn gericht en dus zichtbaar zijn; bij concave objecten moeten de vlakken zonodig tegen elkaar geclipt worden.
- Daarna wordt elk object op vlakniveau geclipt tegen de objecten die hem deels bedekken.
- Indien vlakdetails en slagschaduw aan vlakken zijn toegewezen dan worden deze geclipt tegen de zichtbare delen van de bijbehorende vlakken. Vlakdetails en slagschaduwpatronen worden dus niet meegenomen tijdens de berekening van de zichtbare delen.
- Tenslotte wordt de kleurtint van elk overgebleven vlak bepaald op grond van de door de gebruiker opgegeven kleuren van het model, de gegevens van de lichtbron en de oriëntatie van elk vlak ten opzichte van de lichtbron. Het gebruikte lichtmodel is gebaseerd op werk van Phong en Blinn (Rogers: 1985).
- Uiteindelijk worden alle geometrische en kleurgegevens van de projectie opgeslagen in een beeldbestand dat op een grafisch kleurenscherm kan worden afgebeeld.



4.16
Zichtruimten bij parallel en perspectiefprojectie
Boven: zichtblok bij parallel projectie
Onder: zichtpyramide bij perspectief projectie
(α = zichthoek)

Om het programma op de vakgroep Informatica te kunnen draaien moest het eerst geschikt gemaakt worden voor de daar aanwezige apparatuur. Hiervoor is onder meer een aantal subroutines voor de in- en uitvoer naar de computer geschreven en is een geheel nieuwe bibliotheek van grafische basisroutines ontwikkeld (zie bijlage 2).

In eerste instantie werd overwogen om de grafische standaard GKS (Graphical Kernel System) te gebruiken, maar er bleek in 1982 nog geen FORTRAN implementatie beschikbaar te zijn. (Wel is bij de ontwikkeling van de grafische bibliotheek naar de definities van GKS gekeken, maar het mengen met videobeelden bleek te specifiek om het oorspronkelijke algemene karakter van de grafische basisroutines vol te kunnen houden).

In de oorspronkelijke versie van het VISTA-programma moest alle invoer alfanumeriek geschieden door het beantwoorden van een groot aantal vragen. Voor een snellere en eenvoudiger invoer is eerst programmatuur geschreven voor het grafisch invoeren van de geometrische en kleurgegevens, op zowel model-, object-, vlak- als vlakdetail-niveau. Ook is programmatuur ontwikkeld voor een gebruikersvriendelijke invoer van de zicht- en lichtparameters, waarbij een zogenaamde "preview" optie door middel van een lijntekening voorziet in een relatief snelle indruk van de berekende projectie (zonder weglating van achterliggende delen).

De programmatuur voor de berekening van de projectie is in de loop van het onderzoek sterk verbeterd en uiteindelijk geheel herschreven in FORTRAN 77.

4.3.2 Programmatuur voor beeldverwerking

In het kader van dit onderzoek is programmatuur nodig waarmee willekeurige delen van videobeelden kunnen worden gecopieerd en perspectivisch kunnen worden vervormd om in een ander videobeeld op de juiste plaats te worden ingepast.

Bij de aanvang van dit onderzoek was dit soort programmatuur nergens verkrijgbaar. Er bestonden subroutinepaketten voor beeldverwerking, maar die boden alleen de "traditionele" bewerkingen voor beeldanalyse van zwart-witbeelden met "false-colour" mogelijkheden.

Voor onze toepassing is het echter van groot belang dat de natuurlijke kleuren gehandhaafd blijven. Dit betekent dat met "true colours" gewerkt moet kunnen worden. (Er is ook thans nog weinig programmatuur beschikbaar die met natuurlijke kleuren werkt.)

Gezien de zeer specifieke eisen waaraan de programmatuur moest voldoen is besloten om de benodigde beeldverwerkingsprogrammatuur geheel binnen het onderzoekproject te ontwikkelen. De mogelijkheden van de ontwikkelde programmatuur komen in het volgende hoofdstuk aan de orde.

5 VISUALISEREN MET DE ONTWIKKELDE PROGRAMMATUUR

In dit hoofdstuk wordt eerst aangegeven hoe, met de gekozen visualiseringstechniek, veranderingen in het landschap stapsgewijs in beeld kunnen worden gebracht. Vervolgens wordt beschreven op welke wijze deze stappen met de ontwikkelde programmatuur kunnen worden gerealiseerd. Technische bijzonderheden van de programmatuur zijn opgenomen in bijlage 2.

5.1 Nadere specificatie van de programmatuur

Voor het maken van een realistische afbeelding van een ontwerp in een bestaand landschap zullen, met behulp van computerprogrammatuur, een aantal stappen moeten worden doorlopen. De belangrijkste zijn:

1. Een ruw model van het ontwerp moet worden ingevoerd en zonodig gewijzigd worden. Met een "ruw" model wordt hier bedoeld een visueel aanvaardbare representatie, zonder technische bijzonderheden, waarbij de geplande natuurlijke elementen (voorlopig) sterk gestileerd worden weergegeven.

2. De videobeelden van het bestaande landschap moeten worden opgenomen, gedigitaliseerd en opgeslagen. Bij de opname dient het oogpunt, en zo mogelijk de brandpuntsafstand en de richting van de camera, te worden geregistreerd, evenals de datum en het tijdstip van de opname. Deze gegevens zijn nodig voor de berekening van een passende projectie.

3. Per montage moet het oogpunt, de kijkrichting en de zichthoek worden ingevoerd, gecontroleerd en zonodig bijgesteld. Indien de brandpuntsafstand en de richting van de camera bekend zijn, kan de zichthoek hieruit worden berekend. Anders zullen kijkrichting en zichthoek door schatting en bijstelling moeten worden bepaald. Hiertoe moeten objecten van de omgeving in het model worden opgenomen. De juiste zichtparameters zijn gevonden wanneer de projectie van die objecten precies past op de afbeelding van die objecten in het videobeeld.

4. Daarnaast moeten per montage lichtparameters worden ingevoerd en zonodig bijgesteld: de zonpositie moet worden berekend en er moet een schatting worden gemaakt van de lichtintensiteit voor direct en indirect licht opdat de projectie ook qua belichting in het videobeeld past.

5. De getinte projecties van het ontwerp moeten worden berekend. Dit moet zonodig worden herhaald indien bijstelling van zicht- en lichtparameters wenselijk blijkt.

6. De projectie dient vervolgens over het overeenkomstige videobeeld te worden afgebeeld. De kleuren van de projectie moeten bijgesteld kunnen worden ten behoeve van een betere inpassing in het landschap.

7. De in de projectie opgenomen gestileerde natuurlijke elementen moeten worden vervangen door videobeelden van gelijksoortige elementen. De hiervoor gebruik-

te (uitsneden uit) videobeelden moeten zodanig vervormd worden dat ze in de projectie passen. Zonodig moeten de kleuren van de nieuwe natuurlijke elementen worden bijgesteld.

8. Delen van de projectie die schuilgaan achter elementen van het bestaande landschap moeten worden weggesneden ("geclipt"). Indien dit deels doorzichtige landschapselementen betreft (zoals beplantingen) dan zullen deze vanaf het originele videobeeld moeten worden gecopiëerd en over de projectie heen getekend. Daarna moeten de mee gecopiëerde delen van de oude achtergrond worden weggefilterd, zodat de projectie van het ontwerp achter de elementen zichtbaar wordt.

9. De aldus ontstane montagebeelden moeten digitaal worden opgeslagen en voor presentatiedoeleinden worden vastgelegd op videoband, film, foto of dia.

In de loop van het onderzoek is de benodigde programmatuur ontwikkeld om deze stappen te kunnen realiseren. In de volgende paragrafen wordt beschreven hoe het visualiseren met deze programmatuur in zijn werk gaat.

5.2 Algemene kenmerken van de ontwikkelde programmatuur

De ontwikkelde visualiseringsprogrammatuur bestaat uit 3 modules, die elk afzonderlijk kunnen worden gedraaid, of samen via een verbindend hoofdprogramma. De drie modules zijn:
- Een grafische editor, opmaakprogrammatuur waarmee het ontwerp kan worden ingevoerd en gewijzigd.
- Een projectie-module, waarmee de zicht- en lichtparameters worden ingevoerd en de projectie wordt berekend. De projectie wordt opgeslagen in een bestand (de "displayfile").
- Een weergave-module, waarmee de projectie op het scherm kan worden afgebeeld, en waarmee projectiekleuren kunnen worden gewijzigd en kan worden in- en uitgezoomed. Er zijn twee versies van de weergave-module: één waarmee videobeelden kunnen worden bewerkt en gemengd met de projecties en één waarmee alleen projecties kunnen worden afgebeeld en bewerkt.

Daarnaast is een programma geschreven voor het digitaliseren en opslaan van de videobeelden.

De programmatuur is menugestuurd, dat wil zeggen dat de communicatie met de gebruiker voornamelijk via keuzemenu's verloopt. Elk menu is voorzien van een specifieke "prompt", een teken waarmee het programma aangeeft dat het op invoer van de gebruiker wacht. Aan de prompt is steeds te zien in welk deel van de programmatuur men zich bevindt. Het betreffende menu kan door het intypen van een "?" worden opgevraagd.

De alfanumerieke invoer geschiedt via een alfanumerieke terminal die met de computer is verbonden. Ook de menu's, de prompt, eventuele vragen en mededelingen verschijnen op het beeldscherm van deze terminal. Er wordt met een lopend scherm gewerkt: wanneer het scherm vol is schuift de tekst steeds naar boven op (het ge-

bruik van vaste schermen is wel overwogen, maar dit geeft tijdens de ontwikkeling van de programmatuur vrij veel overlast, zodat hier voorlopig van is afgezien).

De grafische invoer gebeurt via een "tablet", een kleine tekentafel die is voorzien van een netwerk van koperen draden, waarmee de positie van de "puck" wordt doorgegeven aan het grafische systeem. De "puck" is een apparaatje waarmee punten (van een tekening) op het tablet kunnen worden aangewezen; de puck is voorzien van toetsen, waarmee aanvullende informatie kan worden doorgegeven.

De beelden worden op een apart grafisch scherm weergegeven dat in verbinding staat met het grafische systeem. Het grafische systeem is verbonden met de computer.

Informatie over de structuur en verdere details van de programmatuur is opgenomen in bijlage 2.

5.3 Het invoeren/wijzigen van het ontwerp

Voor het grafisch invoeren en wijzigen van een driedimensionaal model van het ontwerp is een "grafische editor" geschreven. Deze editor werkt op 4 niveau's, overeenkomstig de structuur van het modelbestand (model-, object-, vlak-, en vlakdetail niveau, deze structuur is overgenomen van de oorspronkelijke programmatuur van ABACUS). In de volgende paragrafen wordt in het kort beschreven hoe een nieuw model wordt aangemaakt en hoe op de verschillende edit-niveau's kan worden gewerkt.

5.3.1 Het hoofdmenu van de grafische editor

Het hoofdmenu van de grafische editor geeft onder meer de keuzes:

C Create a model

M Model editor (model-niveau)

B Body editor (object-niveau)

F Face editor (vlak-niveau)

T Tile editor (vlakdetail-niveau)

Wordt M,B,F of T gekozen, voor het veranderen van een bestaand model, dan wordt de naam van het model gevraagd, waarna men in de gekozen editor belandt. Er kan vrijelijk van editor worden gewisseld, zonder dat eerst naar het hoofdmenu of vorig menu moet worden teruggekeerd.

Op model-niveau ("model editor") kunnen reeds ingevoerde kleuren worden veranderd, kan de oriëntatie van het model ten opzichte van de noordpijl worden aangegeven en kunnen met de projectie-module berekende slagschaduwen worden verwijderd.

Kiest men C, om een nieuw model te creeren, dan wordt eerst de naam van het aan te maken bestand en een toelichting over het model gevraagd. Daarna belandt men direct in de "body editor" om objecten van een ander model te copiëren of om nieuwe objecten in te voeren.

5.3.2 De "body editor"

Het copiëren van objecten van een ander model

Met de keuze "B" kan men objecten van een ander model copiëren. Men moet dan de naam van dat model opgeven. De objecten van dat model kunnen indien gewenst op het scherm worden afgebeeld, waaruit dan een selectie kan worden gedaan. Daarna kunnen de objecten zonodig worden getransformeerd om in het nieuwe model te passen.

Het invoeren van nieuwe objecten

Met de keuze "A" (add bodies) kunnen nieuwe objecten worden ingevoerd. Indien men in een model voor het eerst een nieuw object invoert, dan moet worden opgegeven binnen welk "window" men wil invoeren: een driedimensionale kubusvormige ruimte in een door de gebruiker gekozen coördinatenstelsel (modelcoördinaten). Daarna moet worden gekozen via welk aanzicht men wil invoeren: bovenaanzicht, vooraanzicht of zijaanzicht (kleurenfoto 4a). Objecten worden ingevoerd in de vorm van polygonen (veelhoeken).

Het invoeren gebeurt via het "PAINT" menu, waarmee bijv. de kleur kan worden gekozen en de wijze van invoer (alfanumeriek of grafisch, met of zonder een referentiegrid, of men met gevulde of open polygonen wil tekenen, e.d.). Tussen de ingevoerde punten wordt automatisch een lijn getrokken. Na beëindiging van de invoer wordt de polygoon gesloten, waarna deze in de model-database kan worden opgeslagen.

Wordt het object opgeslagen, dan moet het objecttype worden opgegeven. Afhankelijk van het gekozen objecttype moeten alleen ontbrekende coördinaten worden opgegeven of ook meerdere polygonen. Bij invoer via het bovenaanzicht van bijvoorbeeld een "regular body" wordt naar de hoogte van het grondvlak en het bovenvlak gevraagd. Er kan ook voor een object worden gekozen dat slechts uit 1 vlak bestaat, "plane", in welk geval alleen naar de hoogte van dat vlak wordt gevraagd. Voor de invoer van een "general body" worden meerdere polygonen ingevoerd, elk met een opgegeven hoogte (Koek: 1988, zie kleurenfoto's 5a en b).

De programmatuur stelt op grond van de ingevoerde gegevens een 3-dimensionaal object samen. Bij een "regular body" krijgen - afhankelijk van het gebruikte aanzicht bij de invoer - grondvlak en bovenvlak, of voor- en achtervlak dezelfde vorm, namelijk die van de ingevoerde polygoon. De verbindingsvlakken zijn vertikale rechthoeken (het huisje op de kleurenfoto's 4a t/m f bestaat uit 4 "regular bodies"). Bij een "general body" worden de ingevoerde polygonen verbonden door driehoekige vlakken (kleurenfoto's 5a en b).

Ook kunnen 3-dimensionale objecten via rotatie rond de vertikale as worden verkregen, waarbij ronde vormen worden benaderd door een groot aantal veelhoeken

(kleurenfoto 5d). In dat geval wordt de halve doorsnede via het beeldscherm ingevoerd.

Het afbeelden van objecten

Van de ingevoerde objecten kunnen boven-, voor-, zij-aanzicht en een schuine parallel projectie worden getoond (alle tegelijk, zie kleurenfoto 5b, of elk afzonderlijk, zie kleurenfoto 4a). Bij de afzonderlijke aanzichten kan naar believen worden in- of uitgezoomed. De objecten kunnen als lijntekeningen of gevuld worden weergegeven en er kan een referentiegrid worden opgevraagd. Verder kunnen de vlakdetails wel of niet worden afgebeeld.

De objecten worden door middel van hun identificatienummer aangeduid. Dit objectnummer wordt, indien gewenst, in het midden van elk object getekend. Elke willekeurige verzameling van objecten kan worden afgebeeld. De gebruiker geeft de verzameling aan door middel van de objectnummers (bijvoorbeeld: 1/4,10,13/A, hetgeen betekent: de objecten 1 t/m 4, object 10 en alle objecten vanaf 13). Daarnaast kan met groepsnamen worden gewerkt (zie onder).

Objecten kunnen van volgorde worden veranderd, bijvoorbeeld voor het logisch ordenen van de objectnummers. Ook kunnen objecten (tijdelijk) onzichtbaar worden gemaakt. Deze optie is bijvoorbeeld handig als met alternatieve ontwerpen wordt gewerkt, waarvan een deel van de objecten verschillend is. Die objecten kunnen dan afwisselend zichtbaar of onzichtbaar worden gemaakt, voor het berekenen van projecties van beide alternatieven.

Het manipuleren van objecten

Eenmaal ingevoerde objecten kunnen veelvuldig worden gecopiëerd, verschoven, uitgerekt, verbreed, verkleind en vergroot, gedraaid, aan elkaar gepast (met of zonder schaalverandering) en van kleur veranderd. Ook kunnen ingewikkelde vormen worden samengesteld door middel van booleaanse bewerkingen (samenvoegen of het van elkaar aftrekken van objecten, zie kleurenfoto 5d).

De objecten kunnen worden ondergebracht in groepen, waaraan door de gebruiker een naam wordt gegeven. Objecten kunnen van verschillende groepen deel uitmaken. De transformaties kunnen zowel per groep worden uitgevoerd als per afzonderlijk object.

Verder kunnen objecten tot "model basis" worden benoemd, waarmee wordt aangegeven dat deze objecten nooit door andere objecten bedekt kunnen worden (bijvoorbeeld de ondergrond van het ontwerp). Deze objecten worden door de projectie-module, in de volgorde waarin ze in de database zijn opgenomen, zonder clippen verwerkt (indien nodig kan de volgorde van de objecten worden aangepast). Ze worden dan als eerste op het scherm gezet, waarna de overige objecten erover heen worden getekend. Dit kan de berekening van de projectie aanzienlijk versnellen.

5.3.3 De "face editor"

In de "face editor" kunnen per object de afzonderlijke vlakken worden afgebeeld, kan aan één of meerdere opgegeven vlak(ken) een andere kleur worden toegekend (zie kleurenfoto 4b) en kunnen de reflectieparameter worden aangepast. Ook kunnen gaten in de vlakken worden aangebracht en kunnen vlakken worden verwijderd.

Het aanbrengen van gaten en het verwijderen van vlakken heeft tot gevolg dat "in" een object kan worden gekeken. Bij de berekening van de kleurintensiteit wordt echter geen rekening gehouden met interne beschaduwing van de objecten, zodat alleen bij vlakvormige objecten of half open objecten die als "decor" fungeren de juiste belichting wordt verkregen. Verder kan deze mogelijkheid worden gebruikt om het berekenen van de projectie te versnellen, door nooit zichtbare vlakken al in het model te verwijderen.

5.3.4 De "tile editor"

In de "tile editor" kunnen vlakdetails op de vlakken worden aangebracht (kleurenfoto 4c). Het vlak waarop de details worden aangebracht wordt orthogonaal op het scherm geprojecteerd. Het invoeren van het detail gebeurt weer via het PAINT menu. De polygoon wordt op het vlak getekend en wordt omgerekend naar de coördinaten van het betreffende vlak, voordat hij wordt opgeslagen in de database.

Over elkaar heen getekende vlakdetails kunnen tegen elkaar worden "geclipt". Vlakdetails die deels buiten het vlak vallen worden tijdens de berekening van de projectie tegen het vlak geclipt, ze kunnen echter ook al in de tile editor tegen het vlak worden geclipt. Verder kunnen ze worden gecopiëerd en getransformeerd en van kleur worden veranderd.

Onderscheid wordt gemaakt in normale en grid-vlakdetails. Bij "gridtiles" wordt opgegeven uit hoeveel elementen het vlakdetail moet worden opgebouwd, in x- en y-richting en welke afstand tussen de elementen in x- en y-richting moet worden aangehouden. In de afbeelding ontstaat dan een "grid" van dezelfde vlakdetails (bijvoorbeeld ramen, zie kleurenfoto 5c). In de database is alleen de geometrie van het ingevoerde element ondergebracht, met de bijbehorende aantallen en afstanden in x- en y-richting en de kleurmarges. Met de kleurmarge kan worden aangegeven hoeveel elk element van kleur mag verschillen, waarna binnen de opgegeven marge willekleurige kleuren aan de elementen worden toegekend. (Hiermee kan bijvoorbeeld een bakstenen- patroon worden aangebracht.)

5.4 Het invoeren van de zicht- en lichtparameters

Het berekenen van de projectie gebeurt in de projectie-module (VIEW- module genoemd). Het hoofdmenu van deze module geeft de keuze uit:
- een "preview", voor een snelle blik vooraf;
- een berekening van een schaduwstudie;
- een snelle berekening van een projectie, waarbij een deel van de clip-procedures wordt overgeslagen, waardoor fouten kunnen optreden;
- een volledige berekening van een projectie.

5.4.1 De zichtparameters

Na keuze van één van de bovenstaande opties belandt men bij het VIEW- menu, waarmee de zichtparameters kunnen worden ingevoerd. Oogpunt en focuspunt kunnen zowel alfanumeriek (in modelcoördinaten) als grafisch worden ingevoerd. Indien grafisch wordt ingevoerd dan verschijnt een plattegrondje van het model, waarna de punten kunnen worden aangewezen. De hoogte wordt daarna in modelcoördinaten ingetypt. De lijn oogpunt-focuspunt bepaalt de kijkrichting.

De zichthoek of zichtbreedte en het voor- en achtervlak van de zichtruimte ("viewfrustrum") worden alfanumeriek ingevoerd. Hiermee wordt bepaald van welk deel van het model de projectie wordt berekend (zie figuur 4.16).

Er kan gekozen worden uit een aantal verschillende parallel- en perspectiefprojecties:

Parallel projecties:
- isometrisch, vanuit de vector (-1,-1,1);
- vanuit een vector door het opgegeven oogpunt en focuspunt;
- vanuit een vector richting zonpositie, berekend op grond van de in te voeren breedtegraad, datum en tijdstip (gebruikelijk bij schaduwstudies, zie kleurenfoto 4d).

Perspectief projecties:
- 2-puntsperspectief (vanuit het opgegeven oogpunt, evenwijdig aan het grondvlak, richting focuspunt, zie kleurenfoto 4e);
- driepuntsperspectief (vanuit het oogpunt met als kijkrichting de lijn oogpunt-focuspunt, zie kleurenfoto 4f).

Van alle parameters worden door de programmatuur "default waarden" bepaald, die worden aangehouden indien de gebruiker geen waarden opgeeft.

5.4.2 Een snelle blik vooraf

Na invoer van (een deel van) de zichtparameters kan vooraf een lijntekening van de projectie worden opgevraagd. Aangezien de berekening van de onzichtbare delen en van de kleurtinten achterwege wordt gelaten, wordt de "preview"-projectie snel gegenereerd. Er kan daarom op interaktieve wijze met de zichtparameters worden geëxperimenteerd. Voor ongeduldige gebruikers is er bovendien een mogelijkheid ingebouwd om de projectie op elk willekeurig tijdstip af te breken, waarna nieuwe zichtparameters kunnen worden ingevoerd.

Voor het maken van montages met videobeelden kan deze projectie op het overlaygeheugen, over het overeenkomstige videobeeld heen worden afgebeeld (kleurenfoto 2a). Zo kan worden gecontroleerd of de projectie overeenstemt met het videobeeld (zie bijv. kleurenfoto 8c). Indien dit niet het geval is, dan kunnen andere zichtparameters worden opgegeven totdat het gewenste beeld is bereikt. Dit proces kan worden ondersteund door gebruik te maken van de fotomontage-optie, waarbij het oogpunt en het focuspunt worden berekend op grond van een eerste schatting van deze punten. Deze optie wordt in de volgende paragraaf behandeld.

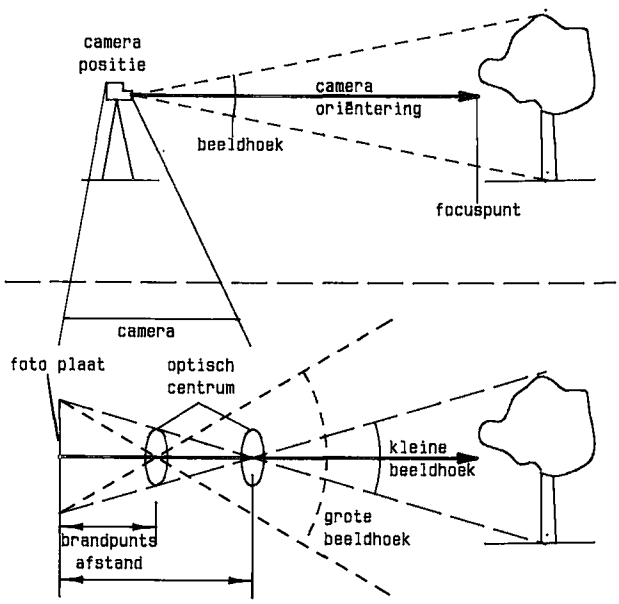
5.4.3 Berekening van een passende projectie

De monoplotting-programmatuur

In het visualiseringssysteem is een deel van de programmatuur voor monoplotting van de vakgroep landmeetkunde (LUW) ondergebracht (Molenaar: 1987). Met deze programmatuur wordt de inwendige en uitwendige camera-oriëntering van een foto berekend en de transformatie van kaartcoördinaten naar fotocoördinaten (beeldpunten) en omgekeerd. Hiertoe moeten zowel de kaartcoördinaten als de fotocoördinaten van een aantal bekende terreinpunten (referentiepunten) worden ingevoerd.

De programmatuur gaat ervan uit dat de brandpuntsafstand en de positie van het optische centrum ten opzicht van de rand van de camera bekend zijn. Indien met een gekalibreerde camera wordt gewerkt, zoals in de landmeetkunde gebruikelijk is, dan zijn deze grootheden bekend. Deze zijn nodig voor de berekening van de inwendige oriëntering van de foto in het camerasysteem, waarmee aangemeten beeldpunten worden omgerekend naar het camerasysteem (Molenaar: 1986,1987).

In een iteratief proces worden via transformatieberekeningen de cameracoördinaten van de ingevoerde referentiepunten passend gemaakt met de kaartcoördinaten. Hieruit wordt steeds een betere uitwendige camera-oriëntering berekend. Als startwaarden voor de iteratie moet een eerste schatting van de uitwendige oriëntering worden ingevoerd. Deze schatting kan worden berekend uit een schatting van het opnamepunt (oogpunt, camerapositie) en het focuspunt (kijkpunt). De relatie tussen de verschillende genoemde begrippen is in figuur 5.1 weergegeven (zie voor de berekening bijlage 2).



5.1
Relatie tussen camerapositie, focuspunt, oriëntering, optisch centrum, brandpuntsafstand en beeldhoek

Indien met een gangbare videocamera wordt gewerkt dan is de brandpuntsafstand niet goed te achterhalen. Deze videocamera's zijn namelijk voorzien van een zoomlens, waarop de brandpuntsafstand niet nauwkeurig kan worden afgelezen. Wel kan ervan worden uitgegaan dat het centrum van de gedigitaliseerde videobeelden overeenstemt met het optisch centrum, en zich steeds op een vaste plaats op het beeldscherm bevindt. Ook is het aantal beeldpunten van de projectie constant.

Worden foto's gebruikt die met een gewoon fototoestel zijn opgenomen (dus niet met landmeetkundige apparatuur), dan gaat na de opname de koppeling met het optisch centrum verloren. Wordt de foto dan ook nog eens via een videocamera op het beeldscherm gezet, dan worden er nog meer onbekende grootheden geïntroduceerd. Wel is de brandpuntsafstand van fotocamera's nauwkeuriger vast te stellen (indien geen zoomlens wordt gebruikt).

Voor het bepalen van zichtparameters van beelden die niet met een gekalibreerde camera worden opgenomen is de programmatuur van landmeetkunde dus niet zonder meer bruikbaar. Het grootste probleem is het ontbreken van nauwkeurige gegevens over de inwendige oriëntering van de videocamera: doordat de brandpuntsafstand niet nauwkeurig is vast te stellen, kan de beeldhoek niet worden bepaald (zie figuur 5.1), waardoor ook de cameracoördinaten van de referentiepunten niet kunnen worden berekend.

Er is daarom aanvullende programmatuur ontwikkeld, waarmee wordt geprobeerd om, ook in een iteratief proces, de beeldhoek te bepalen. De iteratie start met een extreem grote en een extreem kleine beeldhoek en een beeldhoek er tussen in. Afhankelijk van de gevonden afwijkingen in de monoplot-iteratie, worden rondom de meest belovende beeldhoek steeds nieuwe beeldhoeken bepaald, totdat een beeldhoek is bereikt, waarbij in de monoplot-iteratie de gewenste nauwkeurigheid is bereikt (zie bijlage 2).

Tevens is de mogelijkheid gemaakt om de referentiepunten, benodigd voor de monoplotting-programmatuur, ook grafisch in te voeren, door ze aan te wijzen via de grafische editor. Verder is er voor gezorgd dat interaktief gevonden zichtparameters (zie 5.4.2) als beginwaarden kunnen worden doorgegeven aan de monoplotting-programmatuur, waarbij het oogpunt of de zichthoek (of beide) constant kan worden gehouden. De gebuiker kan zo de iteratie beïnvloeden in de meest gunstige richting, door de nauwkeurigst bekende zichtparameter(s) constant te houden. Dit is vooral nuttig wanneer maar een beperkt aantal referentiepunten bekend is en er gevaar dreigt dat de iteratie de verkeerde kant op gaat.

Indien behalve de zichthoek ook de camerapositie en het focuspunt geheel onbekend zijn (bijvoorbeeld bij gebruik van bestaande foto's), dan kan het interaktief bepalen van de (beginwaarden van de) zichtparameters ("trial and error" methode) een langdurige geschiedenis worden. Daarom is programmatuur geschreven waarmee een eerste schatting van het oogpunt en het focuspunt kan worden berekend op grond van vier referentiepunten die in één vlak moeten liggen. Uit de perspectivische vertekening van het geprojecteerde vlak op het videobeeld ten opzichte van de modelcoördinaten worden oogpunt en focuspunt via een "inverse perspectief transformatie" berekend (zie bijlage 2).

De fotomontage-optie

Om de bovenbeschreven programmatuur te kunnen gebruiken is in het VIEW-menu de fotomontage-optie opgenomen. Na deze keuze kan worden opgegeven of de huidige zichtparameters, (die bijvoorbeeld met behulp van de "preview" optie zijn gevonden) als startwaarden moeten worden aangehouden, of dat men de startwaarden alfanumeriek wil invoeren of dat men ze wil laten berekenen. In het laatste geval moet de gebruiker op het videobeeld vier punten aanwijzen die in één vlak liggen. Hiervan moeten tevens de modelcoördinaten worden ingevoerd (alfanumeriek of grafisch, zie onder). Deze punten worden ook als referentiepunten voor de rest van de berekeningen gebruikt.

Vervolgens moeten de (overige) referentiepunten worden ingevoerd voor de berekening van de zichthoek en de nauwkeurige bepaling van oogpunt en focuspunt. Voor deze berekening zijn minstens drie referentiepunten nodig. De berekening is nauwkeuriger naar gelang er meer punten worden opgegeven, en deze punten op het beeldscherm ver van elkaar liggen en goed verspreid over (verschillende vlakken) van het model. Indien de referentiepunten in één vlak liggen (zoals bij 3 punten) dan kan de iteratie zich slechts in twee dimensies corrigeren: met de gevonden oriëntatie kan dan een projectie worden verkregen die redelijk goed overeenstemt met de video-afbeelding van dat vlak, maar de projecties van de vlakken in andere richtingen hoeven dan niet noodzakelijkerwijs te kloppen.

Ook deze referentiepunten moeten eerst op het videobeeld worden aangewezen waarna de modelcoördinaten alfanumeriek of grafisch worden ingevoerd. In het laatste geval kan men via de "body editor" een object selecteren en via de "face editor" een vlak. Daarna wordt het geselecteerde vlak orthogonaal op het scherm geprojecteerd. In deze projektie wordt het referentiepunt aangewezen, omdat daarvan op dat moment ook de derde dimensie bekend is. Voor referentiepunten op andere vlakken moeten uiteraard eerst andere vlakken (en objecten) worden geselecteerd. Met "*" kan worden aangegeven dat men klaar is met het invoeren van de referentiepunten, en dat de berekening kan beginnen. Voordat deze begint kan nog worden opgegeven of oogpunt of zichthoek (of beide) constant moeten worden gehouden.

Wanneer de berekening succesvol verloopt dan worden de berekende waarden van oogpunt, focuspunt en zichthoek op het scherm gezet en doorgegeven aan de rest van de programmatuur, zodat een projectie met die waarden kan worden gemaakt. Als het resultaat van de projectie niet bevredigend is (deze kan direct worden gecontroleerd met de "preview" optie), dan kan een nieuwe poging worden ondernomen, waarbij bijvoorbeeld één van de zichtparameters constant wordt gehouden. In dat geval kan worden opgegeven dat de huidige referentiepunten moeten worden aangehouden, zodat deze niet opnieuw hoeven te worden ingevoerd.

5.4.4 Schaduwstudies en lichtparameters

Als de optie "preview" is gekozen, wordt alleen de lijntekening berekend. Na keuze van de "C"-optie (continue) van het VIEW-menu keert men dan terug in het hoofdmenu. In de andere gevallen belandt men in het LIGHT-menu, voor het invoeren van de lichtparameters: positie, kleur en intensiteit van de lichtbron en het percentage algemeen aanwezige licht.

Voor het berekenen van slagschaduwpatronen (bij een schaduwstudie) worden oog- en focuspunt beschouwd als de positie en stralingsrichting van de lichtbron van waaruit de slagschaduw moet worden berekend. De positie van de lichtbron kan in dit geval dus niet worden opgegeven. Wel kan de kleur en de intensiteit van de lichtbron worden gespecificeerd, maar deze heeft alleen effect op de afbeelding van de schaduwstudie zelf (zie kleurenfoto 4d). De vanuit de lichtbron "zichtbare" delen worden, per vlak, uitsluitend geometrisch vastgelegd (als polygonen) en in de modeldatabase opgeslagen.

Bij de berekening van getinte projecties vanuit een willekeurig oogpunt kan deze schaduwstudie een volgende keer als lichtbron worden opgegeven, waardoor de berekende slagschaduwen op de projectie zichtbaar worden (zie kleurenfoto's 4e en f).

Behalve een schaduwstudie kan ook de positie van een (andere) lichtbron worden opgegeven. Dit gebeurt op dezelfde wijze als oogpunt en focuspunt. Er kunnen maximaal 5 lichtbronnen en/of schaduwstudies tegelijk worden opgegeven.

Per projectie kan verder de kleur en intensiteit van de lichtbron worden opgegeven, evenals het percentage algemeen aanwezige licht. Het laatste is een maat voor het verschil tussen wel en niet rechtstreekse belichting: hoe kleiner het percentage, des te groter het verschil in intensiteit tussen rechtstreeks belichte delen en indirect belichte delen (vlakken die van de lichtbron zijn afgekeerd of beschaduwde delen). Hiermee kan het verschil worden gesimuleerd tussen een bewolkte en een wolkenloze dag.

Na invoer van de lichtparameters wordt de projectie berekend en in een bestand ("displayfile") opgeslagen. De berekening van de projectie is al in het kort beschreven in paragraaf 4.3.1. Meer bijzonderheden over de projectie-module zijn te vinden in bijlage 2.

Na berekening van de projectie en afbeelding van de getinte projectie over het videobeeld kan bijstelling van de kleurtinten nodig zijn, ten behoeve van een betere inpassing in het videobeeld. Dit kan onder meer worden bereikt door het wijzigen van de modelkleuren en/of door aanpassing van de lichtparameters, maar dan moet de projectie wel opnieuw worden berekend. (De zichtparameters hoeven niet opnieuw te worden ingevoerd, aangezien deze gehandhaafd blijven totdat andere zichtparameters worden gekozen of met een ander of een gewijzigd model wordt gewerkt.) Correctie van de kleurtinten van de projectie kan echter ook "met de hand" in de weergave-module worden uitgevoerd. Deze mogelijkheid komt in de volgende paragraaf aan de orde.

5.5 Het op elkaar afstemmen van de getinte projectie en het gedigitaliseerde beeld

De in de projectie-module berekende projectie kan met behulp van de weergave-module op het beeldscherm worden afgebeeld. Daarnaast kan een tekening op de plotter van het rekencentrum (LUW) worden gemaakt. Ook kan de "displayfile", waarin de projectie is opgeslagen, via een conversie-programma worden afgebeeld met het programma AUTOCAD.

Van de weergave-module zijn twee versies gemaakt: één waarin alleen de berekende projecties kunnen worden afgebeeld en bewerkt, en één waarmee ook gedigitaliseerde videobeelden kunnen worden afgebeeld en bewerkt. In deze paragraaf wordt ervan uitgegaan dat met videobeelden wordt gewerkt.

De weergave-module biedt een aantal mogelijkheden voor het bijstellen van de afbeelding van de projectie. Deze bewerkingen zijn ondergebracht in het submenu "display options". Ze worden in paragraaf 5.5.3 besproken. De specifieke bewerkingen op de gedigitaliseerde videobeelden komen in paragraaf 5.5.4 aan de orde. In de paragrafen 5.5.1 en 5.5.2 wordt het hoofdmenu van de weergave-module behandeld.

In het hoofdmenu van de weergave-module zijn de opties in 2 groepen ondergebracht:
- bewerkingen op de achtergrond (het hoofdbeeldgeheugen), waarop in het algemeen de gedigitaliseerde landschapsbeelden worden afgebeeld (5.5.1);
- bewerkingen op de voorgrond (het overlay-geheugen), waarop in eerste instantie de projectie van het ontwerp wordt afgebeeld (5.5.2).

5.5.1 Bewerkingen op de achtergrond

Dit betreft bewerkingen op beelden die in het hoofdgeheugen van het grafische systeem zijn afgebeeld. In dit geheugen kunnen ca. 16 miljoen kleuren tegelijk worden weergegeven. Het aantal kleuren waarmee gewerkt wordt is evenwel gereduceerd tot ca. 600 duizend, hetgeen ruimschoots voldoende is om de natuurlijke kleuren van de videobeelden weer te geven. Deze reduktie heeft te maken met de organisatie van de kleurentabel van het grafische systeem (zie bijlage 2). De kleurentabel die bij dit geheugen wordt gebruikt heeft een vaste inhoud, die bij het opstarten van het programma wordt gevuld met de drie basiskleuren, oplopend in intensiteitsstappen van 3, met als hoogste intensiteitswaarde 255. Elke kleur wordt samengesteld uit intensteitswaarden van de drie basiskleuren.

Basis-opties voor de achtergrond

Het beeldgeheugen van het gebruikte grafische systeem beslaat 1024 x 1024 beeldpunten, iets meer dan een kwart hiervan is op het beeldscherm zichtbaar. Het geheugen is nu zo ingedeeld dat op elk kwadrant een beeld kan worden gezet. Met de commando's 1,2,3, en 4 kan worden aangegeven welk kwadrant van de achtergrond op het beeldscherm moet worden afgebeeld. Daarnaast kan de achtergrond (on)zichtbaar worden gemaakt en kan het zichtbare kwadrant worden gewist.

Ook kan de inhoud van de kleurentabel worden veranderd, waardoor de kleurenrange van het gehele beeldgeheugen (op alle vier kwadranten) wordt veranderd. Hiermee kan bijvoorbeeld het gehele achtergrondsbeeld wat lichter of donkerder (of iets roder of blauwer) worden gemaakt ter verbetering van de beeldkwaliteit, of om verschillende weersomstandigheden te simuleren.

Alhoewel het mogelijk is om de waarde van een individuele kleurintensiteit in de tabel te veranderen, geeft dat in het algemeen niet het gewenste effect. Deze intensiteitswaarde kan namelijk over het gehele beeld verspreid voorkomen, in combinatie met verschillende kleurintensiteitwaarden van de andere twee basiskleuren. Niet al-

leen de beeldpunten met een bepaalde kleur, maar alle beeldpunten waarin die intensiteitswaarde voorkomt veranderen dan van kleur. (In 5.5.4 wordt nader ingegaan op het veranderen van kleuren van op de achtergrond weergegeven beelden).

Het weergeven van beelden op de achtergrond

Op de achtergrond kunnen in de eerste plaats gedigitaliseerde videobeelden worden afgebeeld. Dit gebeurt met het commando "V", waarna de gebruiker de naam van het bestand waarin het videobeeld is opgeslagen opgeeft (dit bestand heeft als vaste extensie ".VID"; deze moet bij het opgeven van de naam worden weggelaten). Het bestand wordt vervolgens in het beeldgeheugen geladen. Aangezien niet voldoende bits tegelijk kunnen worden overgezonden wordt eerst de kleurinformatie van de basiskleuren rood en groen in het beeldgeheugen geladen en vervolgens de blauwe kleurinformatie.

Daarnaast kan een zogenaamde "imagefile" van de berekende projectie op het achtergrondgeheugen worden gezet. In een "imagefile" is de (eventueel bewerkte) projectie opgeslagen in de vorm van beeldpuntinformatie (zie 5.5.2). Bij het afbeelden op het achtergrondgeheugen worden de (8-bits) projectiekleuren omgezet naar de vaste kleurentabel van het achtergrondgeheugen. Ook hierbij wordt de naam van het bestand zonder extensie opgegeven (de vaste extensie van de imagefiles is ".IMF").

Om een montage van een videobeeld met een passende projectie van het ontwerp samen in één beeld te kunnen opslaan, kan de (eventueel bewerkte) projectie, van de voorgrond worden overgebracht op de achtergrond. Hierbij worden de projectiekleuren omgezet naar de vaste kleurentabel. Daarna kan het montagebeeld worden opgeslagen. De naam van het nieuwe bestand moet door de gebruiker worden opgegeven. Het krijgt automatisch de extensie ".VID".

Het bewerken van beelden op de achtergond

Met de copiëer-optie van het hoofdmenu kunnen willekeurige beeldfragmenten van het achtergrondgeheugen worden gecopiëerd, bewerkt en elders worden weggeschreven. De te copiëren beeldfragmenten kunnen zich ook op andere kwadranten van het beeldgeheugen bevinden. Zo kunnen delen van het ene beeld worden overgezet op een ander beeld. Na keuze van deze optie belandt men in een submenu van beeldbewerkingsopties. Deze opties komen in paragraaf 5.5.4 aan de orde.

Ook kunnen "met de hand" nieuwe elementen worden aangebracht, door deze op het beeldscherm te tekenen via het reeds eerder genoemde PAINT-menu. Hiermee kunnen bijvoorbeeld correcties worden aangebracht, maar ook nieuwe ideeën snel in beeld worden gebracht.

5.5.2 Bewerkingen op de voorgrond

Dit betreft bewerkingen op beelden die zijn weergegeven op het overlay-geheugen. Het overlaygeheugen bestaat uit 8 "bitplanes", dit betekent dat er 256 verschillende kleuren tegelijk op kunnen worden afgebeeld. De hierbij horende kleurentabel is variabel van inhoud: voor elk beeld dat op het overlaygeheugen wordt afgebeeld wordt de kleurentabel opnieuw geladen met de in de afbeelding voorkomende kleuren. Dit

wordt gedaan omdat dan de kleuren uit een palet van 16 miljoen kunnen worden gekozen. Bij een vaste kleurentabel met 256 kleurposities zou slechts gekozen kunnen worden uit 256 van te voren vastgestelde kleuren. (Bij het ontwikkelde systeem is de kleurentabel zo ingedeeld, dat er 165 kleurposities beschikbaar zijn voor de overlay, zie bijlage 2).

Een variabele kleurentabel heeft tevens als voordeel dat de kleuren van de afbeelding via de tabel kunnen worden veranderd, hetgeen direct geschiedt. (Met een vaste kleurentabel moeten de van kleur te veranderen delen van de tekening opnieuw worden getekend). De opties voor het veranderen van de kleurentabel worden in 5.5.3 besproken.

Het hoofdmenu van de weergave-module heeft als basisopties: het (on-)zichtbaar maken en het wissen van de voorgrond. Met de optie "D" kan de af te beelden displayfile worden opgegeven. Na keuze van deze optie moet de gebruiker de naam van het bestand opgeven (de vaste extensie is ".DIS"). Daarna belandt men in het "display options submenu". Deze opties worden in de volgende paragraaf (5.5.3) behandeld.

Indien videobeelden worden gebruikt, wordt de door de projectie-module aangemaakte displayfile altijd in eerste instantie op de voorgrond afgebeeld. De projectie is in de displayfile opgeslagen in de vorm van een verzameling veelhoeken en de daarbij behorende kleurinformatie. De veelhoeken worden steeds eerst als lijntekening op het scherm gebracht, waarna ze door de programmatuur met horizontale lijnen worden opgevuld. (Aangezien het gebruikte grafische systeem niet over speciale grafische hardware beschikt, kan het op scherm zetten van complexe projecties meerdere minuten duren.)

Na eventuele bewerkingen met behulp van het "display options menu" kan de projectie ook worden opgeslagen in de vorm van beeldpuntinformatie, in een zogenaamde "imagefile". Deze optie geeft de mogelijkheid om bijvoorbeeld ingezoomde beelden van (complexe) projecties vast te leggen. Wel neemt de beeldpuntinformatie veel meer geheugenruimte in beslag dan de polygooninformatie van de displayfile. De naam van het nieuwe bestand moet worden opgegeven, waaraan automatisch de vaste extensie ".IMF" wordt toegevoegd.

Daarna kan zo'n imagefile ook weer op de voorgrond worden afgebeeld. De beeldpuntinformatie van een imagefile wordt per beeldlijn op het beeldscherm gebracht. De hiervoor benodigde tijd is voor elk beeld gelijk (ca. 2 seconden). Een imagefile wordt, met het gebruikte systeem, dus aanzienlijk sneller op het scherm gezet dan een complexe displayfile. Dit is vaak de belangrijkste reden waarom een imagefile wordt aangemaakt.

Ook op de voorgrond kunnen "met de hand" nieuwe elementen worden toegevoegd via het PAINT-menu. Indien geen projectie op de voorgrond is afgebeeld, dan kunnen de ingevoerde polygonen indien gewenst direct daarna worden overgebracht naar het achtergrondgeheugen. De overlay wordt in dat geval als "kladblad" gebruikt. Wanneer wel een projectie is afgebeeld dan blijven de aangebrachte elementen op de voorgrond.

5.5.3 Specifieke bewerkingen op de projectie

Zoals eerder opgemerkt, wordt de projectie bij gebruik van videobeelden in eerste instantie altijd op de voorgrond (het overlay-geheugen) afgebeeld. (Bij de versie zonder videobeelden wordt de projectie echter altijd op het achtergrondgeheugen afgebeeld. De overlay wordt dan uitsluitend gebruikt als "kladblad" tijdens het "opwerken" van de projectie via het PAINT-menu.)

In het "display options menu" kan onder meer worden opgegeven of de projectie als een lijntekening moet worden afgebeeld of gevuld (optie "F"). Met optie "G" wordt de projectie op het grafische scherm gezet, met de optie "L" wordt een plotfile aangemaakt (lijntekening) voor de plotter van het rekencentrum (LUW, Maas: 1986). De volgende bewerkingen zijn beschikbaar:

Het zoomen en verplaatsen van de projectie

De projectie kan worden ingezoomed door het aangeven van een zoomkader (zie kleurenfoto's 5e en f). Dit kader kan zowel grafisch als alfanumeriek worden aangegeven. De projectie heeft een grotere nauwkeurigheid dan de beeldpunten: de coördinaten varieren van -1000 tot +1000 en zijn in reële getallen uitgedrukt. Hierdoor kan heel sterk worden ingezoomed zonder verlies van nauwkeurigheid. Met het commando "O" kan weer het oorspronkelijke, uitgezoomde beeld worden verkregen. Verder kan worden uitgezoomed door het alfanumeriek aangeven van een groter kader.

Daarnaast is er de mogelijkheid om de projectie op een willekeurige, door de gebruiker aangewezen plaats in een aangewezen schaal op het scherm te plaatsen. Hiertoe worden twee punten van de huidige projectie aangewezen, en twee punten waar de projectie moet komen. Het eerste paar punten geeft de verplaatsing aan, het tweede paar de schaal van de nieuwe projectie ten opzichte van de huidige.

Het verplaatsen en van schaal veranderen is vooral van belang wanneer de projectie over een gedigitaliseerd videobeeld van de omgeving wordt afgebeeld. Men heeft zo de mogelijkheid om het model op de juiste plaats in de omgeving te plaatsen of het naar een andere plaats te verschuiven. Het perspectief zal na verschuiving echter niet (meer) kloppen met het videobeeld. In een afstudeerproject (Keetman: 1989) wordt gewerkt aan programmatuur om deze verschuiving terug te rekenen naar modelcoördinaten, zodat na verschuiving het juiste perspectief kan worden berekend (de specificaties hiervoor zijn opgenomen in bijlage 2).

Het aanpassen van de projectiekleuren

Het veranderen van kleuren gebeurt door het (afwisselend) versterken of verzwakken van de intensiteit van één van de drie basiskleuren (rood, groen of blauw), of van alle drie tegelijk, hetgeen resulteert in het bijmengen met wit of zwart. Aangezien met een variabele kleurentabel wordt gewerkt, kunnen de kleuren via de tabel worden aangepast. In dat geval verandert de kleur direct. (Bij gebruik van een vaste kleurentabel zou de betreffende veelhoek in de nieuwe kleur overgetekend moeten worden).

Eerst moet de te veranderen kleur worden aangewezen op de projectie of op een kleurentabel, die onder de projectie kan worden afgebeeld. De projectiekleuren kunnen stapsgewijs worden veranderd door het herhaald intypen van een "R", "G", "B" of

"W". Met een "-" kan worden aangegeven of de kleuren daarna moeten worden versterkt of verzwakt. Wanneer bijvoorbeeld "R" wordt ingetypt, dan wordt het rood-aandeel van de aangewezen kleur met 20 verhoogd of verlaagd, bij "W" gebeurt dit voor alle 3 de basiskleuren tegelijk.

De gewenste kleur kan ook worden aangewezen, indien deze al in de kleurentabel is opgenomen. (De kleurentabel bevat daarna twee dezelfde kleuren. Met de optie "compress colourtable" van het hoofdmenu van de editor kunnen dubbele kleuren worden verwijderd). Daarnaast kan de kleur alfanumeriek worden ingevoerd (getallen tussen 0 en 255 voor rood, groen en blauw), waarna deze desgewenst op de bovenbeschreven wijze verder kan worden aangepast. Wordt "O" ingetypt, dan wordt de oorspronkelijke kleur hersteld.

De projectiekleuren kunnen op 4 verschillende manieren worden veranderd:
- Met de optie "C" wordt de aangewezen projectiekleur veranderd, hetgeen tot gevolg heeft dat alle polygonen die die kleur hebben gekregen tijdens de berekening van de projectie, van kleur veranderen.
- Met de optie "M" worden alle vlakken die dezelfde modelkleur hebben als het aangewezen vlak proportioneel meeveranderd, zodat met één opdracht een (deel van een) model van kleur kan worden veranderd, terwijl de berekende intensiteitsverschillen van de vlakken (tengevolge van verschillende belichting) gehandhaafd blijven (vergelijk kleurenfoto's 3e en f). Bij deze optie kunnen de kleuren alleen geleidelijk worden veranderd, totdat ergens de maximale intensiteitswaarde dreigt te worden overschreden.
- Met de "filter"-optie van optie "C" wordt de kleur van de hele projectie tegelijk veranderd, waarbij de berekende tintverschillen geleidelijk vervagen naar gelang de kleurintensiteiten worden opgehoogd (het beeld wordt dan lichter) of worden verlaagd (het beeld wordt donkerder).
- Daarnaast kan een deel van het model met de optie "P", via het PAINT-menu, worden overgetrokken (door aanwijzing van bekende punten) en met een andere kleur worden opgevuld. (De programmatuur houdt namelijk de posities bij van reeds eerder getekende punten, de "known points" genoemd.)

Wanneer een videobeeld van de omgeving als achtergrond van het ontwerp op het beeldscherm is afgebeeld, kan zo de kleur van de projectie geleidelijk worden aangepast totdat een bevredigende inpassing in de omgeving is bereikt (vergelijk kleurenfoto's 2b en d). Aangezien voor de kleuren van de videobeelden een apart deel van de kleurentabel wordt gebruikt, heeft het veranderen van de projectiekleuren geen invloed op de videobeelden.

Het "wegclippen" van delen van de projectie

Voor het maken van montages is er de mogelijkheid om willekeurige, door de gebruiker getekende veelhoeken van de projectie "af te trekken", zodat een deel van de projectie van het beeldscherm verdwijnt. Dit kan bijvoorbeeld worden gebruikt wanneer het ontwerp gedeeltelijk achter elementen van de omgeving schuilgaat. De projectie van het ontwerp wordt dan als lijntekening over het videobeeld van de omgeving afgebeeld. De gebruiker kan nu goed zien welke elementen van de achtergrond eigenlijk voor het ontwerp moeten worden afgebeeld.

Met deze optie kunnen die elementen op het beeldscherm worden overgetrokken, (kleurenfoto 2c), waarna de projectie tegen de ingevoerde polygonen wordt geclipt. Wanneer de projectie daarna weer getekend wordt, blijven de overgetrokken landschapselementen in zicht (kleurenfoto 2d).

5.5.4 Specifieke bewerkingen op de gedigitaliseerde beelden

De bewerkingen op de gedigitaliseerde beelden vinden alle plaats via het achtergrond- of hoofdgeheugen van het grafische systeem. Wel wordt het overlaygeheugen gebruikt voor het aangeven van de te copiëren delen en voor het afbeelden van de projectie van het ontwerp (meestal een lijntekening). Wanneer gestileerde beplantingselementen in het model zijn opgenomen, dan kan van de projectie worden afgelezen waar bijvoorbeeld beeldfragmenten van beplantingen moeten worden geplaatst voor de visualisering van de nieuwe beplantingen.

Nadat de copiëer-optie in het hoofdmenu van de weergave-module is gekozen belandt men in het "video command menu". Hieronder worden de belangrijkste opties van dit menu beschreven.

Het copiëren van een beeld (-fragment)

De gebruiker geeft eerst op of het volle scherm moet worden ingelezen of een beeldfragment, dat dan moet worden omlijnd. De omlijning kan een rechthoekig kader zijn (waarvan alleen 2 diagonaalpunten worden ingevoerd), of een gesloten polygoon. Deze wordt tijdens de invoer op het overlaygeheugen getekend en nadat het beeldfragment is ingelezen weer uitgeveegd.

Het wegschrijven van het beeld (-fragment)

Het ingelezen beeld (-fragment) kan, na eventuele bewerking, op dezelfde plaats (maar eventueel op een ander kwadrant van het beeldgeheugen) of op een aan te wijzen plaats (op hetzelfde kwadrant of een ander kwadrant) worden weggeschreven.

Op het beeldfragment kunnen bewerkingen worden uitgevoerd voordat het wordt weggeschreven, zoals vervorming en kleurverandering, maar ook nadat het op een kladgeheugen of op de plaats van bestemming is weggeschreven. Het wegfilteren en het clippen van delen van het beeldfragment worden bijvoorbeeld achteraf gedaan.

Vervorming van het beeldfragment

De ontwikkelde programmatuur biedt momenteel twee mogelijkheden voor het vervormen van de ingelezen beeldfragmenten. Ten eerst kunnen de beeldfragmenten om de vertikale en de horizontale as worden gespiegeld (opties "V" en "H"), waarbij het gespiegelde beeldfragment kan worden weggeschreven naar een aangewezen positie of het wordt geplaatst aan de andere kant van de aangegeven spiegelas (deze optie is onder meer handig bij het simuleren van weerspiegeling in het water, zie kleurenfoto's 15b, c en d).

De tweede bewerking is de "perspectivische" vervorming (optie "P"). De vertekening wordt bepaald door het verschil in vorm tussen het omlijnde, gecopiëerde beeldfragment en de polygoon op de plaats van bestemming: daar waar de bestemmingspolygoon breder en/of hoger is worden beeldpunten toegevoegd, daar waar deze smaller en/of lager is worden beeldpunten weggelaten (zie kleurenfoto's 7a t/m d). De gehanteerde formule is opgenomen in bijlage 2. Hierbij wordt ervan uitgegaan dat het beeldfragment en de bestemmingspolygoon beide vierhoekig zijn, met twee vertikale zijden.

Het sterk uitrekken of uitvergroten van beeldfragmenten moet worden vermeden, aangezien het beeld daardoor oplossend vermogen verliest. Het verkleinen van beeldfragmenten geeft wel goede resultaten, al kan er soms een overdreven fijne of niet meer gelijkende textuur ontstaan. Indien dit het geval is, dan kan men bij het inkrimpen van beeldpunten gemiddelde waarden aan de beeldpunten laten toekennen (optie "M"). Boven beschreven opties zijn goed bruikbaar gebleken bij het maken van montages (zie hoofdstuk 6).

Het wegfilteren van delen van beeldfragmenten

Wanneer bij het copiëren van een beeldfragment (van bijvoorbeeld een beplantingselement) een stuk "ongewenste oude achtergrond" is meegecopiëerd, dan kan worden geprobeerd om die achtergrond, op grond van kleurverschil, eruit te filteren (zie kleurenfoto 2g).

Na keuze van de filter-optie wordt de gebruiker gevraagd om een beeldpunt met de weg te filteren kleur op het scherm aan te wijzen. Vervolgens wordt een omgevingsgrootte rond het aangegeven beeldpunt opgegeven, door het invoeren van de diameter in het aantal beeldpunten (bijvoorbeeld 3 of 5). De kleurwaarden binnen deze omgeving zijn de filterkleurwaarden.

Beeldpunten van het beeldfragment die zo'n filterkleurwaarde hebben worden nu vervangen door de oorspronkelijke, overschreven beeldpuntenwaarden. Hierdoor komt dus een deel van het overschreven beeld weer te voorschijn. Daarna kunnen andere filterkleuren en omgevingen worden ingevoerd, totdat het gewenste resultaat is bereikt. Het filteren kan ook worden toegepast op door de gebruiker aangegeven gedeelten van het beeldfragment, zodat delen tegen wegfilteren kunnen worden afgeschermd.

Om het beeldfragment (vooral aan de randen) beter op de nieuwe achtergrond te laten aansluiten, kan men tevens door de programmatuur laten uitzoeken welke beeldpunten van het beeldfragment (nog) gedeeltelijk de aangewezen filterkleur van de oude achtergrond hebben: dit aandeel wordt dan vervangen door de kleur van de nieuwe achtergrond, zodat een nieuwe mengkleur ontstaat die beter in het beeld past. Die beeldpunten vervloeien zo gedeeltelijk met de nieuwe achtergrond, terwijl ze de kleurgedeelten die afkomstig waren uit het oude beeld verliezen.

Blijkt dat bij een bepaalde filterbewerking toch een te groot deel van het beeldfragment is verdwenen (of een verkeerde mengkleur is ontstaan), dan kan de filtering een stap worden teruggezet. Dit terugzetten kan worden herhaald totdat het gehele beeldfragment weer te voorschijn is gekomen. Het terugzetten van het gehele beeldfragment kan overigens ook in één keer worden bewerkstelligd. Ook kan het frag-

ment in één keer in zijn geheel worden vervangen door het overschreven deel, zodat het oorspronkelijke beeld wordt hersteld.

Om al deze herstel-akties mogelijk te maken wordt in de programmatuur nauwkeurig bijgehouden welke beeldpunten bij welke filterstap zijn vervangen. Ook moet uiteraard alle beeldpuntinformatie van zowel het overschreven deel als van het gecopieerde fragment worden bewaard.

Het "wegclippen" van delen van beeldfragmenten

Mocht een deel van de oude achtergrond teveel in kleur overeenkomen met het beplantingselement, dan kan dit niet worden weggefilterd. Dit deel kan dan worden weggeclipt. Het deel dat moet worden weggeclipt wordt door de gebruiker op het beeldscherm overgetrokken in de vorm van een gesloten polygoon (zie kleurenfoto's 2c en g). Daarna worden alle beeldpunten daarbinnen vervangen door het oorspronkelijke beeld. Een polygoon die te veel blijkt te zijn weggeclipt kan weer worden hersteld.

Deze optie kan ook gebruikt worden om de vorm van een gecopiëerd fragment aan te passen. Er moet dan voor worden gezorgd dat een ruim beeldfragment wordt gecopiëerd. De randen kunnen dan naar wens worden "bijgesneden".

Bovengenoemde opties kunnen worden gebruikt voor het vervangen van in het ontwerp opgenomen gestileerde elementen door videofragmenten van overeenkomstige elementen, bijvoorbeeld beplantingen. De lijntekening van de projectie op het overlaygeheugen geeft de plaats en de hoogte van de geplande beplantingen aan. Aangezien het overlay-geheugen altijd voor het hoofdgeheugen wordt afgebeeld, kan altijd worden gezien waar de beeldfragmenten moeten komen. De beeldfragmenten kunnen nu door middel van perspectivische vervorming precies op de door de projectie aangegeven plaats worden ingepast, en zonodig worden gefilterd en "bijgesneden" (zie kleurenfoto's 9d t/m h).

Kleurverandering

Van een ingelezen beeldfragment kan de kleurtint worden veranderd door per basiskleur aan te geven met hoeveel deze moet worden vermeerderd (positief getal) of verminderd (negatief getal). Het beeldfragment wordt daarna overschreven in de aangepaste kleurtint. Hierbij worden, per beeldpunt, de kleurintensiteiten van de opgegeven basiskleuren proportioneel verhoogd of verlaagd. Het veranderen van de kleurtint van een ingelezen beeldfragment kan plaatsvinden totdat een nieuw beeldfragment wordt ingelezen of het copie-submenu wordt verlaten.

Indien een perspectivische vertekening plaatsvindt, dan kan gebruik worden gemaakt van een optie, waarmee de kleur naar achteren toe langzamerhand lichter wordt. De gebruiker kan aangeven in welke mate dit moet gebeuren.

Daarnaast kan een individuele kleur worden vervangen door een andere. Deze optie is vooral bedoeld voor het veranderen van de kleuren van de projectie, nadat deze in het landschapsbeeld is gemonteerd. Het te veranderen deel van de projectie moet globaal door de gebruiker worden omlijnd, waarna dit deel wordt ingelezen. Daarna moet de te veranderen kleur worden aangewezen. Alle beeldpunten met die kleur en

binnen het aangegeven deel worden daarna overschreven met de opgegeven kleurwaarden. Daarna kunnen andere kleurwaarden worden opgegeven, totdat de gewenste kleur is bereikt.

Bij gedigitaliseerde landschapsbeelden is het veranderen van individuele kleuren vaak niet goed mogelijk aangezien bijna alle beeldpunten verschillende kleurwaarden hebben. Voor het verwijderen van beeldstoringen, waarbij beeldpunten met sterk afwijkende kleuren zijn ontstaan, kan deze optie bruikbaar zijn. (Aangezien er bij de voor dit onderzoek gebruikte apparatuur tijdelijk veel beeldstoringen optraden is speciale programmatuur geschreven om deze zo goed mogelijk ongedaan te maken).

Beeldverbeteringstechnieken

De vorige operaties worden vooral op beeldfragmenten toegepast. Alhoewel de beeldverbeteringsoperaties ook op delen van het beeld kunnen worden uitgevoerd, zijn ze toch in de eerste plaats bedoeld voor de bewerking van het gehele beeld.

Ten behoeve van de beeldverbetering is in de ontwikkelde programmatuur onderscheid gemaakt tussen het grijs-aandeel en het kleur-aandeel van de beeldpunten. Het grijs-aandeel van een beeldpunt is de maximale intensiteit waarin alle drie de basiskleuren gemeenschappelijk voorkomen. Het kleuraandeel wordt bepaald door de intensiteit(en) die daarboven uitgaan. Het grijs- en het kleur-aandeel moeten worden berekend omdat de gebruikte grafische apparatuur en de bijgeleverde programmatuur met het *RGB-kleurensysteem* werkt. (Een ander kleurensysteem is het *HLS-systeem*, waarbij naast kleur (Hue), de helderheid (Lightness) en verzadiging (Saturation) van de kleur apart worden onderscheiden (Foley: 1982). Het HLS-systeem leent zich in feite beter voor beeldverbetering. Er zijn tegenwoordig (1988) systemen die real-time kunnen switchen tussen RGB en HLS, waarin vaak ook beeldverbeteringsoperaties in hardware zijn opgenomen en waarmee de standaard beeldverbeteringen aanzienlijk sneller kunnen worden uitgevoerd.)

De ontwikkelde programmatuur maakt van het ingelezen beeld eerst een histogram, waarin de verdeling van de intensiteiten over het grijs-aandeel van het beeld wordt weergegeven. Op grond hiervan kan worden geschat welke invoerwaarden moeten worden opgegeven om de gewenste contrastverbetering te bereiken.

Indien voor het uitzoeken van de juiste invoerwaarden een deel van het beeld wordt gebruikt (om sneller te kunnen werken) moet ervoor worden gezorgd dat dit representatief is voor het gehele beeld, omdat dan met een lokaal histogram wordt gewerkt. Is dit deel niet representatief, dan worden invoerwaarden gevonden die niet geschikt hoeven te zijn voor het gehele beeld.

Het contrast kan worden verhoogd door een betere intensiteitsverdeling in het beeld aan te brengen, zodat de minder frekwent voorkomende intensiteiten over het grijsaandeel van meer beeldpunten worden verspreid, ten koste van de veel voorkomende intensiteiten. De gebruiker kan hierbij opgeven in welke mate dit moet worden doorgevoerd (vergelijk kleurenfoto's 16e en f).

De kleurintensiteit van het beeldfragment wordt versterkt (of verzwakt) door, per beeldpunt, het kleurbepalende deel van de intensiteit(en), waar mogelijk te vergroten

(of te verminderen). De gebruiker geeft de factor op waarmee de kleuren moeten worden versterkt dan wel afgezwakt.

Tengevolge van kleurversterking en/of contrastverhoging kunnen bij extremere kleuren de maximale (of minimale) kleurwaarden van rood, groen en/of blauw worden overschreden, waardoor bij die beeldpunten kleurverandering optreedt. Om dit te voorkomen is een optie toegevoegd, waarmee de maximale contrastfacor en/of kleurfactor kan worden berekend, zodanig dat nog net geen kleurveranderingen optreden (de berekening is opgenomen in bijlage 2).

De tot nu toe behandelde technieken zijn bewerkingen die gericht zijn op enkele beeldpunten, waarbij alleen de eigen kleurwaarden van elk beeldpunt wordt gebruikt bij de berekening van de nieuwe kleurwaarden (zie 4.2).

In de programmatuur is ook een op beeldpuntomgevingen gerichte techniek opgenomen, een Laplace filter (Rosenfeld: 1982), waarmee intensiteitsovergangen kunnen worden versterkt of afgezwakt. Dit heeft een verscherping of juist een vervaging van het beeld tot gevolg. Om de intensiteitsovergangen te kunnen bepalen worden bij de berekening van de nieuwe kleurwaarden ook de waarden van de 8 omringende beeldpunten betrokken (zie bijlage 2).

Ervaringen met beeldverbetering

Bij het digitaliseringsproces blijkt veel beeldcontrast verloren te gaan (althans, met de door ons gebruikte apparatuur). Door het gecombineerd toepassen van kleur- en contrastversterking, met zonodig een verschuiving/inkrimping van het grijs-aandeel, zijn goede resultaten geboekt bij de door ons gebruikte gedigitaliseerde beelden.

Met "Laplace" filters is nog weinig geëxperimenteerd, omdat de bewerkingen erg rekenintensief zijn, waardoor ze met de gebruikte apparatuur veel tijd vergen (ongeveer vier maal zo veel als de enkelbeeldpunt-bewerkingen).

6 TOEPASSINGEN

6.1 Inleiding

Met het ontwikkelde systeem is inmiddels een groot aantal perspectief projecties gemaakt, o.a. vogelvluchtperspectieven voor de prijsvragen "Natuur en recreatie in het Markerwaardgebied" (K.R. de Poel: 1985, kleurenfoto's 3a en b) en "Bos na 2000" (K.R. de Poel: 1986, kleurenfoto's 3c en d). Ook is een beeldenserie gemaakt ter illustratie van de opzet en de bedoeling van het ontwikkelde visualiseringssyteem, waarvan een deel is opgenomen in dit rapport (kleurenfoto's 1a t/m f, 4a t/m f en 5a t/m f). De meeste van deze beelden zijn gemaakt toen het mengen met videobeelden nog niet operationeel was.

Sinds begin 1987 is het digitaliseren van videobeelden op het systeem bij de vakgroep informatica (LUW) mogelijk. Sindsdien is de benodigde programmatuur geschreven om de gedigitaliseerde beelden te manipuleren en met computerbeelden te mengen (zie hoofdstuk 5).

De eerste montagebeelden zijn gemaakt voor een filmpje ter gelegenheid van de opening van het nieuwe gebouw van het rekencentrum en de vakgroep informatica van de Landbouwuniversiteit. Alhoewel dit geen "echte" toepassing kan worden genoemd, kon de programmatuur hiermee goed worden uitgetest. Daarom wordt in paragraaf 6.2 iets verteld over de ervaringen die zijn opgedaan tijdens het maken van dit filmpje.

In samenwerking met de Grontmij is de verwachte verandering van het landschap van Midden-Delfland, na aanleg van de geplande recreatiebossen, in beeld gebracht (deelplan Abtswoude). Paragraaf 6.3 geeft een verslag van deze eerste echte toepassing.

Eveneens in samenwerking met de Grontmij is de toekomstige situatie in beeld gebracht van de rijksweg Utrecht-Amsterdam bij Abcoude, na het kappen van de aanwezige populieren en de aanleg van een geluidscherm. Hiermee is aangetoond dat het ontwikkelde systeem niet alleen bruikbaar is voor het in beeld brengen van nieuwe elementen in het landschap, maar ook voor het visualiseren van situaties na verwijdering van elementen. Hierop wordt in paragraaf 6.4 nader ingegaan.

Tenslotte is in samenwerking met de organisatiecommissie van de Floriade 1992 met het ontwikkelde systeem een presentatie verzorgd van het basisplan van de Floriade. Alhoewel hierbij nauwelijks gebuik is gemaakt van de montagetechniek, wordt met deze toepassing geïllustreerd hoe het ontwikkelde systeem ook op een geheel andere wijze kan worden gebruikt voor het visualiseren van ontwerpideeën (paragraaf 6.5).

6.2 "Ons nieuwe gebouw"

Het filmpje "Ons nieuwe gebouw" is gemaakt ter gelegenheid van de opening van het nieuwe gebouw van het rekencentrum en de vakgroep Informatica. Het is op de dag van de opening op 8 monitoren, in de hal van het nieuwe gebouw aan de genodigden vertoond. (Ook de architect van het gebouw was onder de genodigden en hij heeft het filmpje die middag meteen aan een klant getoond). De mogelijkheden van het visualiseringssysteem worden daarin op een speelse wijze gedemonstreerd.

Door middel van een groot aantal perspectief-projecties wordt het gebouw aan alle kanten getoond (o.a.: kleurenfoto's 6a t/m d). Van twee van de perspectief-projecties zijn montages gemaakt met videobeelden van de directe omgeving, waarbij de projectie precies over het bestaande gebouw op het videobeeld is gezet. (zie kleurenfoto's 8c,e en 8d). Aan de hand van deze montages is gedemonstreerd hoe het witte, geheel uit glas opgetrokken gebouw eruit zou hebben gezien als het in een andere kleur (van knal geel tot paars) zou zijn uitgevoerd.

Het gebouw wordt vervolgens op andere lokaties getoond, onder andere in het heuvelige landschap van Limburg (kleurenfoto's 8f en h). Het filmpje eindigt met een videobeeld van het gebouw in zijn eigen omgeving, waarin de parkeerplaats gedeeltelijk is vervangen door een parkje met enkele bomen en het standbeeld van de zaaier. Dit standbeeld staat in werkelijkheid voor het hoofdgebouw van de Landbouwuniversiteit (zie kleurenfoto 8g).

Tijdens het maken van dit filmpje bleek de videodigitizer voor het rode RGB signaal, ongeacht de oorspronkelijke intensiteit, altijd de maximum intensiteitswaarde door te geven. Hierdoor waren de gedigitaliseerde beelden veel te rood. Door de grens van de rood-intensiteit in de kleurentabel heel laag te zetten kon nog een redelijk beeld worden verkregen, maar er is een rode gloed waarneembaar gebleven.

6.2.1 De invoer van het gebouw

Het gebouw is alfanumeriek vanaf de bouwtekeningen ingevoerd. Eerst is de romp van het gebouw ingevoerd (in twee lagen boven elkaar). De ramen zijn hierop als vlakdetails aangebracht. Om de ramen te laten inspringen ten opzichte van de buitenmuur is tegen de romp een groot aantal 20 cm dikke "platen" aangebracht. Voor een snelle invoer van deze platen is in de "body editor" een optie toegevoegd om van een object een opgegeven aantal copieën te kunnen maken op een aangegeven afstand in x- en y-richting. Om de hoeveelheid rekentijd te beperken is tevens de mogelijkheid gemaakt om niet zichtbare vlakken al in het model te kunnen weghalen. Met deze optie is het achtervlak van de te copiëren platen afgehaald, zodat ook alle copieën daarvan geen achtervlak meer bezaten. De puntige dakconstructie boven de hal van het gebouw (zie kleurenfoto's 6a en b) is met behulp van booleaanse operaties samengesteld.

6.2.2 Het passend maken van de projecties

Omdat het gebouw zeer nauwkeurig is ingevoerd, kon de programmatuur voor het berekenen van de zichtparameters (monoplotting-programmatuur) en het passend maken van de projectie in het videobeeld goed worden uitgetest.

De cameraposities zijn met behulp van een meetlint opgemeten ten opzichte van het gebouw en konden zo eenvoudig worden omgerekend naar de gehanteerde model-coördinaten. Moeilijker was het om de zichthoek te achterhalen, aangezien de brandpuntsafstand van de gebruikte videocamera niet goed kon worden afgelezen (zie figuur 5.1). Ook het kijkpunt kon niet exact worden opgemeten.

Bij het zoeken naar een oplossing is geprobeerd om met de monoplotting-programmatuur (via de fotomontage-optie van het VIEW-menu) het kijkpunt en de zichthoek te laten berekenen. Het iteratieproces kon echter geen goede benadering voor de zichtparameters vinden.

Met de "preview"-optie is toen geprobeerd een redelijke schatting van beide te vinden, door herhaaldelijk projecties te laten berekenen met steeds een andere zichthoek en kijkpunt. De projectie wordt dan als een lijntekening (inclusief de achterliggende lijnen) over het videobeeld geprojecteerd, zodat meteen kan worden gezien of de projectie klopt met het gebouw op het videobeeld (zie kleurenfoto 8c).

Tijdens deze exercitie bleek dat de breedte-hoogte-verhouding van het videobeeld niet overeenstemde met die van de projectie. Na "ijking" van het videobeeld door vergelijking van een opgenomen rechthoek met de werkelijke maten is de breedte-hoogte-verhouding van de projectie afgestemd op die van het videobeeld. Daarna werden met behulp van de "preview optie" vrij snel redelijke schattingen van de kijkrichting en de zichthoek gevonden.

Om de projectie passend op het videobeeld te krijgen moest de projectie iets naar beneden worden verschoven. Hieruit kan worden afgeleid dat het optisch centrum van het videobeeld lager ligt dan het midden van het gebruikte viewport (het deel van het scherm dat voor de afbeelding gebruikt wordt).

Aangezien het aantal beeldlijnen van videobeelden 625 bedraagt en de videodigitizer slechts 512 beeldlijnen kan digitaliseren, wordt het onderste deel van het videobeeld niet in het beeldgeheugen opgeslagen. Het optisch centrum van de videobeelden kan derhalve ter hoogte van beeldijn 312 worden verwacht. Bij de berekening van de projectie wordt uitgegaan van een "optisch centrum" ter hoogte van beeldlijn 226. Het is dus niet verwonderlijk dat het optisch centrum van de videobeelden lager ligt dan van de projecties.

Aanpassing van de monoplotting-programmatuur

Om nu toch gebruik te kunnen maken van de monoplotting-programmatuur is de positie van het "optisch centrum" van de projectie in overeenstemming gebracht met die van de gedigitaliseerde videobeelden. (Voor gebruik van gedigitaliseerde foto's, waarbij het optische centrum niet per se in het midden van het beeld hoeft te liggen is ook de mogelijkheid ingebouwd om dit interaktief vast te stellen en aan de programmatuur door te geven). Tevens wordt er voor gezorgd, dat niet alleen de schattingen

van oogpunt en kijkpunt, maar ook de schatting van de zichthoek aan de programmatuur wordt doorgegeven.

Na deze aanpassing en de correctie van de breedte-hoogte verhouding lukte de iteratie wel en konden er inderdaad goede waarden voor het oogpunt, focuspunt en zichthoek worden berekend.

6.2.3 De belichting

De belichting van de projectie wijkt, vooral bij de montage van de noordzijde van het gebouw (kleurenfoto 8e) vrij sterk af van de belichting op het videobeeld. Wanneer de lichtbron overeenkomstig de werkelijke zonpositie werd genomen, werden alle vlakken indirect belicht waardoor ze alle dezelfde kleurintensiteit kregen. Dit leverde een weinig interessant beeld op. Dit is een beperking van het gehanteerde belichtingsmodel. Een andere beperking van het belichtingsmodel is vooral zichtbaar op kleurenfoto 8d: de projectie is doffer dan het gebouw op het videobeeld, omdat de weerkaatsing van het glasoppervlak niet kan worden nagebootst. Bij de ontwikkeling van het visualiseringssysteem is, om praktische redenen, geen fotorealisme nagestreefd.

6.2.4 De verdere afwerking van de montages

Met behulp van de clip-optie zijn de voor het gebouw geparkeerde auto's omlijnd en van de projectie van het gebouw afgetrokken, evenals de in de directe omgeving staande lantaarnpalen. Daardoor wordt echt de indruk gewekt dat de projectie "in" de omgeving staat.

De kleurveranderingen zijn aangebracht terwijl de projectie van het gebouw op de overlay was afgebeeld. Hierdoor konden de kleurveranderingen met de variabele kleurentabel worden bewerkstelligd. Voor de kleurveranderingen is de optie van de weergave-module gebruikt waarmee de berekende intensiteitsverschillen (als gevolg van verschil in belichting) bewaard blijven.

Voor de montages in het heuvellandschap en het bos zijn dezelfde projecties gebruikt als voor de passende projecties. Deze zijn "met de hand" verplaatst en van schaal veranderd, totdat ze op het oog redelijk in het beeld pasten. Het pad op kleurenfoto 8f is via het PAINT- menu van de weergave-module "met de hand" ingevoerd en overgebracht op de achtergrond. Daarna zijn de struiken bij het pad toegevoegd door het copiëren van een beeldfragment uit het videobeeld. Kleurenfoto 8h is tot stand gekomen door de ramen weg te clippen.

Het gras in het parkje op kleurenfoto 8g is via het PAINT-menu ingevoerd. Om de bomen groot genoeg op het scherm te krijgen zijn ze tot stand gebracht door het herhaald copiëren en boven elkaar plaatsen van videobeeldfragmenten. Het standbeeld van de zaaier is uit een videobeeld van het hoofdgebouw van de Landbouwuniversiteit "gesneden". Deze laatste beelden zijn alleen voor de aardigheid gemaakt, ze kloppen noch qua perspectief, noch qua belichting.

6.3 Bossen in Midden-Delfland

In opdracht van het uitvoeringsbureau Midden-Delfland is door de Grontmij een aantal plannen gemaakt voor recreatiegebieden nabij de stadsranden van Delft en Schiedam. Deze plannen zijn in eerste instantie in het ontwikkelde systeem (via het tablet) ingevoerd voor het maken van vogelvluchtperspectieven. Toen de opdrachtgever hoorde dat met dit systeem ook montages met videobeelden kunnen worden gerealiseerd, is ons gevraagd om hiermee een beeld te geven van de landschappelijke verandering die plaats zal vinden indien de plannen worden uitgevoerd. Men was vooral geïnteresseerd in de wijze waarop het karakter van het (nu nog) open weilandengebied tussen Delft en Schiedam zou veranderen door de aanleg van de geplande recreatiebossen.

Uiteindelijk is een filmpje ontstaan waarin vanuit verschillende oogpunten steeds een reeks vogelvluchtperspectieven wordt getoond, afdalend tot ooghoogte. De projecties vanaf ooghoogte zijn als lijntekeningen passend op videobeelden van het gebied gelegd. Vervolgens zijn de bossen, die als groene blokken zijn ingevoerd, vervangen door videobeeldfragmenten van bestaande bossen (kleurenfoto's 9a t/m h en 10a t/m h).

De beelden zijn ook op dia en op foto gezet. De geringe resolutie van de videobeelden komt op de foto's en dia's vrij sterk tot uiting, waardoor ze een enigszins onscherpe indruk maken. Daarnaast traden beeldstoringen in het grafische syteem op die resulteerden in een blauwe baan links in het beeld. (Deze storingen zijn er later, met recent ontwikkelde beeldverbeterings-programmatuur grotendeels uitgefilterd).

Zowel de dia's als het videofilmpje zijn door het bureau van uitvoering van Midden-Delfland gebruikt voor de presentatie van de plannen aan de verschillende beoordelingscommissies. Ondanks de minder goede beeldkwaliteit is erg enthousiast gereageerd op de verkregen resultaten, zowel door de opdrachtgever als door vakgenoten.

6.3.1 De invoer van de plannen en de berekening van de vogelvluchtperspectieven

De plannen zijn door een medewerker van de Grontmij ingevoerd via het tablet, met behulp van de grafische editor. De medewerker kreeg het gebruik van de editor opvallend snel onder de knie (na een halve ochtend instruktie van de auteur). Een handicap was wel dat het op de vakgroep Informatica beschikbare grafische tablet eigenlijk veel te klein is voor het invoeren van dergelijke plannen.

De plannen zijn in een vrij grote mate van detaillering ingevoerd. Bij de berekening van de vogelvluchtperspectieven ontstonden hierdoor problemen, aangezien te veel gegevens moesten worden verwerkt. De programmatuur kon eenvoudig worden aangepast door het wijzigen van een aantal parameters. Daarna werden de meeste projecties foutloos berekend. Één van de projecties leverde extra problemen op. Later bleek dat het grondvlak te hoog was ingevoerd. Door een onvolkomenheid van de editor kwam dit tijdens de invoer niet aan het licht. Deze problemen zijn inmiddels opgelost.

De vogelvluchtperspectieven zijn zo gemaakt, dat in een aantal stappen wordt afgedaald naar ooghoogte. De laatste projectie in de reeks, op ooghoogte, komt steeds overeen met een videobeeld dat voor een montage is gebruikt. Hiermee wordt stapsgewijs een verbinding gelegd tussen de plattegrond van het plan en de aanblik vanaf ooghoogte.

De meest natuurlijke opeenvolging van beelden ontstaat wanneer tijdens de afdaling de beeldhoek ongeveer gelijk blijft. Dit kan worden bereikt door de beeldhoek als zichtparameter in te voeren, en deze constant te houden voor alle opeenvolgende beelden. Alles wat buiten de zichthoek valt wordt dan weggeclipt tegen de begrenzingen van de zichtruimte (zie 4.3.1, figuur 4.16).

Nadeel van deze methode is dat de projectie daarna niet meer kan worden uitgezoomed naar een bredere zichthoek omdat alles buiten de aangegeven zichthoek op de projectie ontbreekt. De gebruiker heeft dan geen mogelijkheid om zelf te bepalen wat wel en wat niet meer zichtbaar op de projecties moet zijn. Soms kunnen objecten die belangrijk zijn voor de herkenning van het beeld er net buiten komen te vallen.

Indien geen zichthoek wordt opgegeven wordt deze door de programmatuur zodanig aangepast, dat het perspectief van het volledige model wordt afgebeeld. Daarna kan, via de weergave-module naar believen worden ingezoomed, waarmee hetzelfde effect wordt bereikt als het verkleinen van de zichthoek.

Om de beeldopvolging beter te kunnen sturen zijn bij de vogelvluchtperspectieven steeds projecties van het hele model berekend. Daarna is op het oog ingezoomed. Alleen bij de laatste projectie, vanuit ooghoogte is, voor het passend maken van de projectie voor de montage, wel de beeldhoek bepaald en bij de berekening betrokken.

6.3.2 Bepaling van de zichtparameters voor de montages

Voor het bepalen van de juiste zichtparameters van de projecties die voor de montages werden gebruikt, zijn op de plaats van de hoogspanningsmasten, in het model langwerpige blokken ingevoerd. De hoogspanningsmasten bleken de beste aanknopingspunten te bieden voor de controle van het perspectief, omdat deze duidelijk op het beeldscherm zichtbaar waren en nauwkeurig op kaart zijn aangegeven. De masten zijn vooral gebruikt als referentie voor het vaststellen van de kijkrichting en voor de bepaling van de zichthoek.

Aangezien er geen exacte gegevens bekend waren van punten in één vlak, benodigd voor het door de programmatuur laten berekenen van de eerste schatting van kijkrichting en zichthoek, zijn beide zichtparameters interaktief met de "preview" optie bepaald.

Het oogpunt was vrij nauwkeurig in het veld vast te stellen, zodat dit, na omrekening in modelcoördinaten, als enige bekende zichtparameter kon worden ingevoerd. Wel was er tijdens het maken van de opnamen voor gezorgd dat de camera zuiver rechtop en horizontaal op het statief stond, zodat met twee-puntsperspectief kon worden gewerkt.

De video-opnamen zijn per standpunt in een ronddraaiende beweging opgenomen, waaruit steeds een kenmerkende opname is geselecteerd en gedigitaliseerd. Deze "draaiende" opnamen bleken goed bruikbaar bij het op kaart identificeren van de zichtbare elementen op de gedigitaliseerde beelden.

Aan de hand van de geïdentificeerde elementen, is op kaart een eerste schatting gemaakt van de kijkrichting en de zichthoek. Met deze parameters werd met de "preview"-optie een projectie van het model, inclusief de "hoogspanningsmast-blokken" berekend en als lijntekening over het videobeeld geprojecteerd. Daarna werden kijkpunt en zichthoek bijgesteld totdat de blokken precies over de hoogspanningsmasten pasten. Het perspectief wordt gecorrigeerd door instelling van het kijkpunt, de schaal door de zichthoek.

Het nader afstemmen van het perspectief bleek vrij eenvoudig. Veel meer werk was het om op kaart de eerste schatting van kijkpunt en zichthoek uit te zoeken. Voor het videobeeld op kleurenfoto 10e moest bijvoorbeeld ook een gebouw als referentie worden ingevoerd, aangezien hier te weinig hoogspanningsmasten zichtbaar waren. Het bleek uiterst lastig om het juiste gebouw terug te vinden op de beschikbare topografische kaart. Uiteindelijk is iemand ingeschakeld die de buurt van Delft goed kende, om de relatie tussen videobeeld en kaart aan te geven.

Uit deze ervaring kan worden opgemaakt dat het uitzoeken van de zichtparameters het best gedaan kan worden door de plannenmakers zelf, omdat zij tijdens het ontwerpproces goed thuis raken in het plangebied.

6.3.3 Vervanging van de "planbossen" door videobeeldfragmenten.

Nadat de juiste zichtparameters voor de montages waren gevonden zijn de ter controle ingevoerde "hoogspanningsmast-blokken" onzichtbaar gemaakt. Vervolgens zijn de definitieve, getinte projecties berekend. De positie van de lichtbron is geschat op grond van de belichting op de videobeelden. Exacte tijdstippen van de opnamen waren niet geregistreerd. Voor de betreffende beelden bleek dit echter geen groot bezwaar.

De projecties zijn als lijntekening passend over de overeenkomstige videobeelden afgebeeld. Vervolgens zijn de blokken die de bossen representeerden ingevuld met videobeeldfragmenten van bestaande bossen.

Aangezien nog geen beeldmateriaal van bestaande bossen beschikbaar was, zijn op een toevallige mooie dag in de herfst opnamen gemaakt van de bossen langs de Renkumse beek en bij Doorwerth. Door de overwegend slechte weersomstandigheden zijn niet meer opnamen van bossen gemaakt. De daardoor beperkte keuze van het beeldmateriaal bleek tijdens het werken wel bezwaarlijk. Eigenlijk zou een hele bibliotheek van beelden beschikbaar moeten zijn. Maar zover is het nog niet. (Wanneer het systeem professioneel gebruikt gaat worden, dan zal zo'n bibliotheek moeten worden opgezet.)

Via de perspectivische vervormingsoperaties die inmiddels aan de weergave-optie waren toegevoegd, kon het beperkte beeldmateriaal toch redelijk goed in de montages worden gepast. Daarbij is er vooral op gelet dat de belichting van de beeldfrag-

menten overeenkwam met het videobeeld en de berekende projectie. Ook moesten de bestaande bossen qua perspectief niet al te sterk afwijken van het gewenste perspectief: bij te sterke vervorming ontstond een duidelijk verwrongen textuur.

De beeldfragmenten moesten steeds sterk van kleurtint worden veranderd om in het beeld van de omgeving te passen en om verschillen in afstand te simuleren. Dit bleek met de ontwikkelde programmatuur goed uitvoerbaar te zijn. De mate van vervaging van de kleur in relatie tot de afstand is op het oog ingeschat. Door de beperkte hoeveelheid beeldmateriaal konden geen duidelijke textuurverschillen in relatie tot de afstand worden aangebracht.

De samenstelling van de toekomstige bossen was nog niet vastgesteld, aangezien de plannen nog in een schetsontwerpfase verkeerden. Wel was onderscheid gemaakt in gesloten bos en boombeplantingen zonder onderbegroeiïng. In het model komt dit onderscheid tot uiting in een verschillende kleur groen en zijn de boombeplantingen gerepresenteerd door "zwevende blokken". (In de projecties zijn hier voor de duidelijkheid "met de hand" stammen ondergezet, zie kleurenfoto's 10c en d.)

Voor de boombeplantingen zonder onderbegroeiïng zijn opnamen van individuele bomen gebruikt. Deze bomen waren een stuk groter opgenomen dan de bossen. Bij de inpassing van de beeldfragmenten van deze bomen in de projectie werden ze sterk verkleind, waardoor de textuur aanzienlijk fijner werd dan die van de bossen. (In die tijd was nog geen optie aanwezig om bij de perspectivische vervorming gemiddelde waarden van beeldpunten te berekenen). Door dit verschil in textuur is wel een duidelijk onderscheid ontstaan tussen de twee beplantingstypen.

6.3.4 De verdere afwerking van de montages

Aangezien van de plannen praktisch alleen bossen op de montages zichtbaar zijn, werden de computerprojecties geheel vervangen door videobeeldfragmenten, op het fietspad in kleurenfoto 9h na. Dit fietspad is op het videobeeld overgebracht, nadat de rest van de projectie was weggeclipt met behulp van de clip-optie van het "display options menu".

Daarna zijn de twee boompjes op de voorgrond bedekt met grote stammen afkomstig van een opname van een individuele boom, om de groei van de bomen te simuleren. De afbeeldingen geven immers de situatie weer die pas over ca. 20 jaar ontstaat.

6.4 De rijksweg bij Abcoude

Door de Grontmij is een visueel-ruimtelijke analyse verricht ten behoeve van het ontwerp van een geluidwerende voorziening langs de rijksweg A2 ter hoogte van Abcoude (Grontmij: 19 88, zij kreeg deze opdracht mede dankzij de in de offerte aangegeven visualiseringsmogelijkheden van het ontwikkelde systeem). Met het systeem is een groot aantal beelden gemaakt van de toekomstige situatie, na de plaatsing van het geluidscherm en het kappen van de bestaande beplanting. Daarbij is tevens het gebruik van verschillende materialen en kleuren in beeld gebracht. (Zie kleurenfoto's 11 t/m 15 en 7e t/m h.)

Met een auto van Rijkswaterstaat zijn rijdend videobeelden opgenomen vanaf de rijksweg. Ook zijn vanuit verschillende standplaatsen in het aangrenzende woongebied van Abcoude video-opnamen gemaakt. Van deze opnamen zijn enkele karakteristieke beelden geselecteerd en gedigitaliseerd.

Nadat de berekende projecties van het geluidscherm op de beelden zijn gemonteerd, is de te kappen beplanting vervangen door "stukken hemel". Vervolgens zijn de elementen, die volgens de berekeningen zichtbaar zullen worden na het kappen van de bomen, via het copiëren en vervormen van beeldfragmenten op de berekende plaatsen aangebracht. Daarnaast zijn op het geluidscherm materialen aangebracht, afkomstig van beeldmateriaal (dia's) van bestaande geluidschermen en is met verschillende kleuren en kleurbanen gewerkt.

Voor het overleg met Rijkswaterstaat-directie Utrecht en de gemeente Abcoude is een uitgebreide videofilm gemaakt, waarin alle varianten zijn opgenomen. Door het zien van dit beeldmateriaal was men zo geschrokken van het effect van de kap van alle aanwezige beplanting, dat men tot de conclusie is gekomen dat de beplanting, die niet ten behoeve van de aanleg van het geluidscherm gekapt moest worden, moest blijven staan (totdat de ouderdom van de populieren, het kappen noodzakelijk maakt). In eerste instantie wilde men alle beplanting in één keer kappen, zodat er later niet nogmaals gekapt moet worden. Op verzoek van de overlegcommissie is die beplanting op de relevante beelden weer aangebracht (zie kleurenfoto's 11b, 13b en c en 14b en c).

Voor de presentatie naar de bevolking toe, is een aparte videofilm gemaakt, waarbij de montagebeelden zijn ingelast tussen de overige opgenomen beelden. Zo is een videofilm ontstaan met rijdend opgenomen beelden, die op bepaalde plaatsen wordt "bevroren" terwijl de toekomstige situatie wordt getoond. Vanaf de bewonerskant zijn de beelden in een ronddraaiende beweging opgenomen. Ook hier zijn stilstaande beelden van de toekomstige situatie tussen gevoegd.

In deze film is goed te zien dat het oplossende vermogen van de videobeelden slechts in geringe mate afneemt door het digitaliseringsproces, maar dat de kleuren sterk verbleken. Dit is echter ook gedeeltelijk te wijten aan de omzetting van PAL naar RGB. Alhoewel deze omzetting op verschillende manieren kan worden bijgeregeld, bleek met de op de vakgroep aanwezige apparatuur enige contrastvermindering en verbleking niet te voorkomen te zijn. Op sommige beelden is digitale beeldverbetering toegepast om het contrast weer acceptabel te maken.

Uit deze toepassing is gebleken dat het systeem niet alleen bruikbaar is voor het simuleren van de plaatsing van nieuwe elementen in het landschap, maar ook voor de verwijdering van elementen. (Een animatie van de toekomstige situatie, gezien vanuit een rijdende auto zou natuurlijk een volledieger visualisering hebben geboden. In dat geval zou een enorme hoeveelheid montages moeten worden gemaakt. Met de inspanning die het maken van dit soort montages nu (nog) vergt, is dit niet haalbaar.)

6.4.1 De invoer van het geluidscherm en de bestaande situatie

Als basismateriaal voor de invoer van de rijksweg is kaartmateriaal gebruikt van Rijkswaterstaat (schaal 1:1000). De positie van het geluidscherm was op daarbij geleverde doorsneden aangegeven. De hoogte van het scherm is gesteld op 3.5m. Voor de woonomgeving is de topografische kaart gebruikt.

Van het geluidscherm, de rijksweg en enkele omringende landschapselementen is een computermodel gemaakt. Hiertoe is de rijksweg vanaf de kaart 1:1000 ingevoerd, met daaraan evenwijdig het geplande geluidscherm. Daarnaast zijn de lantaarnpalen en de belangrijkste verkeersborden schematisch ingevoerd, in de vorm van blokken met de juiste hoogte. Ook de langs de rijksweg gelegen beplantingsstroken zijn vanaf deze kaart ingevoerd. Een tennisbaan, waar vandaan één van de opnamen is genomen, is eveneens in het model opgenomen (zie kleurenfoto 7e). Gemakshalve is er bij de invoer van uitgegaan dat de ingevoerde elementen op dezelfde hoogte liggen (behalve de tennisbaan, die 2 meter onder "maaiveld" is ingevoerd). Verder zijn vanaf de topografische kaart de relevante bouwblokken en de belangrijkste wegen globaal ingevoerd.

Opmerking

Een nauwkeuriger invoer, met alle hoogtegegevens, zou erg veel tijd hebben gekost. Bij het maken van de beelden is er vanuit gegaan dat, alleen voor visualiseringsdoeleinden, geen grote nauwkeurigheid vereist is en dat men in de praktijk ook niet bereid zal zijn om veel geld en tijd te investeren in het inwinnen van nauwkeurige gegevens daarvoor. Daarom is bij het testen van de bruikbaarheid van het systeem ook vanuit deze veronderstelling gewerkt.

6.4.2 Bepaling van de zichtparameters

De zichtparameters van de opnamen die vanuit de auto gemaakt zijn, waren lastig te bepalen. Bij alle vorige opnamen was ervoor gezorgd dat de camera zuiver rechtop en horizontaal op het statief was bevestigd. Bij de opnamen vanuit de auto was de camera via een hangend statief aan de voorruit bevestigd. Behalve dat de camera met de auto meebewoog, hing hij ook iets scheef vanwege de ronding van de voorruit. Daardoor hebben de opnamen vanuit de auto geen zuiver horizontale horizon en zijn ze onder een onbekende hellingshoek gemaakt. Bovendien bleek de weg niet zo zuiver horizontaal als bij de invoer was verondersteld, zodat het computermodel niet geheel met de werkelijke situatie overeenkwam.

Ondanks het feit dat met een "bewegende" camerapositie is gewerkt konden de opname-posities vrij nauwkeurig worden bepaald omdat de kilometerpaaltjes op de opnamen afleesbaar zijn. De kijkrichting kon in horizontale richting redelijk worden geschat aan de hand van de lantaarnpalen. Ook de zichthoek kon goed worden geschat op grond van de hoogte en de afstand van de lantaarnpalen.

Door de onbekende helling van de opnamen vanaf de weg konden echter niet voldoende nauwkeurige schattingen van de zichtparameters worden gemaakt, om deze via iteratie te laten berekenen. De opnamen vanuit het aangrenzende woongebied van Abcoude zijn wel zuiver horizontaal opgenomen. Maar ook bij deze beelden

bleek de monoplotting-programmatuur niet bruikbaar. De terreinpunten die voldoende nauwkeurig bekend waren om als referentiepunten te gebruiken, waren alle straatmeubilair van de rijksweg. De weg is echter als een lineair element op de beelden zichtbaar. Daardoor was de verdeling van de referentiepunten over de beelden en over het model niet voldoende verspreid, om de zichtparameters met het algorithme van de monoplotting-programmatuur te berekenen. (Bij de vakgroep landmeetkunde wordt deze programmatuur uitsluitend voor luchtfoto's gebruikt, waarbij dergelijke problemen veel minder spelen.) Uiteindelijk zijn de zichtparameters van alle beelden interaktief met de "preview"-optie bepaald.

Om de interactie sneller te laten verlopen is voor elke montage een eigen submodel gemaakt, met alleen de voor die projectie relevante onderdelen. Hiervoor is de optie "B" (copy bodies from another model) van de grafische editor gebruikt, waarbij goed kon worden geprofiteerd van de mogelijkheid om objecten in groepen onder te brengen. (De objecten waren gegroepeerd in: wegen, beplanting, hoge lantaarnpalen, lage lantaarnpalen, borden, geluidscherm, bebouwing en tennisbaan). De berekening van de perspectiefprojecties tijdens het "previewen" ging nu zo snel, dat het op het scherm zetten van de projectie de meeste tijd in beslag nam: namelijk enkele seconden.

Bij de beelden die rijdend zijn opgenomen, en niet zuiver horizontaal op het scherm staan, konden de berekende projecties niet geheel passend worden gemaakt, omdat de projecties wel zuiver horizontaal op het scherm werden gezet. Hierdoor komt het dat het geluidscherm op de montagebeelden soms iets achterover lijkt te hellen (zie bijvoorbeeld kleurenfoto's 15e en f).

6.4.3 Het maken van de montagebeelden

Nadat een redelijke schatting van de zichtparameters was gevonden werden per montage twee projecties gemaak: één van het geluidscherm en alle ingevoerde bestaande objecten (lantaarn-, bebouwings- en beplantings- blokken en de weg) en één van alleen het geluidscherm. De eerste werd gebruikt om de plaats aan te geven van de landschapselementen die na het kappen van de beplantingen zichtbaar zouden worden, de tweede voor de montage van het geluidscherm. Het monteren begon met het "kappen" van de beplantingen.

Het "kappen" van de beplantingen gebeurde door deze te overschrijven met "stukken hemel". Hiervoor werden zo groot mogelijke beeldfragmenten van de hemel uit het beeld zelf gecopiëerd, en vergroot over de bomen geplaatst, tot iets onder de hoogte waar het geluidscherm moest komen. (Bij een sterke vergroting van een klein beeldfragment worden de beeldlijnen zichtbaar). Omdat de kleur van de hemel meestal iets verloopt moesten de kleuren van de "beeldfragmentcopieën" regelmatig worden bijgesteld. (In kleurenfoto 14b is te zien dat dit in dit beeld niet helemaal goed gelukt is).

Daarna werd de projectie van het geluidscherm op het overlay-geheugen gezet en zonodig "geclipt" tegen ervoor staande elementen, voor zover dit "handmatig" kon worden gerealiseerd (bijvoorbeeld tegen de voet van de lantaarnpalen). Het geclipte scherm werd daarna op het achtergrondgeheugen overgebracht.

Vervolgens zijn elementen die onbedoeld mee waren overschreven door de "hemel" of het geluidscherm, van het oorspronkelijke beeld gecopiëerd en met de optie "O" (original position) op precies dezelfde plaats in het montagebeeld teruggezet. Wanneer de oude achtergrond door een te gering kleurverschil niet kon worden weggefilterd, zijn de te copiëren elementen op het oorspronkelijke beeld overgetrokken, zodat niets van de oude achtergrond werd meegecopiëerd. Doordat deze objecten digitaal worden gecopiëerd ontstaat het traptreden-effect langs de randen van de copie (zie bijvoorbeeld het verkeersbord op kleurenfoto 14b). Dit effect was vooral hinderlijk bij het copiëren van lantaarnpalen die niet zuiver vertikaal op het scherm staan (zie o.a. kleurenfoto 12b). Het traptreden-effect kan door anti-aliasing" (zie paragraaf 4.1.2) worden weggewerkt, maar deze techniek is (nog) niet in de programmatuur opgenomen.

Het visualiseren van voorheen niet zichtbare delen

Voor het aanbrengen van de voorheen niet zichtbare elementen werd de projectie met de landschapselementen, als een lijntekening op de overlay gezet, zodat de posities van die elementen hiervan konden worden afgelezen (zie kleurenfoto 7b). Omdat er zowel videobeelden waren opgenomen vanaf de weg als vanuit de dorpsrand van Abcoude, kon beeldmateriaal van het ene beeld gebruikt worden voor het zichtbaar maken van elementen in het andere beeld. Zo is het portaal (waaraan de bewegwijzeringsborden zijn bevestigd) van kleurenfoto 12a, na perspectivische vertekening geplaatst in de kleurenfoto's 7b t/m d en, na spiegeling rond de vertikale as, in kleurenfoto 15b t/m d. Het bewegwijzeringsbord op de laatste kleurenfoto's is gecopiëerd van een andere opname, die verder niet gebruikt is voor de montages.

De meeste toegevoegde lantaarnpalen zijn verkleinde en vervormde copieën van (copieën van) de lantaarnpaal op kleurenfoto 14a. Dit is gedaan, omdat dit ongeveer de enige lantaarnpaal was die recht op het beeldscherm stond. Hierbij is de optie "M" van het copie-menu toegepast, waarmee tijdens de perspectivische vervorming de gemiddelde waarden van de beeldpunten wordt berekend. Dit was vooral bij sterke verkleining noodzakelijk, omdat anders vaak een deel van de beeldpunten wegviel, dat een duidelijk zichtbaar deel van de lantaarnpaal had moeten zijn. De verschillende gerichtheid van de lantaarnpalen is verkregen door de kop in te korten en zonodig om de vertikale as te spiegelen.

Door het verkleinen worden de lantaarnpalen op de montagebeelden erg scherp afgetekend ten opzichte van het oorspronkelijke videobeeld. Alhoewel dit effect kan worden verkleind door de lantaarnpalen lichter van kleur te maken, is hier bewust niet voor gekozen, omdat een grotere scherpte in feite meer overeenkomt met de werkelijkheid. Video-opnamen (vooral als geen professionele video-apparatuur wordt gebruikt) lijken door hun geringe oplossende vermogen van veel verder weg te zijn genomen dan in werkelijkheid. De zichtbaarheid van lantaarnpalen is erg afhankelijk van de weersomstandigheden en aangezien de beelden vanuit de dorpsrand bij vrij helder weer zijn opgenomen, moet de montage hiermee in overeenstemming zijn.

Het aanbrengen van weerspiegeling in het water

De visualisering van de toekomstige situatie bij het parkje (zie kleurenfoto's 15a t/m d) vormde door de weerspiegeling in het water een extra moeilijkheid. Eigenlijk zou de weerspiegeling van het geluidscherm en van het zichtbaar geworden wegmeubi-

lair moeten worden berekend (bijvoorbeeld met de "ray-tracing"-techniek, zie paragraaf 4.1.3). Met de nieuwste technieken kunnen zelfs golven in het water worden gesimuleerd (zie paragraaf 4.1.4 en figuur 4.14). Deze mogelijkheden zijn in de gebruikte programmatuur niet aanwezig, dus is de spiegeling op het oog aangebracht, met behulp van de optie "H" (spiegeling om de horizontale as).

Omdat bij spiegeling een beeld ontstaat vanaf het gespiegelde oogpunt, kan een weerspiegeling in het water niet worden verkregen door louter spiegeling om een horizontale as: er moet een beeld worden gemaakt vanuit een lager standpunt (van "onder" het wateroppervlak). Nu is dit vooral zichtbaar bij spiegeling van dichtbij gelegen objecten (zoals de struik rechts in beeld van kleurenfoto's 15a - d), waarbij duidelijk te zien is dat er van onderen tegenaan wordt gekeken. Daarom is het aanbrengen van de spiegeling in vier stappen verricht.

Nadat het "bovengrondse" deel van de montage was voltooid, is eerst het gehele bovenbeeld gespiegeld om een horizontale as ter hoogte van de achterste oever. Daarna is een deel van het beeld om een horizontale as ter hoogte van de linker oever gespiegeld (waardoor een deel van de vorige bewerking werd overschreven). Een geleidelijke overgang van de twee spiegelbeelden is verkregen via het wegsnijden van grillig gevormde polygonen van het laatst gespiegelde deel. Vervolgens zijn de spiegelbeelden van de beplantingen op de voorgrond van het originele videobeeld teruggecopiëerd naar het montagebeeld, evenals de spiegelbeelden van de oevers. Tenslotte is het spiegelbeeld van het portaal en de lantaarnpalen iets naar boven geschoven, zodat een groter deel achter het gespiegelde geluidscherm schuil gaat (zoals het geval zou zijn, als vanuit een lager standpunt werd gekeken).

6.4.4 Het visualiseren van verschillende materialen en ontwerpideeën

In een groot aantal montagebeelden zijn op de projectie van het geluidscherm verschillende texturen aangebracht die gecopiëerd zijn van beelden (dia's) van bestaande geluidschermen. Enkele voorbeelden zijn te zien op de kleurenfoto's 7g, 12c en d, 14d en 15b, c en f.

De dia's moesten eerst worden gedigitaliseerd. Hiertoe zijn ze op een witte ondergrond geprojecteerd. De geprojecteerde dia's werden met de videocamera opgenomen, die via de PAL/RGB omzetter aan de videodigitizer was gekoppeld. Op het beeldscherm van het grafische systeem kon het gedigitaliseerde opgenomen beeld worden bekeken. Aangezien de monitor naast de diaprojectie was opgesteld, konden de twee beelden goed worden vergeleken. Het verschil in kleuren was aanzienlijk, het verlies aan oplossend vermogen was goed zichtbaar, maar viel, althans op het beeldscherm, minder op dan het kleurverschil.

Een belangrijke oorzaak van het kleurverschil is het feit dat videocamera's veel minder contrast kunnen opnemen en weergeven dan dia's. Tijdens het afstellen van de camera werd het beeld plaatselijk overbelicht weergegeven of raakten andere delen onderbelicht. Het overbelichte deel was meestal de weg van waaraf de dia van het geluidscherm was genomen. Omdat van de dia's alleen het geluidscherm van belang was, is op de witte ondergrond steeds een zwart blad geplakt, juist daar waar de weg werd geprojecteerd. Hierdoor werd het contrastverschil van de dia getemperd. Na

ook nog enige bijstelling van de PAL/RGB omzetter werden de kleuren uiteindelijk redelijk goed op het beeldscherm weergegeven.

Het aanbrengen van de verschillende materialen op de projecties van het geluidscherm in de montagebeelden ging betrekkelijk eenvoudig. Eerst werd een vierhoekig deel van het geluidscherm op de gedigitaliseerde dia aangegeven. Nadat het beeldfragment daarbinnen door het programma was ingelezen, werd een vierhoekig deel van het geluidscherm op het montagebeeld omlijnd. Door de programmatuur wordt dan de inhoud van de eerste vierhoek overgebracht op de tweede vierhoek, waarbij de vervorming wordt bepaald door het verschil in vorm van de twee aangegeven vierhoeken. Zo werd dus de textuur van een bestaand geluidscherm op het geplande geluidscherm overgebracht.

Daarna werden eventuele, onbedoeld door de textuur bedekte delen, weer vanaf het oorspronkelijke montagebeeld over het geluidscherm teruggezet. Bij beelden zoals van de tennisbaan en het parkje werd de totale omgeving, inclusief het door de computer gegenereerde geluidscherm, over de aangebrachte textuur geplaatst. Vervolgens werd de kleur van het geluidscherm weggefilterd, zodat op de plaatsen van het geluidscherm de aangebrachte textuur weer zichtbaar werd (vergelijk de kleurenfoto's 7g en h).

Het visualiseren van ontwerpideeën.

Uit de visueel-ruimtelijke analyse kwamen enkele ontwerpideeën naar voren, die op betrekkelijk eenvoudige wijze konden worden gevisualiseerd. Zo werd een "horizontaal accent" wenselijk geacht en een kleurverloop van donker (onder) naar lichter (boven). Op een deel van de computergegenereerde geluidschermen zijn daarom horizontale banen aangebracht met een kleurverloop, met behulp van de optie "R" (replace colour) van het copy-menu.

Het effect van deze geleding komt vooral tot uiting bij de beelden vanaf het Abcoudermeer (vergelijk kleurenfoto's 15g en h). In deze beelden is tevens het trapsgewijze einde van het scherm zichtbaar, deze vormgeving is zowel vanuit esthetisch oog punt als vanuit veiligheidsoverwegingen voorgesteld. Om het einde van het geluidscherm op het beeld "zichtbaar te maken", is een deel van de beplanting op de voorgrond "weggepoetst" (in werkelijkheid bedekt met "stukjes hemel").

Een ander voorbeeld van een horizontaal accent is de donkere horizontale streep, die is aangebracht op het houten scherm op kleurenfoto 15f. Dit is gedaan met behulp van de optie "C" (change colour) van het copy-menu, waarmee met behoud van de textuur kleurveranderingen kunnen worden aangebracht. Uit deze simulatie kan worden opgemaakt dat het aanbrengen van een dergelijke band wel degelijk effect heeft (vergelijk kleurenfoto's 15e en f).

Een ander ontwerpidee was het aanbrengen van camouflerende beplanting langs het geluidscherm, aan de kant van het dorp. De beplantingen zijn aangebracht door het copiëren van beeldfragenten uit voorradig beeldmateriaal. Voorbeelden hiervan zijn te zien op de kleurenfoto's 14c en 15d. Een alternatieve oplossing, een met klimop begroeid geluidscherm, is weergegeven in de kleurenfoto's 14d en 15b. Ook dit geluidscherm is, met begroeiing en al, van een gedigitaliseerde dia gecopiëerd.

Daarnaast is uitgebreid geëxperimenteerd met verschillende kleuren, hetgeen met het ontwikkelde systeem bijzonder eenvoudig gaat. Overigens kostte het maken van alle varianten weinig tijd en inspanning, terwijl de resultaten zeer bevredigend werden bevonden. Het maken van de eerste montagebeelden, waarbij de beplantingen moesten worden "gekapt" en het geluidscherm ingepast kostte veel meer tijd (per montage ca. twee tot vier uur achter het beeldscherm).

6.5 Presentatie van het basisplan Floriade

In samenwerking met de organisatiecommissie van de Floriade 1992 is met het ontwikkelde systeem een presentatie verzorgd van het basisplan van de Floriade. Naast een reeks plattegronden waarop steeds een aspect van het ontwerp wordt uitgelicht is een reeks vogelvluchtperspectieven gemaakt. De presentatie eindigt met een vogelvluchtperspectief, gemonteerd op een gedigitaliseerde luchtfoto. Het plan is gepresenteerd op het internationale IFLA-congres "Changing agriculture, changing landscapes", dat op 9,10 en 11 mei 1988 in Rotterdam is gehouden. De beelden werden via een overvloeidiaprojectie vertoond. Daarnaast is een poging gewaagd om een computerperspectief van het floriadeplan, vanaf ooghoogte, een natuurlijker aanblik te geven door montage met videobeeldfragmenten.

6.5.1 De invoer van het plan

Het basisplan is door een student via het tablet ingevoerd. Vanwege de kleine afmeting van het beschikbare tablet (A4) is het plan per deelgebied ingevoerd en daarna aan elkaar gepast. De beplantingen (ook de laanbeplantingen) zijn als blokken ingevoerd, evenals de geplande bebouwing. Aangezien de visualisering bedoeld was voor het aangeven van de hoofdlijnen van het basisplan, was een dergelijke simpele vormgeving niet bezwaarlijk en werd deze zelfs wenselijk geacht.

In het plan waren ook een aantal dijklichamen opgenomen en een serie heuveltjes. Om deze te kunnen invoeren via de grafische editor moest programmatuur worden toegevoegd, die een driedimensionaal model kon genereren uit hoogtelijnen. In eerste instantie is gedacht aan de implementatie van een algemene triangulatiemethode (Petrie: 1987), maar uiteindelijk bleek een simpeler algorithme voor de beoogde toepassing beter geschikt te zijn. Hierbij worden de hoogtelijnen in de vorm van een serie polygonen ingevoerd, waarna de opeenvolgende lagen worden verbonden met driehoekige vlakken (zie ook paragraaf 5.3.2: "general body" en Koek: 1988). Met deze nieuwe mogelijkheid zijn de dijklichamen en de heuveltjes ingevoerd (zie kleurenfoto's 16g en h).

6.5.2 De plattegronden

De presentatie was er op gericht om, middels een serie plattegronden, de opbouw van het basisplan toe te lichten. Op deze plattegronden werd steeds een aspect van het plan in beeld gebracht (onder andere de drie hoofdassen, de waterlopen, de belangrijkste looproute, de attractiepunten, de struktuurbepalende beplantingen, de hoofdverbindingswegen, enz.). Kleurenfoto's 16a en b zijn twee voorbeelden hiervan.

Voor het genereren van deze beelden kon het bovenaanzicht van de grafische editor worden gebruikt, aangezien geen projectie hoefde te worden berekend. Wel is een extra optie aan de programmatuur toegevoegd om de plattegronden ook zonder omkadering te kunnen weergeven (voorbeelden van de, in de editor gebruikelijke, omkaderde afbeeldingen zijn kleurenfoto's 4a t/m c).

De elementen van het plan zijn ondergebracht in een aantal groepen. De verschillende afbeeldingen konden nu op eenvoudige wijze worden samengesteld, door steeds alleen de relevante groepen via de "display optie" van de "body editor" op het beeldscherm te zetten (gevuld).

Bij het maken van de presentatie is veel zorg besteed aan de kleurcombinaties en overgangen tussen de beelden. De gewenste kleurcombinaties en kleuropeenvolgingen zijn van achter het beeldscherm bepaald. Doordat vier beelden tegelijk in het geheugen gezet kunnen worden, kon ook de opeenvolging van de beelden op het beeldscherm worden gesimuleerd.

In één middag zijn, in overleg met één van de commissieleden alle beelden via het beeldscherm uitgeprobeerd en zijn de gewenste kleurcombinaties en opeenvolgingen bepaald. De vrijwel onuitputtelijke kleurkeuze, uit een palet van 16 miljoen kleuren, en de mogelijkheid van de programmatuur om geleidelijk kleurverschuivingen te kunnen aanbrengen maakte het uitzoeken van de kleuren een leuke en zeer verhelderende bezigheid.

Bij het maken van het beeldmateriaal was ervoor gezorgd dat alle plattegronden dezelfde ondergrond hadden en in precies dezelfde schaal en op dezelfde plaats werden afgebeeld. Ook op de dia's waren de plattegronden perfect geplaatst. Tijdens de presentatie met de overvloeiprojectoren vielen de plattegronden precies over elkaar. Hierdoor ontstond de indruk dat de ondergrond bleef staan, terwijl de voor de toelichting relevante elementen oplichtten.

6.5.3 De perspectiefprojecties

De presentatie werd afgesloten door een serie vogelvlucht-perspectiefbeelden van het plan vanuit de vier windstreken. De beelden zijn alle berekend met een zodanige beeldhoek dat het gehele plan op het beeld paste. Vanuit elke windstreek is een stapsgewijs dalende serie perspectieven gegenereerd. Deze zijn vervolgens met de "locate"-optie van het "display-options" menu zodanig over elkaar geplaatst, dat het midden van het plan op de opeenvolgende beelden, op precies dezelfde plaats op het beeldscherm stond (zie kleurenfoto's 16c en d).

Met de "pan"-optie kon nu, door het wisselen van het zichtbare kwadrant, de opeenvolging van de beelden worden gesimuleerd. Door het stapsgewijs afdalen werd dan langzamerhand het perspectief van het gehele plan gekanteld, waarbij het beeld steeds vlakker werd. Hierdoor werd de suggestie gewekt dat het oogpunt steeds verder weg kwam te liggen. Tijdens de presentatie bleek echter dat het niet was gelukt om de dia's ook zodanig in te ramen dat het midden van de beelden precies samenviel. Hierdoor ging het "kanteleffect", wat zo goed op het beeldscherm te zien was geweest, op de overvloeidia's verloren.

(Achteraf gezien was het beter geweest als met een vaste beeldhoek was gewerkt. Dan worden, bij afdaling, de beelden langzamerhand verder ingezoomed, zodat tijdens de afdaling het beeld ook dichter bij komt.)

6.5.4 De montages

De luchtfotomontage

Van het gebied waar de Floriade zal plaatsvinden (net ten zuiden van Zoetermeer) waren een aantal luchtfoto's (in kleur) beschikbaar. Helaas waren de kleuren van de foto's nogal flets. Één van deze foto's is via de videocamera opgenomen en gedigitaliseerd, waardoor het beeld sterk aan scherpte verloor en de kleuren nog sterker verbleekten (zie kleurenfoto 16f).

Omdat geen van de zichtparameters bekend waren, zijn deze geheel met behulp van de programmatuur berekend, aan de hand van een aantal op de foto aangewezen referentiepunten, waarvan de modelcoördintaten waren ingevoerd. Aangezien op recentere luchtfoto's al een deel van de reeds aangelegde hoofdstruktuur van het floriadeterrein te zien was, kon op grond van onder meer de percelering een duidelijke relatie gelegd worden tussen de foto en het model. De iteratie lukte, en er kwam een goed lijkend perspectiefbeeld uit. Deze is daarna vergeleken met een reeds eerder, door de gemeente Zoetermeer uitgevoerde fotomontage (lijntekening geplot op doorzichtig papier), en de twee perspectieven bleken goed overeen te stemmen.

Toen de gekleurde projectie op de gedigitaliseerde foto werd afgebeeld, was het verschil in helderheid tussen foto en model veel te groot. Eerst zijn de kleuren en het contrast van het fotobeeld verbeterd, met behulp van de in de programmatuur ingebouwde digitale beeldverbeteringstechniek (zie paragraaf 5.5.4, vergelijk kleurenfoto 16f met 16e). Daarna zijn ook de projectiekleuren nog enigszins bijgesteld. Om het plan duidelijk als nieuw element eruit te laten springen, is het verschil in helderheid slechts ten dele weggewerkt.

Het kleurcontrast van de luchtfoto kon niet al te veel worden versterkt, omdat ook het beeldlijnenpatroon hierdoor duidelijker zichtbaar werd. (Dit patroon was, behalve door het digitaliseren zelf, ook door de opname met de CCD camera ontstaan: om nog enigszins kleur in de foto te krijgen was tijdens het digitaliseren het kleurcontrast in de camera extra hoog ingesteld. Dit had echter als neveneffect dat er een rood strepenpatroon in het beeld ontstond.)

Montage van videobeplanting in een computerprojectie

Een beeld, dat verder niet voor de planpresentatie is gebruikt, is de montage van videobeeldfragmenten van bos en bomen op een computerprojectie van het floriadeplan vanaf ooghoogte (zie kleurenfoto's 16g en h). Dit is gedaan om de mogelijkheden van het systeem te onderzoeken voor het "natuurlijker" maken van computerbeelden van geheel nieuw te vormen landschappen (zoals het floriadeterrein). Het aanbrengen van de boomgroepjes is op het oog gebeurd, omdat deze (bewust) niet in het model waren opgenomen. Voor alle boomgroepjes is hetzelfde videobeeldfragment gebruikt, maar door verschillende filterbewerkingen en het iets anders "clippen" is toch variatie in de groepjes ontstaan.

De bosrand op de achtergrond is op een vergelijkbare manier aangebracht als bij de montages voor Midden-Delfland. Veel moeilijker bleek het om de watergang enigszins realistisch in beeld te brengen, vooral door het gebrek aan goed beeldmateriaal voor dit soort bewerkingen. Ook bleek het uiterst lastig om de sloottextuur tot in de hoek van het beeld opgevuld te krijgen, zonder een overdreven vervorming. De programmatuur berekent immers de vervorming op grond van het verschil in vorm tussen de vierhoek van het gecopiëerde beeldfragment en de vierhoek op de plaats van bestemming (zie paragraaf 5.5.4). Wanneer een element wordt afgesneden door de randen van het beeldscherm, dan mogen de randen geen aandeel hebben in die vervorming. De programmatuur zal voor dit soort bewerkingen moeten worden aangepast.

7 AANBEVELINGEN VOOR DE VERDERE ONTWIKKELING

Met het ontwikkelde systeem kunnen nu toekomstige situaties op tamelijk realistische wijze in beeld worden gebracht. Het maken van de beelden kost nog wel betrekkelijk veel tijd en inspanning, maar minder dan het geheel met de hand maken van gedetailleerde tekeningen. Een verdere automatisering van het montageproces, gekoppeld aan een uitgebreide beeldenbibliotheek, kan de bruikbaarheid en de efficiëntie van het systeem echter nog aanzienlijk verbeteren.

Er wordt momenteel gewerkt aan programmatuur voor het langs automatische weg "verzachten" van randen, om zo nieuw aangebrachte beplantingen beter in de omgeving te kunnen inpassen (Keetman: 1989). Ook zijn reeds pogingen ondernomen om kleurverlopen te genereren voor het simuleren van atmosferische effecten (het naar de horizon lichter worden). Daarnaast zal op korte termijn aandacht moeten worden besteed aan invoermethoden voor het aanbrengen van bodembedekkende texturen.

Een aanzienlijke tijdsbesparing kan worden verkregen door het aanbrengen van een directe koppeling tussen het model van het ontwerp en een videobeelden-bibliotheek van beplantingen. Zo zou de gebruiker in het ontwerp door middel van verschillende driedimensionale symbolen kunnen aangeven welk type beplanting wordt bedoeld (de vorm en hoogte van de beplanting wordt bepaald door de geometrie van het symbool). Bij het afbeelden van de berekende projectie zal dan de schematische projectie van elk symbool automatisch moeten worden vervangen door een videobeeld van die beplanting, in de juiste schaal en "vaagheid", afhankelijk van de afstand tot het oogpunt.

Voor het ontwerpen "in het omgevingsbeeld", is het van groot belang dat er tevens een koppeling wordt aangebracht van videobeeld naar modelcoördinaten, zodat een, op het beeldscherm aangebrachte verschuiving van het model kan worden omgerekend naar modelcoördinaten. Dan kan het model automatisch worden aangepast en het nieuwe perspectief worden berekend. Ook zouden dan nieuwe elementen die in het perspectiefbeeld worden toegevoegd automatisch in het model moet kunnen worden opgenomen. Op die manier kunnen de effecten van ontwerpideeën meteen in het omgevingsbeeld zichtbaar worden gemaakt en kunnen ontwerpvarianten goed worden vergeleken. (De specificaties hiervoor, en voor de koppeling met een beeldenbibliotheek zijn opgenomen in bijlage 2).

Daarnaast ligt het in de bedoeling om de programmatuur voor stereo- uitwerking van de vakgroep Landmeetkunde in te bouwen. Deze geeft betere mogelijkheden voor de berekening van de zichtparameters dan het nu gebruikte monoplotting-programma. Aangezien het op de vakgroep Informatica gebruikte systeem de mogelijkheid biedt om meerdere beelden tegelijk in het beeldgeheugen te laden, is het interaktieve gebruik van stereofoto's daarmee goed mogelijk.

Verder zal moeten worden onderzocht op welke wijze de beeldkwaliteit kan worden verbeterd. Vooral het geringe oplossende vermogen van de op videoband opgenomen beelden heeft tot gevolg dat foto's en dia's van de beelden een onscherpe indruk maken. Uit de experimenten met het digitaliseren van dia's en foto's (via opname met de beschikbare videocamera), blijkt dat er iets aan scherpte kan worden gewonnen. Met professionele video-apparatuur (en in de toekomst het gebruik van

een beeldplaatrecorder) zal de beeldkwaliteit vermoedelijk aanzienlijk omhoog kunnen worden gebracht. Het gebruik van professionele apparatuur maakt de toepassing van een dergelijk systeem echter wel kostbaar. Een goedkoper alternatief is wellicht het gebruik van super-VHS.

Reeds eerder is er op gewezen dat het ontwikkelde visualiseringssysteem een prototype is. Het zal nog verder ontwikkeld moeten worden tot een volwaardig ontwerpsysteem. Hiertoe zal het systeem gekoppeld moeten worden aan bestaande CAD- en GIS-systemen. Ook zal het op snellere apparatuur moeten worden overgezet om de interaktie soepel te doen verlopen. De programmatuur zal op betrouwbaarheid moeten worden getest en waar nodig moeten worden verbeterd.

De enthousiaste reacties van zowel (potentiële) opdrachtgevers als vakgenoten op de tot nu toe bereikte resultaten hebben de auteur er van overtuigd, dat een verdere ontwikkeling van het systeem de moeite waard is.

LITERATUUR

Albertz, Kreizling
Photogrammetrisches Taschenbuch. Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe

Angelo, M. (1979)
The use of computer graphics in the visual analysis of the proposed Sunshine ski area expansion. In: Elsner, G.H. & Smardon, R.C. (edit.): Our national landscape. U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. General Technical Report, nr. PSW-35. Berkeley. California. U.S.A.

Archicture Research Laboratory (1975)
ARCH:GRAPHIC, The University of Michigan, Ann Arbor Michigan, March 1975.

Beers, B.J. (1979)
Digitale landschappen. Samenvatting Ingenieursscriptie TH Delft, afd. Geodesie. In: Nederlands Geodetisch Tijdschrift 9 (6), pp: 89-99

Berg, A. van den, P. Vrijlandt (1982)
Visuele simulatie van hoogspanningslijnen in het landschap. Rijksinsituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw, "De Dorschkamp", Rapport nr. 314, Wageningen.

Berg, A. van den, J. van Lith, J. Roos (1984)
MAP: een programma voor het opbouwen van een geografisch informatiesysteem, geschikt voor rasterdata, Informatie, jaargang 26 nr. 5, pp: 337-408

Berg, A. van den, J. van Lith, J. Roos (1985)
Toepassing van het programma MAP2 in het landschapsbouwkundig onderzoek, Landschap nr. 4, jaargang 2, pp: 278-293

Berg, A. van den, H. Dijkstra (1985)
Visuele landschapsanalyse: Farmagebied, Toepassingen van het GIS programma MAP, verslag van de MAP-studiedag op 10 mei 1985, Wageningen, pp: 62-73

Billon, R. & F. Rocca (1983)
Comprendre "KEOPS". Logiciel de conception assistée par ordinateur en architecture. École d'Architecture de Marseille. ECAADE proceedings, Brussel.

Blaauw, G.J. (1980)
Simulatie en wegontwerp. In: Bouwkunde, wegen- en waterbouw 35, 1980 nr.11-669, Polytechnisch tijdschrift. Instituut voor Zintuigfysiologie TNO, Soest.

Blom, R, H. Toes (1987)
Computersimulatie m.b.v. het Ontwerp Informatie Systeem, CALP-rapport nr. 9, vakgroep Tuin- en landschapsarchitectuur, Landbouwuniversiteit Wageningen

Blom, F. Rip (1988)
De produktie van windturbines aan de afsluitdijk. CALP-rapport nr. 12, vakgroep Tuin- en landschapsarchitectuur, Landbouwuniversiteit Wageningen

Boochs, F. (1984)
Ein Verfahren zur Herstellung digitaler Höhenmodelle aus photogrammetrischen Stereomodellen mit Hilfe der flachenhaften Korrelation in digitalen Bildern. Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, München

Bouville, C. (1985)
Bounding ellipsoids for ray-fractal intersection. Computer graphics Siggraph'85 pp: 45-52

Bouwman, M.J.A. (1979)
De waarde van het gebruik van de entheskoop in relatie tot andere presentatie-technieken voor de gebouwde omgeving. Afd. ecologie van het wonen, LH Wageningen

Brocatus, R. (1988)
Arceren met de computer, kan dat ? Scriptie vakgroep informatica, Landbouwuniversiteit Wageningen

Burrough, P.A. & A.A. de Veer (1979)
Landschapskartering 's-Gravenwoude. Gebruik van het informatiesysteem Landschapsbeeld in Zuid-Holland, toegelicht aan de hand van de proefkartering 's-Gravenwoude. Rapport Stiboka, nr.1428, Wageningen

Burrough, P.A, A. Buitenhuis & A.A. de Veer (1982)
Het informatiesysteem landschapsbeeld. Reeks landschapsstudies, Pudoc, Wageningen. (samenvatting in Planning 1982, 17, pp: 2-15)

Burrough, P.A. (1985)
Geografische informatiesystemen: gereedschappen voor landschaps- en milieu-analyse. Landschap nr.4 jaargang 2, pp: 269-277

Burrough, P.A. (1986)
Principles of Geographical Information Systems for Land Resources Assessments. Oxford University Press

Bijhouwer, J.T.P. (1966)
Perspectief-constructie zonder vertekening N.V. Uitgeverij Argus Amsterdam

Carey, J.B, G.W. Harju, A.E. Stevenson (1976)
User's manual MOSAIC. U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. Berkeley. California. U.S.A.

Carr, H.A. (1935)
An introduction to space perception. Hafner, 1935

Coeterier, J.F. (1987)
De waarneming en waardering van landschappen. Resultaten van omgevingspsychologisch onderzoek. Proefschrift Landbouwuniversiteit Wageningen

Cohen, M.F, D.P. Greenberg
The hemi-cube a radiosity solution for complex invironments. Computer graphics Siggraph'85 Proc. pp: 31-40

Cook, R.L, L. Carpenter, E. Catmull (1987)
The Reyes Image Rendering Architecture. Computer graphics Siggraph'87 Proc. pp: 95-102

Craik, K.H. (1972)
Psychological factors in landscape appraisal. Environment and Behaviour, 4, 1972, pp: 255-266

Dortmont, van T, R. Blom (1988)
Landschappelijke evaluatie windplan Lauwersoog. CALP-rapport, nr. 16, vakgroep Tuin- en Landschapsarchitectuur, Landbouwuniversiteit Wageningen.

Dortmont, van T, R. Blom (1988)
Landschappelijke evaluatie windplan IJmuiden. CALP-rapport, nr. 18, vakgroep Tuin- en Landschapsarchitectuur, Landbouwuniversiteit Wageningen

Dral, D. (1985)
Vista: preview optie en clipping procedure. Scriptie vakgroep Informatica, Landbouwhogeschool, Wageningen

Dupagne, Y, Y. Bernard (1983)
Volume: a computerprogram for building modelisation and manipulation. Université de Liege, ECAADE proceedings, Brussel.

Dijkstra, H, A.v.d.Berg, J.M.J.Farjon, R.M.Pfeiffer, H.Weelink (1985)
Visuele en ecologische effecten van nieuwbouw in Burgers dierenpark. Rijksinstituut voor onderzoek in de bos- en landschapsbouw "De Dorschkamp", Wageningen rapport nr. 397

Edmonds, E.A. (1983)
Image Handling - The bringing together of Computer Graphics and Image Processing. Leicester Polytechnic, U.K. In: Computer Graphics Forum, vol.2, no.1 March 1983.

Evans B.M. (1984)
Computers in Landscape Practice. Visual resources management and computer aided design, Landscape design 6/84 pp: 43-45

Farjon, J.M.J, S.I. Kamstra, P.G. Lentjes, W.J.C. Hoeffnagel (1986)
De bruikbaarheid van remote sensing bij inventarisatie en monitoring van landschapspatronen. Vooronderzoek met behulp van landsat 5TM beelden. Rapport "De Dorschkamp", nr. 461

Foley, J.D, A. van Dam (1982)
Fundamentals of Interactive Computer Graphics. Addison-Wesley Publishing Company, U.S.A.

Forgus, R.H. (1966)
Perception, MacGraw Hill

Fournier A, W.T. Reeves (1986)
A simple model of ocean waves. Computer Graphics Siggraph'86 proc. pp: 75-84

Fox, P. (1981)
VISTA: a visual impact simulation technical aid for the display of complex environments using hierarchically structured polygon set operations. Thesis submitted for the degree of Ph.D. University of Strathclyde.

Gagnet, M, D. Perny, Ph. Coueignoux (1982)
Perspective mapping of planar textures. Ecole Nationale Superieure des Mines de Saint-Etienne, France, Eurographics Proceedings 1982, pp: 57-71

Gardner, W, S. Fitzau, C. Purdie (1980)
Norit Clydesdale Factory, Visual Impact Study, ABACUS, University of Strathclyde, report 47.

Gardner, G.Y. (1984)
Simulation of natural scenes using textured quadratic surfaces. Computer Graphics Siggraph'84 proc. pp: 11-20

Gardner, G.Y. (1985)
Visual simulation of clouds. Computer graphics Siggraph Proc. pp: 297-304

Gibson, J.J. (1950)
The perception of the visual world. Greenwood press

Graphics Group University Nijmegen, Rekencentrum TH Delft(1975)
General Purpose Graphic System, User's Tutorial en Reference manual. Publicatienummers RC-GFX-75003-o en RC-GFX-7500-A. Rekencentrum TH Delft.

Goral,C.M, K.E. Torrance, D.P. Greenberg, B. Battaile
Modeling the interaction of light between diffuse surfaces. Computer Graphics Siggraph'84 proc. pp: 213-222

Greenberg, D.P. (1977)
Computer graphics for architecture: techniques in search of problems. Computer Graphics Laboratory at the Cornell University, Architectural record, mid-August 1977.

Greenberg, D.P. (1985)
Computer graphics and visualization. Computer-aided architectural design futures, pp: 63-67 Butterworths, 1985

Greenberg, D.P. (1988)
87 Steven A. Coons Award Lecture. Computer graphics Vol. 22, no 1 pp: 7-14

Grontmij (1988)
Visueel ruimtelijke analyse t.b.v. de geluidbeperkende voorziening langs de A2 ter hoogte van Abcoude. Doc. RLA2.42, O.W:73344

Grotch, S.L. (1983)
Three dimensional and Stereoscopic Graphics for Scientific Data Display and Analysis. IEEE CG&A, Nov. 1983, pp: 33-42. Lawrence Livermore National Laboratory.

Hall, R.A, D.P. Greenberg (1983)
A testbed for Realistic Image Synthesis. Cornell University. IEEE Computer Graphics Applications, Nov. 1983, pp: 10-20.

Hall, R.N. (1983)
The use of GABLE OMS (object modelling system) in the building design process. University of Sheffield, U.K. ECAADE proceedings, Brussels.

Hatfield, M.A, J. LeRoy Balzer, R.E. Nelson (1979)
Computeraided visual assessment in mine planning and design. In: Elsner, G.H. & Smardon, R.C. (edit.): Our national landscape. U.S. Dept of Agriculture, Forest Service. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. General Technical Report, nr. PSW-35. Berkeley. California, U.S.A.

Horstink, V.M.J. (1988)
Aanvullingen en verbeteringen van schaduwbepaling op kasoppervlakken door nabij gelegen objecten. Scriptie vakgroep informatica, Landbouwuniversiteit Wageningen

Imamoglu, V. (1973)
The effect of furniture density on the subjective evaluation of spaciousness and estimation of size of rooms. Architectural psychology (Kuller, R.), Dowden

ISO C97/SC5/WGZ N, (1982)
Draft International Standaard ISO/DIS. Graphical Kernel System (GKS). Functional description

Jansen, F.W, K. de Man (1985)
Een rastergraphics programma voor texture mapping. Ontwikkelingen rond CAD/CAM Cape Nederland '85 pp: 483-493

Keetman, A. (1989)
De VISTA Video module. Scriptie vakgroep informatica Landbouwuniversiteit Wageningen (in prep.)

Kerkstra, K, P. Vrijlandt (1987)
Landschapsontwikkeling in kleinschalige zandgebieden. Landbouwuniversiteit Wageningen

Koek, J. (1988)
Gecompliceerde objecten in VISTA. Scriptie vakgroep informatica, Landbouwuniversiteit Wageningen

Kolkman, P.A. (1988)
Ontwerpen en begroten met AUTOCAD, een ontwerp informatiesysteem voor landschapsarchitectuur. Scriptie vakgroep informatica, Landbouwuniversiteit Wageningen

Lauwerier, H (1987)
Fractals. Aramith uitgevers Amsterdam

Lipmans, Andrew (1980)
Movie-maps: An application of the Optical Videodisc to Computer Graphics. Computer Graphics, Siggraph '80 Proc. pp: 32-42

Lowe, Linda (1983)
System superimposes graphics on video. Boston bureau manager, Electronics, March 10, 1983, pp: 157-158.

Luckiesh, M. (1965)
Visual illusions, Dover

Luria, S.M, J.S. Kinney, S. Weismann (1967)
Distance estimates with "filled" and "unfilled" space. Perceptual and Motor skills, 24, pp: 1007-1010

Maas, A.J.R. (1987)
Plot files voor VISTA. Scriptie vakgroep informatica, Landbouwuniversiteit Wageningen

MacKay, A, R.E. Sayre, M.J. Potel (1982)
3 D Galatea: Entry of three-dimensional moving points from multiple perspective views. Computer Graphics, Siggraph '82 Proc. pp: 213-221

Magnetat-Thalmann, N, D. Thalmann, M. Fortin, L. Langois (1985)
MIRANIM: an Extensible Director-Oriented System for the Animation of Realistic Images IEEE Computer Graphics Vol. 5 no. 3, pp: 61-73

Mandelbrot, B (1982)
The fractal geometrie of nature. W.H. Freeman and Co, San Francisco

Marshall, R, R. Wilson, W. Carlson (1980)
Procedure models for generating three-dimensional terrain. Computer graphics Siggraph'80 proc. pp: 154-159

Maver, T.W. (1987)
Modelling the cityscape with geometry engines. Computer Aided design, vol. 19, nr. 4, pp: 193-196

Miskowich, Don (1982)
Digital Technology and Motion Pictures. Computer Graphics World, July 1982. Pennwell Publishing Company, San Fransisco, California.

Meijers, R.E. (1982)
Microcomputer Graphics. Addison-Wesley Publishing Company, U.S.A.

Molenaar, M. (1986)
Fotogrammetrie. Collegedictaat Landbouwuniversiteit, Wageningen

Molenaar, M, H.J. Stuiver (1987)
Monoplotting: een systeem voor het bijwerken van kaarten en digitale gegevensbestanden. NGT Geodesia, pp: 51-55

Myklestad, E, J.A. Wagar (1977)
PREVIEW: computer assistance for visual management of forested landscapes. Landscape Planning 4 (4): pp: 313-331.

Nakamay, E. et al (1984)
Computer Graphics for visualizing simulation results. Eurographics'84 Proc. pp: 419-432

Nakamay, E, K. Harada, T. Ishizaki (1986)
A montage method: the overlaying of the computer generated images onto a background photograph. Computer Graphics Siggraph'86 proceedings pp: 207-214

Negroponte, N. (1975)
Computer Aids to Design and Architecture. Massachusetts Institute of Technology. Petrocelli/Charter, New York.

Newman, W.M, R.F. Sproull (1973, 2nd edition)
Principles of Interactive Computer Graphics. Mc.Graw-Hill Kogakusha, Ltd, USA 1979.

Nickerson, D.B. (1979)
SIGHTLINE, PERSPECTIVE PLOT, SCOPE - three desktop computer programs for forest landscape design. In: Journal of Forestry 77 (1): pp: 14-17.

Nickerson, D.B. (1980)
PERSPECTIVE PLOT: an interactive analytical technique for the visual modelling of land management activities. U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service. Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station. Portland, Oregon, U.S.A.

Nieuweboer, Z. (1987)
Bepaling en weergave slagschaduw tbv glastuinbouw. Scriptie vakgroep informatica, Landbouwuniversiteit Wageningen

Nieuwenhuijze, L. van, M.W.M. van den Toorn, P. Vrijlandt (1986)
Advies landschapsbouw Groesbeek. "De Dorschkamp" rapport nr. 422

Nohl, W. (1974)
Eindrucksqualitäten in realen und simulierten Grünanlagen. Landshaft + Stadt, 4, 1974, pp: 22-23

Orland, B. (1986)
Image advantage: computer visual simulations. Landscape Architecture 76 nr. 1, pp: 58-63

Oppenheimer, P.E. (1986)
Real time design and animation of fractal plants and trees. Computer Graphics Siggraph '86 Proc. pp: 55-64

Peters, R, J.H. de Boer (eindredactie) (1984)
Landschapsplanning in de randstad. RIBLO "De Dorschkamp" Rapport nr. 380, Wageningen

Pipes, A (1985) editor
Computer-Aided Architectural Design Futures. Proceedings of the international conference on Computer-aided architectural design, T.U. Delft, 18,19 sept. 1985

Poel, K.R. de , W.J.C. Hoeffnagel, D.J. Dijkstra (1985)
Markerwaard à la carte. Inzending van medewerkers van het Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw "De Dorschkamp" voor de prijsvraag "Natuur en Recreatie in het Markerwaardgebied". Wageningen 1985

Poel, K.R. de
"Bos na 2000" of: na 2000 een bos tussen Utrecht, Houten en Nieuwegein? Stedebouw en Volkshuisvesting, juli/augustus 1986

Porter, T, T. Duff (1984)
Compositing digital images. Computer graphics Siggraph'84 Proc. pp: 253-259

Purdie, C. (1981)
Visual Impact Studies using BIBLE. ABACUS Occasional paper no. 85, University of Strathclyde, Glasgow

Purdie, C. (1982)
VIEW and BIBLE, a verification study for the South of Scotland Electricity Board. ABACUS, University of Strathclyde/Design Innovations Research.

Reeves, W.T. (1983)
Particle systems - a technique for modeling a class of fuzzy objects. Computer graphics Siggraph'83 pp: 359-376

Reeves, T, R. Blau (1985)
Approximate and probalistic Algorithms for Shading and Rendering Structured Particle Systems. Computer graphics Siggraph'85 Proc. pp: 313-322

Rip, F.I. (1988)
Animatie helpt RPD, de verbeelding van toekomstig Nederland. CAD/CAM in bedrijf, pp: 14-17

Rongen, M.J.Th. (1973)
Visuele representaties, hun toepasbaarheid in gedragsonderzoek en beoordeling van de gebouwde omgeving Stichting Bouwcentrum, Afdeling prototypen, Rapportnr. 4675

Rogers, D.F. (1985)
Procedural elements for computer graphics. McGraw-Hill Book Company

Roos-Klein Lankhorst, J. (1976)
Computergebruik in de landschapsarchitectuur, de architectuur en de planning. Landbouwhogeschool Informatica/rekencentrum.

Roos-Klein Lankhorst, J. (1983)
College inleiding computergrafiek. Vakgroep Informatica, Landbouwhogeschool Wageningen.

Roos-Klein Lankhorst, J (1984)
Landscape computer applications in the Netherlands. Landscape Design, Journal of the Landscape Institute, june 1984 pp: 46

Roos-Klein Lankhorst, J (1985)
Digitale visualiseringstechnieken als hulpmiddel bij ontwerp en presentatie in de (landschaps)architectuur en de ruimtelijke planning. CAPE '85 Nederland, pp: 575-586

Roos-Klein Lankhorst, J. (1986)
Digitale visualiseringstechnieken in de (landschaps)architectuur en de ruimtelijke planning. ACCU magazine nr. 8, juni 1986, pp: 24-28, R.U. Utrecht

Roos-Klein Lankhorst, J. (1986)
A Visualization tool for (landscape)architects. Proceedings of Eurographics'86, pp: 239-251. North-Holland, 1986

Roos-Klein Lankhorst, J. (1987)
Visualization tool for (landscape)architects. CAD Vol. 19 number 4 may 1987, pp: 188-192, U.K.

Roos-Klein Lankhorst, J. (1987)
Computer en video. Convex Courier, jaargang 3, nummer 3, juli 1987, pp: 3-5

Roos-Klein Lankhorst, J. (1988)
Visualisering van veranderingen in het landschap, een computerondersteund ontwerpinstrument voor de landschapsarchitect. Stedebouw en volkshuisvesting 7/8, juli/aug. 1988, pp: 261-267

Rosenfeld A, Kak, A.C. (1982)
Digital Picture Processing, Volumes 1 & 2. Academic Press

Rozenfeld, A. (1983)
Why computers can't see (yet). ABACUS vol.1, no.1, 1983, pp: 17-26. Springer Verlag, New York.

Ruiter, M.A. den, H. Wagter (1978)
Perspectiefreeksen construeren met Computerhulp en Projecteren. Bouw, 30-9-1978.

Schrauwers, A. (1987)
CAM dringt door in de medische technologie. CADCAM in bedrijf 5e jaargang, nr. 4 pp: 16-19

Sippl, C.J, F. Dahl (1981)
Video/computers. Spectrum book, New Yersey

Smith, A.R. (1984)
Plants, fractals, and formal languages. Computer graphics Siggraph'84 Proc. pp: 1-10

Steam, D, J. Roos-Klein Lankhorst (1982)
VISTA: Visual Impact Simulation Technical Aid, User manual, ABACUS User manual no.31. Architecture and Building Aids Computer Unit Strathclyde.

Steam, D. (1982)
VISTA Visual Impact Simulation Technical Aid. Dep. of Architecture and Building Science, University of Strathclyde, Glasgow. Eurographics Proceedings 1982 pp: 333-337

Stevenson, A.E, J.A. Conley, J.B. Carey (1979)
A computerized system for portrayal of landscape alternations. In: Elsner, G.H. & R.C. Smardon (edit.): Our national landscape. U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. General Technical Report, nr. PSW-35. Berkeley. California. U.S.A.

Stoker, D.F. (1980)
SOM's computer approach. Skidmore, Owings & Merril in Chicago, Architectural record, Mid-August 1980.

Sussock, H, J. Roos Klein-Lankhorst (1982)
BIBLE: Building Invisible Back Lines Eliminated. ABACUS User manual NO. M11, Architecture and Building Aids Computer Unit Strathclyde.

Tsuyoshi Tee Sasada (1987)
Drawing natural scenery by computer graphics. Computer Aided Design, Vol. 19, nr. 4 pp: 212-218

Turnbull, W.M, I. Gourlay (1987)
Visual impact analysis: a case study of a computer based system. Computer Aided Design, Vol 19, nr. 4 pp: 197-202

Tussenafdeling Industrieel Ontwerpen (1983)
Raymo: a ray casting modeler for CAD/CAM. Progress report THD Geometric Modeling Project, Technische Hogeschool, Delft.

Ulenkate, J.H.D. (1987)
Inpassen van objecten in het stereomodel door middel van fotomontage. Scriptie Landmeetkunde

Vandersluys, W.N. (1979)
Televisie... geen probleem. Kluwer Technische Boeken BV, Deventer-Antwerpen

Vernhout, J. (1988)
Architecten in het diepe. PCM, november 1988, pp: 112-113

Walte, K.W. (1988)
Modelling Natural Branching Structures. Computer graphics forum, Vol. 7, no. 2 pp: 105-115

Wallace, B.A. (1981)
Merging and transformation of raster images for cartoon animation. Computer Graphics Siggraph'81 Proc. pp: 253-262

Wallace, J.R, M.F. Cohen, D.P Greenberg (1987)
A two-pass solution to the rendering equation: a synthesis of ray tracing and radiosity methods. Computer Graphics Siggraph'87 Proc. pp: 311-320

Vannier, M.W, J.L. Marsh, J.O. Warren (1983)
Threedimensional Computer Graphics for cranofacial surgical planning and evaluation. Computer Graphics Siggraph'83 Proc. pp: 263-273

Waters, K. (1987)
A Muscle Model for Animating Three-dimensional Facial Expression. Computer graphics Siggraph'87 Proc. pp: 17-24

Weil Jerry (1986)
The synthesis of cloth objects. Computer Graphics Siggraph'86 Proc. pp: 49-54

Whitted, T. (1980)
An Improved Illumination Model for Shaded Display. Bell laboratories, Holmdel, New Jersey. In: Communications of the ACM, June 1980, Vol.23, nr.6.

Wilde, de W.P, M. Mollaert (1980-81)
Computergrafische toepassingen in architectuur en burgerlijke bouwkunde. Vrije Universiteit Brussel, Afd. Bouwkunde.

Williams, L (1983)
Pyramidal parametrics. Computer graphics Siggraph'83 Proc. pp: 1-11

Willis, P.J. (1987)
Visual Simulation of Atmospheric Haze. Computer graphics Forum Vol. 6, no.1 pp: 35-41

Wijk, J.J van, W.F. Bronsvoort, F. Klok (1985)
Vormbeschrijving met sweepobjecten. Ontwikkelingen rond CAD/CAM Cape Nederland '85 pp: 378-390

Yan, J.K. (1985)
Advances in Computer-Generated Imagery for Flight Simulation. IEEE Computer Graphics Vol. 5, no 8, pp: 37-51

Yeager, L, C. Upson (1986)
Combining physical and visual simulation - creation of the planet Jupiter for the film "2010". Computer Graphics Siggraph'88 Proc. pp: 85-93

Zee, D. van der (1985)
Remote sensing en geografische informatiesystemen. Landschap nr.4, jaargang 2, pp: 306-323

Zube, E.H. , D.G. Pitt (1981)
Cross-cultural perceptions of scenic and heritage landscapes. Landscape planning, 8, pp: 69-87

BIJLAGE 1

DE GEBRUIKTE APPARATUUR

Voor de ontwikkeling van het visualiseringssysteem is een modulair grafisch systeem van het merk Videograph gebruikt, dat volgens onze specificaties is samengesteld. Dit systeem is gekoppeld aan de op de vakgroep Informatica (LUW) aanwezige VAX 11/750 minicomputer. Hieronder volgen een aantal technische bijzonderheden van de gebruikte apparatuur.

Algemene computerapparatuur:
- VAX 11/750 minicomputer met een werkgeheugen van oorspronkelijk 2 megabyte, thans 8 megabyte;
- een vaste schijfeenheid van 456 megabyte;
- een verwisselbare schijf van 204 megabyte;
- een tape-unit.

Grafische apparatuur:

Videograph:
- een hoofdbeeldgeheugen van 24 bitplanes (per basiskleur 8) met elk 1024 x 1024 beeldpunten;
- een overlaygeheugen van 8 bitplanes met 1024 x 1024 beeldpunten;
- één video-look-up-table (kleurentabel) met per basiskleur 256 posities;
- twee onafhankelijke "pan"-mogelijkheden, één voor het hoofdbeeldgeheugen en één voor het overlaygeheugen;
- het beeldgeheugen is opgedeeld in kwadranten van 512 x 512 beeldpunten, die afzonderlijk op het beeldscherm zichtbaar worden gemaakt door middel van "panning", de resolutie van de beelden op het scherm bedraagt derhalve 512 x 512 punten;
- een beeldpuntgenerator voor het op het scherm zetten van het beeldgeheugen;
- een videodigitizer, waarmee per basiskleur (rood, groen en blauw) 256 verschillende intensiteiten worden gedigitaliseerd, met een oplossend vermogen van 512 x 512 beeldpunten en een digitaliseersnelheid van 25 beelden per seconde (real-time dus);
- een DMA-interface voor de verbinding met een VAX 11/750 minicomputer.

Niet behorende tot het Videograph-systeem:
- een Mitshubishi RGB-kleurenbeeldscherm met instelbare beeldpuntbreedte.

Video-apparatuur:
- een PAL/RGB encoder en decoder, voor het omzetten van het RGB-signaal van het grafische systeem naar het PAL-videosignaal en omgekeerd;
- een CCD videocamera van het merk Blaupunkt SVC-200 met een statief voor buitenopnamen;
- een U-matic portable VO4800 videorecorder (horizontaal oplossend vermogen van ca. 260 lijnen);
- een reprostatief met lampen;
- Een (kleine) videomonitor voor het weergeven van de in het veld opgenomen beelden en de op video vastgelegde gemengde beelden.

BIJLAGE 2

TECHNISCHE GEGEVENS OVER DE VISTA PROGRAMMATUUR

In deze bijlage wordt eerst de struktuur van de VISTA-programmatuur beschreven. Daarna wordt nader ingegaan op enkele specifieke programma-onderdelen die een essentiële plaats hebben in het ontwikkelde visualiseringssysteem.

Achtereenvolgens komen aan de orde:

1. De indeling in programma-modules
2. De programma-bibliotheken en hun onderlinge hiërarchie
3. De struktuur en de hiërarchie van de VISTA-database
4. De struktuur van de edit-module VISTED
5. De struktuur en de werking van de projectie-module VIEW
6. De struktuur van de weergave-module VIDISP en de VIDEO-submodule
7. De struktuur van de grafische bibliotheken *GRALIB* en *GRALDV*
8. De organisatie van de kleurentabel
9. De berekening van de zichtparameters van gedigitaliseerde videobeelden
10. De berekening van perspectivische vervorming van videobeeldfragmenten
11. De ontwikkelde beeldverbeteringstechnieken
12. Specificaties voor het koppelen van het model aan een beeldenbibliotheek
13. Specificaties voor het koppelen van de projectie aan het model

In deze bijlage wordt geen beschrijving gegeven van de werking van de edit- en weergave-module omdat dit de interactie met de gebruiker betreft, die al uitgebreid is behandeld bij hoofdstuk 5 van dit proefschrift. Van de ondersteuningsprogrammatuur worden alleen de grafische bibliotheken *GRALIB* en *GRALDV* nader besproken.

1 PROGRAMMA-MODULES

Het programmapakket VISTA bestaat uit drie hoofdmodules, die worden verbonden middels het hoofdprogramma *vista*. De modules kunnen ook afzonderlijk worden gedraaid. Daartoe is voor elke module een apart hoofdprogramma geschreven, met de naam van die module.

De module VISTED verzorgt de interactie voor de invoer en de wijziging van de driedimensionale modellen en slaat de gegevens op in de VISTA- database.

De module VIEW verzorgt de interactie voor de invoer van de zichtparameters, berekent de projectie en slaat deze in een bestand (displayfile) op.

De module VIDISP beeldt de berekende projectie af op het grafische scherm en biedt mogelijkheden om de projectie in te zoomen en aan te passen. Van deze module zijn twee versies ontwikkeld:
- Een versie waarmee alleen projecties kunnen worden afgebeeld en gemanipuleerd op het grafische scherm (en kunnen worden geplot op een Calcomp plotter);
- Een versie waarmee behalve de projecties ook videobeelden kunnen worden afgebeeld en gemanipuleerd. De programmatuur voor de manipulatie van de videobeelden wordt de VIDEO-submodule genoemd.

Daarnaast is een afzonderlijk programma geschreven voor het digitaliseren en opslaan van de videobeelden (VDIG).

2 PROGRAMMA-BIBLIOTHEKEN

2.1 De toepassingsgerichte subroutines

De programmatuur is ondergebracht in een aantal bibliotheken. De hogere, toepassingsgerichte subroutines zijn per module ondergebracht in de bibliotheken:

VISTED : de edit routines (invoer/wijziging van het model);

VIEW : de view routines (berekening van de projectie);

VIDISP : de display routines (weergave van de projectie op het scherm).

Zij bevatten de belangrijkste interactiemenu's en de bewerkingen op de objecten, de vlakken en de vlakdetails van het model. Deze subroutines zijn zelf onafhankelijk van het type grafische systeem, en roepen lagere subroutines aan, die, op enkele interactiesubroutines na, eveneens apparaat-onafhankelijk zijn.

2.2 De apparaat-onafhankelijke ondersteuningsprogrammatuur

De lagere apparaat-onafhankelijke subroutines voeren onder meer bewerkingen uit op "superpolygonen", de geometrische basiseenheid van VISTA, waarmee de vlakken, vlakdetails en schaduwpatronen worden beschreven. Een superpolygoon is een array van meerdere, bij elkaar horende polygonen (veelhoeken). De superpolygoonstruktuur is overgenomen van de oorspronkelijke programmatuur van ABACUS en geeft de mogelijkheid om bijvoorbeeld een vlak, dat na het clippen tegen een ervoor geplaatst object in meerdere delen is gesplitst, toch als een eenheid (een verzame-

ling polygonen) te beschrijven. De volgende bibliotheken bevatten lagere subroutines, die onafhankelijke zijn van het type grafische systeem.

- *SPBOOL:* booleaanse bewerkingen op superpolygonen.
- *SPFUNC:* overige bewerkingen op superpolygonen (zoals het copiëren naar andere arrays); behalve door de toepassingsprogrammatuur, worden deze subroutines ook aangeroepen vanuit *SPBOOL*.
- *GEOLIB:* geometrische matrix- en array-bewerkingen (waaronder het vermenigvuldigen en inverteren van matrices); behalve door de toepassingsprogrammatuur worden deze ook aangeroepen vanuit *SPBOOL* en *SPFUNC*.
- *GRALIB:* apparaat-onafhankelijke, "hogere" grafische subroutines (op superpolygoon-niveau); deze roepen lagere grafische subroutines aan, op polygoon, punt en lijnniveau, uit de bibliotheken *GRALDV* en *GVID* (zie onder). Sommige *GRALIB*-routines roepen subroutines uit *SPBOOL* en *SPFUNC* aan. In paragraaf 7 van deze bijlage wordt nader op *GRALIB* ingegaan.

2.3 De apparaat-afhankelijke programmatuur

De subroutines voor de in- en uitvoer via de alfanumerieke terminal, het grafische tablet en het schijfgeheugen (waaronder enkele VMS-afhankelijke subroutines) zijn ondergebracht in: *VISIO*. De invoer van de terminal wordt meestal in de vorm van karakters ingelezen en door de programmatuur omgezet naar hoofdletters of hele of reële getallen, al naar gelang het verwachte of ingevoerde antwoord. Hierdoor kan de interaktie met de gebruiker op een soepele manier verlopen. Zo kan er bijvoorbeeld altijd "Q" worden ingetypt om te verstaan te geven dat de invoer wordt afgebroken, ook als bijvoorbeeld getallen moeten worden ingevoerd of invoer via het tablet wordt verwacht. De *VISIO*-subroutines worden aangeroepen door de toepassingsprogrammatuur en door subroutines uit *GRALIB*, en *GRAVID*.

De apparaat-afhankelijke subroutines, die zijn aangepast of speciaal zijn ontwikkeld voor gebruik van het grafische systeem VIDEOGRAPH zijn "gelaagd" ondergebracht in de bibliotheken:

- *GRAVID:* toepassingsgerichte subroutines van de VIDEO-submodule voor het bewerken van videobeelden met aanroepen naar subroutines uit de bibliotheken *GRALIB, GRALDV, GVID, VIGRA* en *VGLIB;*
- *GRALDV:* lagere grafische subroutines van VISTA met aanroepen naar subroutines uit de VIDEOGRAPH bibliotheken *VIGRA* en *VGLIB;*
- *GVID:* aangepaste *GRALIB* en *GRALDV* routines voor bewerkingen met videobeelden.

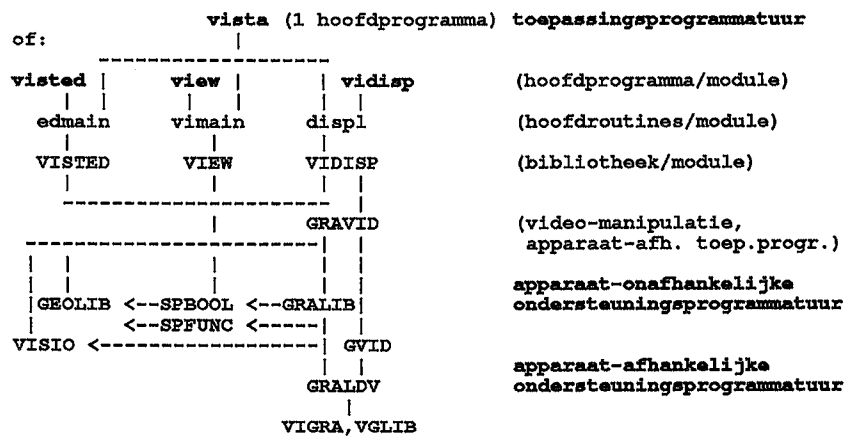
De subroutines in *GRAVID, GRALDV* en *GVID* bevatten geen rechtstreekse instructies aan het grafische systeem, maar ze zijn wel sterk afhankelijk van de specifieke mogelijkheden van het VIDEOGRAPH-systeem.

De volgende bibliotheken bevatten wel rechtstreekse instructies:

- *VIGRA:* door de autheur aangepaste VIDEOGRAPH subroutines uit *VGLIB;*
- *VGLIB:* bij het grafische systeem VIDEOGRAPH geleverde subroutines.

2.4 De hiërarchie van de programma-bibliotheken

De onderlinge hiërarchie van de programma-bibliotheken is in het volgende schema aangegeven.



3 DE VISTA-DATABASE

De modelbestanden

De modelgegevens zijn opgeslagen in een 5-tal bestanden, die elk een verschillende, vaste extensie hebben. Deze extensie geeft een indicatie over welk soort gegevens het betreffende bestand bevat (.MOD, .BOD, .FCE, .TIL).

naam.MOD

In het eerste record van dit bestand zijn de algemene modelgegevens (o.a. de aantallen records van de database) opgeslagen. In de volgende 10 records worden de gegevens over de schaduwstudies (plaats van de lichtbron e.d.) opgeslagen. Daarachter bevinden zich de groepsgegevens: de groepsnaam met de verwijzingen naar de objecten die er deel van uitmaken (recordnummer in het bestand naam.BOD).

naam.BOD

In dit bestand zijn per record de objectgegevens opgeslagen, bevattende het type object (convex/concave), de minimum en maximum x,y en z coördinaten ("boundbox") van het object, het aantal vlakken waaruit het bestaat en de verwijzingen naar de bijbehorende vlakken (recordnummer in het bestand naam.FCE);

naam.FCE

In dit bestand zijn per record de vlakgegevens opgeslagen, o.a. de kleur en de reflectieparameters, en de verwijzingen naar de superpolygonen, die de geometrische gegevens van het vlak beschrijven (recordnummer in naam.POL). Ook zijn hierbij de verwijzingen naar eventueel berekende schaduwpatronen (naam.POL) en verwijzin-

gen naar de eventueel aangebrachte vlakdetails (recordnummer van het eerste vlakdetail in naam.FCE).

Behalve de vlakgegevens bevat dit bestand dus ook de gegevens over de vlakdetails. De bij 1 vlak behorende vlakdetails verwijzen steeds naar het recordnummer van de volgende. De vlakdetailgegevens bevatten de kleur en de reflectieparameters van het vlakdetail, het type detail (gevuld/ongevuld, grid/normaal) en de gridgegevens (o.a. afstanden tussen en aantallen gridelementen in X en Y-richting) en de verwijzingen naar de bijbehorende superpolygonen in naam.POL. De kleur van vlak en vlakdetail verwijst naar het recordnummer in de file naam.CLR, waarin de werkelijke kleurwaarden zijn opgenomen.

naam.POL

Dit bestand bevat de geometrische gegevens van de vlakken, schaduwpatronen en vlakdetails, in de vorm van superpolygonen. De gegevens bevatten verwijzingen naar het bijbehorende vlak, vlakdetail of schaduwpatroon, het aantal records waarin de superpolygoon is opgeslagen, het aantal polygonen per superpolygoon, het aantal hoekpunten per polygoon en de coördinaten van elk hoekpunt.

naam.CLR

In dit bestand is per record de kleur van de vlakken en vlakdetails opgeslagen, in intensiteitswaarden van rood, groen en blauw (waarden van 0 t/m 255).

De hiërarchie van de database is als volgt:

```
naam.MOD ------> naam.BOD ------> naam.FCE ------> naam.POL
                                          |----------> naam.CLR
```

De kladbestanden ("scratchfiles")

Tijdens de berekening van de projectie worden tijdelijk tussenresultaten opgeslagen in kladbestanden, die na beëindiging van de berekening worden verwijderd. Dit betreft de bestanden:

- naam.SBO voor het tijdelijk opslaan van objectgegevens;
- naam.SFC voor het tijdelijk opslaan van vlakgegevens;
- naam.SPO voor het tijdelijk opslaan van superpolygoongegevens;
- naam.SCO voor het tijdelijk opslaan van kleurgegevens.

De inhoud van de laatste 2 bestanden wordt aan het eind van de projectieberekening gecopiëerd naar het beeldbestand, de "displayfile".

De displayfile naam.DIS

De berekende projectie wordt opgeslagen in de displayfile: naam.DIS. Deze bevat de oorspronkelijke modelkleuren, de berekende kleurintensiteiten van de vlakken en de berekende (tweedimensionale) coördinaten van de projectie, gegroepeerd in superpolygonen. Elke superpolygoon representeert de projectie van een vlak of vlakdetail met eenzelfde belichting. De coördinaten zijn reële getallen tussen -1000 en +1000. Bij het afbeelden worden deze omgezet naar beeldpunten (gehele getallen van 0 t/m

511). De modelkleuren zijn in de displayfile opgenomen om de kleuren van de projectie, per modelkleur te kunnen aanpassen.

4 DE STRUKTUUR VAN DE EDIT-MODULE VISTED

Met behulp van de edit-module kan een driedimensionaal model worden ingevoerd en gewijzigd. De programmatuur van de edit-module is onderverdeeld in een aantal groepen die een bepaald deelaspect van de editor behandelen. De functie van elke groep wordt hieronder toegelicht.

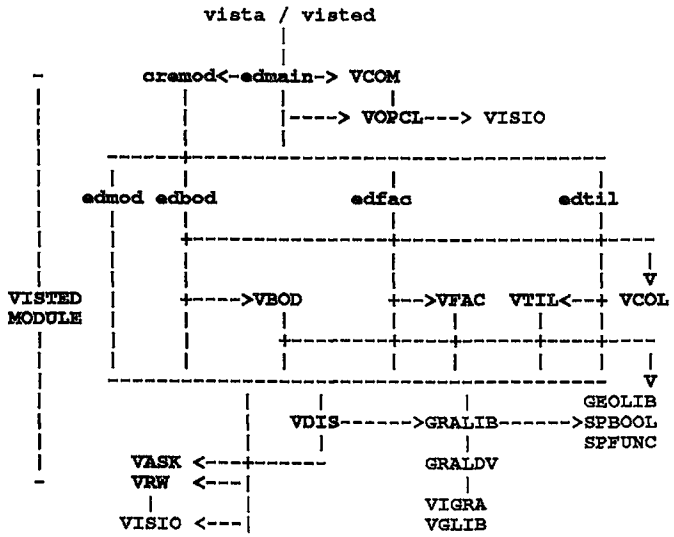
- *VEDIT* bevat de hoofdroutine van de editor *(edmain)* en de hoofdroutines van de verschillende editor-niveau's: *edmod* voor het modelniveau, *edbod* voor het objectniveau, *edfac* op vlakniveau en *edtil* voor het vlakdetailniveau. Deze worden alle aangeroepen door *edmain*. Tijdens het werken met de editor wordt in een globale variabele bijgehouden welke editor door de gebruiker is aangevraagd, via de commando's M, B, F en T, die op elk niveau kunnen worden ingevoerd. Via *edmain* wordt hier dan naar toe gesprongen (voor de gebruiker lijkt het alsof hij direct in de juiste editor belandt.)
- *VMOD* bevat de subroutines met de bewerkingen op model- en groepsniveau. De belangrijkste subroutine is *cremod*, die de nodige bestanden opent voor een nieuwe model-database, de benodigde variabelen initialiseert en de body-editor via *edbod* aanroept.
- *VBOD* bevat de routines met bewerkingen op de objecten, bijvoorbeeld: *addbod* voor het toevoegen van nieuwe objecten, *copbod* voor het copiëren van objecten, *delbod* voor het verwijderen en *trabod* (voor het transformeren van objecten.
- *VFAC* bevat enkele routines voor het manipuleren van vlakken: met *clpfac* kunnen gaten in een vlak worden gesneden en met *delfac* kunnen vlakken worden verwijderd (waarmee o.a. de berekening van de achterliggende vlakken kan worden versneld, door niet zichtbare vlakken al in het model te verwijderen).
- *VTIL* bevat routines voor het verwerken van vlakdetails, zoals *addtil, deltil* en *tratil* voor het toevoegen, verwijderen en transformeren van vlakdetails (waaronder ook het tegen elkaar en tegen het vlak clippen).
- *VDIS* bevat de routines waarmee de objecten *(disbod)*, vlakken *(disfac)* en vlakdetails *(distil)* tijdens het editen op het scherm worden getekend. De subroutine *disbod* wordt zowel gebruikt op model-, object-niveau als op vlak-niveau. In het laatste geval tekent hij één of meerdere vlakken van het object, in de andere gevallen een of meer objecten. De routine wordt ook in de VIEW-module gebruikt voor het tekenen van een kleine plattegrond bij het grafisch invoeren van oogpunt en lichtbron(nen). *Disfac* tekent 1 vlak, geprojecteerd evenwijdig aan het beeldscherm, ten behoeve van de invoer en weergave van vlakdetails. *Distil* tekent de vlakdetails daarop. Disbod en *disfac* roepen de subroutine *askvie* aan, die ook tot deze groep behoort, en de interactie met de gebruiker verzorgt. Via *askvie* kan onder meer worden ingezoomed en worden opgegeven welk(e) aanzicht(en) men wil bekijken, of het gevraagde gevuld of als lijntekening moet worden afgebeeld en of een referentiegrid moet worden getekend.
- *VCOL* bevat een aantal routines waarmee nieuwe kleuren kunnen worden toegekend aan objecten *(inscob)*, vlakken *(inscof)* en vlakdetails *(inscot)*. In *VCOL* zijn ook de routines *chrep* en *askrep* ondergebracht, waarmee de reflectiewaarden van de vlakken kunnen worden veranderd (in de volgende paragraaf komt de betekenis van de reflectiewaarden aan de orde). Daarnaast kan met *chrep* het ob-

jecttype worden veranderd (een volume kan bijvoorbeeld worden veranderd in een vlakvormig object) en kunnen objecten tot modelbasis worden benoemd.

- *VASK* bevat de routines die aan de gebruiker vragen welke (groepen) objecten *(askbod)*, vlakken *(aksfac)* en vlakdetails *(asktil)* moeten worden bewerkt. Via de routine *getlst* wordt de invoer (bijvoorbeeld 1/4,7) omgezet in een globale lijst van huidige objecten/vlakken/details (1,2,3,4,7). De routines uit *VASK* worden door een groot aantal subroutines van de editor aangeroepen.
- *VOPCL* bevat de routines voor het openen en sluiten van de bestanden. Met *vopen* worden alle bestanden van de database, de kladbestanden en het beeldbestand (displayfile) geopend. Met *vclosm* worden de modelbestanden gesloten en met *vclose* worden de kladbestanden verwijderd en het beeldbestand gesloten.
- *VRW* bevat de routines die het inlezen en wegschrijven naar de database verzorgen (bijvoorbeeld *rmod* leest en *wmod* schrijft modelgegevens naar het bestand naam.MOD, *rbod* leest en *wbod* schrijft de objectgegevens naar het bestand naam.BOD. De routines worden tevens gebruikt door de VIEW-module.
- *VCOM* bevat routines die de database opnieuw ordenen. *Commod* zorgt dat alle vrije ruimte die in de bestanden ontstaat door het verwijderen van objecten wordt opgevuld, zodat de database compacter wordt. *Comcol* verwijdert kleuren die meerdere keren voorkomen en past de kleurnummers van de vlakken overeenkomstig aan.

De VISTED-module kan met het hoofdprogramme *vista* als onderdeel van het gehele programmapakket worden gedraaid, of afzonderlijk met het eigen hoofdprogramma *visted*.

De hiërarchie van de VISTED-module wordt in het volgende schema weergegeven. De hoofdletters verwijzen naar de hierboven beschreven groepen van subroutines en modules, de kleine letters duiden op hoofdprogramma's of apart genoemde subroutines.

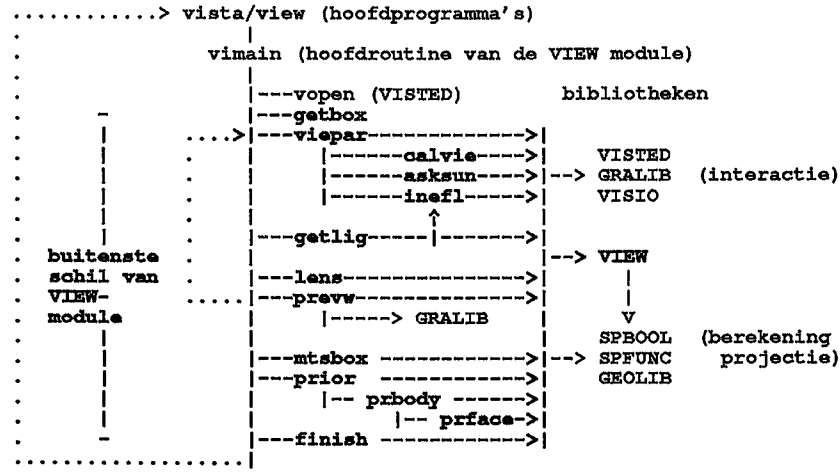


5 DE STRUKTUUR VAN DE PROJECTIE-MODULE VIEW

De VIEW-module bestaat uit twee delen: het deel dat de interactie voor de invoer van de zicht- en lichtparameters verzorgt en het deel dat de projectie berekent en in de "displayfile" opslaat.

Voor de interactie worden subroutines aangeroepen uit de bibliotheken *GRALIB* en *VISIO* en een enkele routine uit *VISTED*. Voor de berekening van de projectie worden naast subroutines uit de *VIEW*-bibliotheek veel ondersteuningssubroutines gebruikt uit de bibliotheken *GEOLIB*, *SPBOOL* en *SPFUNC*.

Hieronder volgt, in schema, een overzicht van de buitenste schil van de VIEW-module. Het schema geeft in feite de aanroep-struktuur van de hoofdroutine van de VIEW-module, *vimain*, en de belangrijkste aanroepen daaronder. De hoofdletters verwijzen naar bibliotheken, kleine letters zijn hoofdprogramma's of apart genoemde, belangrijke subroutines van de VIEW-bibliotheek.



De hoofdprogramma's vista en view

De VIEW-module kan worden aangeroepen via het eigen hoofdprogramma *view* of via het hoofdprogramma *vista*. In het eerste geval wordt alleen de projectiemodule gedraaid, in het tweede geval het hele programmapakket VISTA. Indien de VIEW-module via het eigen hoofdprogramma *view* draait, dan kan de module ook zonder grafisch scherm worden gebruikt (bijvoorbeeld in "batch mode"). In dat geval worden de parameters uitsluitend alfanumeriek ingevoerd (via aanroepen van subroutines uit de *VISIO*-bibliotheek).

De subroutine vimain

Vimain is de hoofdroutine van de VIEW-module en wordt aangeroepen vanuit de hoofdprogramma's *vista* of *view*. De aanroepstruktuur van deze routine is weergegeven in het bovenstaande schema. De routine doet zelf geen bewerkingen.

De subroutine vopen

Vopen is de routine waarmee alle bestanden van het model en de displayfile worden geopend. Daarnaast worden ook een aantal kladbestanden geopend, die tijdens de berekening van de projectie worden gebruikt voor tijdelijke opslag van tussenresultaten. *Vopen* wordt zowel bij de VISTED-module als bij de VIEW-module gebruikt en is ondergebracht in de *VISTED*-bibliotheek.

De subroutine getbox

Met de routine *getbox* worden de minimum en maximum X,Y en Z-coördinaten van de objecten ("boundbox") ingelezen en in een driedimensionale globale array geplaatst (common). Deze worden in de volgende routines *(viepar, lens)* gebruikt voor het bepalen van de minimum en maximum coördinaten van het gehele model (om de schaal van het model te bepalen t.o.v. het virtuele beeldscherm) en om een eerste schatting te maken van welke objecten elkaar kunnen bedekken: als de "boundboxen" elkaar al niet bedekken, dan bedekken de objecten elkaar zeker niet *(prior)*.

De subroutine viepar

Viepar verzorgt de interactie met de gebruiker voor het invoeren en wijzigen van de zichtparameters. Wanneer *viepar* voor het eerst wordt aangeroepen in een sessie of wanneer het model is veranderd, dan worden eerst de standaard-waarden ("default") van oogpunt en focuspunt berekend op grond van de minimum en maximum coördinaten van het model. Voorts worden zichthoek, voor- en achtervlak van de zichtruimte zodanig gedefiniëerd, dat het gehele model in de projectie past.

Daarna kan de gebruiker deze zichtparameters alfanumeriek of grafisch aanpassen totdat de gewenste zichtparameters zijn gevonden. De (aangepaste) waarden zijn ondergebracht in globale variabelen, zodat ze voor de overige view-programmatuur beschikbaar zijn. Ze blijven gelden totdat een ander model wordt genomen of het huidige model wordt gewijzigd (met de VISTED-module) of totdat de optie "restore default values" wordt gekozen.

Het effect van de zichtparameters kan van tevoren worden bekeken via de "linedrawing optie" van *viepar* of de "preview optie" van het hoofdprogramma *(vista* of *view*, zie *preview)*. Omdat voor de "preview" geen lichtgegevens worden gebruikt, wordt in dat geval de aanroep naar *getlig* (vanuit *vimain)* overgeslagen.

Viepar roept onder meer de volgende subroutines aan:

- *Inefl* zorgt voor het grafische deel van de interactie: deze tekent een kleine plattegrond van het model en de posities van oogpunt en focuspunt en geeft de mogelijkheid nieuwe posities hiervan via de cursor aan te wijzen. Hiervoor roept *inefl* een routine uit de module VISTED aan *(disbod*, die de objecten tekent) en grafische ondersteuningsprogrammatuur uit de bibliotheek *GRALIB*.
- *Asksun* wordt aangeroepen indien gekozen is voor een projectie vanuit de zonpositie. *Asksun* vraagt de breedtegraad, datum en tijdstip en berekent op grond hiervan de zonpositie.
- *Calvie* wordt aangeroepen indien de fotomontage-optie van *viepar* is gekozen. Met *calvie* worden oogpunt, focuspunt en zichthoek berekend op grond van een aantal op het videobeeld aangewezen punten waarvan ook de modelcoördinaten

bekend zijn. Een verdere beschrijving van deze subroutine en de subroutines die door *calvie* worden aangeroepen is opgenomen in paragraaf 9 van deze bijlage.

De subroutine getlig

Getlig verzorgt de interactie voor het invoeren en wijzigen van de lichtparameters: de positie(s) en intensiteiten (in rood, groen en blauw) van de lichtbron(nen) en het percentage algemeen aanwezige licht. Ook hiervoor worden standaard-waarden vastgesteld. De positie van de lichtbron wordt op grond van de standaard oogpositie en de minimum en maximum coördinaten van het model berekend. De intensiteiten van de lichtbron worden standaard voor rood, groen en blauw op 125 gezet en het percentage algemeen aanwezige licht op 0.4 (40%). Deze gegevens kunnen door de gebruiker alfanumeriek worden aangepast. De positie(s) van de lichtbron(nen), maximaal 5, kunnen ook worden aangewezen op het grafische scherm. Hiervoor wordt de subroutine *inefl* aangeroepen, die de positie(s) van de lichtbron(nen) bij het plattegrondje van het model tekent.

Ook kan een eerder berekende schaduwstudie als lichtbron worden opgegeven. In dat geval worden de gegevens van die schaduwstudie uit de database (naam.MOD) ingelezen. De ingevoerde en ingelezen waarden worden in globale variabelen vastgelegd (via common).

De subroutine lens

Lens berekent de zichttransformaties en bepaalt de vlakvergelijkingen van de zes zijden van de zichtruimte. Allereerst wordt de transformatiematrix van modelcoördinaten naar oogcoördinaten berekend. Bij de oogcoördinaten hoort een "oogruimte" waarin het oogpunt de oorsprong is, de kijkrichting de z-as, en de x- en y-as evenwijdig zijn aan het virtuele beeldscherm.

Indien de zichtruimte niet geheel door de gebruiker is gespecificeerd dan berekent *lens* allereerst de ontbrekende posities van voor- en achtervlak en de zichthoek (perspectief projectie) of breedte (parallel projectie) van de zichtruimte, zodanig dat het model, voor zover dit niet is aangegeven, in de zichtruimte past. Hiertoe worden de "boundboxen" van de objecten omgezet naar oogcoördinaten (door vermeningvuldiging met de eerder berekende matrix), waarna wordt nagegaan hoeveel objecten binnen de aangegeven zichtvlakken zijn gelegen en waar de posities van de niet gedefiniëerde vlakken moeten komen. Indien geen enkel object geheel in de zichtruimte past, dan geeft de routine een waarschuwing en kan de gebruiker kiezen of hij nieuwe zichtparameters in wil voeren, of de berekening wil laten doorgaan.

Vervolgens wordt de transformatiematrix model-oogcoördinaten vermenigvuldigd met de negatieve afstand van het voorvlak tot het oogpunt, zodat de objecten tussen voorvlak en oogpunt in dit nieuwe oogcoördinatenstelsel negatieve z-coördinaten krijgen. Ook de inverse matrix (oog-modelcoördinaten) wordt berekend.

Daarna wordt de matrix van oogcoördinaten naar virtuele schermcoördinaten berekend en de inverse matrix daarvan. Bij de "virtuele schermruimte" zijn de coördinaten geschaald tussen -1000 en +1000 en is de zichtpyramide bij perspectiefprojectie omgevormd tot een gelijkzijdig blok, evenwijdig aan het beeldscherm met een z-as die in het scherm wijst.

De beide matrices worden vervolgens met elkaar vermenigvuldigd, zodat de transformatiematrix model naar scherm ontstaat. Ook van deze matrix wordt de inversematrix berekend.

Daarna worden de vlakvergelijkingen van de 6 zijden van de zichtruimte bepaald, in oogcoördinaten, waarna deze worden omgezet naar modelcoördinaten en schermcoördinaten (door vermenigvuldiging met de oog-modelcoördinatenmatrix, respectievelijk de oog-schermcoördinatenmatrix).

Zowel de matrices als de vlakvergelijkingen worden in globale variabelen ondergebracht, en worden in de volgende subroutines gebruikt voor de berekening van de projectie.

De subroutine prevw

Prevw berekent een snelle projectie die als een draadfiguur op het beeldscherm wordt geprojecteerd. Eerst wordt nagegaan welke objecten (deels) binnen de zichtruimte passen. Hiertoe wordt de positie van de hoekpunten van elke boundbox bepaald ten opzichte van de 6 vlakken van de zichtruimte. Indien de hoekpunten aan weerszijden van een vlak liggen, dan wordt een "clipvlag" van dat object voor dat vlak gezet. Een object is onzichtbaar als alle hoekpunten zich aan de "buitenkant" van de zichtruimte bevinden. De identificatienummers van de (deels) zichtbare objecten worden in een lijst van zichtbare objecten geplaatst.

Vervolgens worden de superpolygonen van de vlakken van elk deels zichtbaar object tegen de zichtruimte geclipt, voor zover hiervoor clipvlaggen zijn gezet. Het clippen tegen voor- en achtervlak gebeurt in modelcoördinaten. Daarna worden alle superpolygonen omgezet naar virtuele schermcoördinaten (door vermenigvuldiging met de in *lens* berekende model-schermmatrix) en worden ze voor zover nodig tegen de zijwanden van de schermruimte ("het schermwindow") geclipt.

Tenslotte worden de geclipte en geheel zichtbare superpolygonen omgezet naar apparaat-coördinaten en op het scherm afgebeeld, waarna de gebruiker de gelegenheid krijgt om het geprojecteerde model op het scherm te verplaatsen (bijvoorbeeld voor het passen in een videobeeld). Hiervoor worden subroutines uit de grafische bibliotheek *GRALIB* aangeroepen.

De subroutine mtsbox

Mtsbox doet het voorwerk voor de berekening van de achterliggende vlakken, door middel van bewerkingen op de boundboxen van de objecten. Eerst wordt per vlak van de boundbox nagegaan of deze naar het oogpunt is gekeerd: alleen dan is het vlak zichtbaar. Vervolgens worden de zichtbare vlakken van de boundboxes voor zover nodig tegen de zichtruimte geclipt en getransformeerd naar virtuele schermcoördinaten, op dezelfde wijze als bij *preview*. Daarna wordt van elke boundbox een silhouet gevormd in het xy-vlak van de schermruimte, door de (eventueel geclipte) polygonen van die boundbox samen te voegen via de booleaanse operatie "OR". De boundbox-silhouetten, de boundboxvergelijkingen en de minimale en maximale z-waarden van alle zichtbare vlakken worden in 2-dimensionale globale arrays geplaatst (uit de tweede index is af te lezen bij welk object ze horen).

De subroutine prior

Via *prior* wordt de getinte projectie berekend. De verwerking wordt per object afgehandeld door de subroutine *prbody*, die in *prior* in een loop wordt aangeroepen. De objecten worden vanaf het oogpunt naar achteren afgewerkt, waarbij de projecties van de objecten worden verenigd in een "clippingmasker" via de booleaanse bewerking "OR". Elk volgend object wordt, na omzetting in schermcoördinaten, geclipt tegen het masker, en tegen objecten die nog niet in het masker zijn opgenomen en waarvan de "boundbox" overlapt met zijn eigen boundbox. Daarna wordt de overgebleven projectie van dat object aan het masker toegevoegd. Tevens worden de kleurtinten van de overgebleven vlakken bepaald (via *prface)* en in een kladbestand vastgelegd. In meer detail gebeurt het volgende.

Door aanroep van een sorteerroutine in *prior* worden de objecten gesorteerd op grond van hun minimale z-waarde: van dichtbij tot ver ten opzichte van het oogpunt, met de eventuele "modelbasis-objecten" achteraan. Van modelbasis-objecten is door de gebruiker, via de editor, aangegeven dat ze geen enkel ander object kunnen bedekken (meestal de ondergrond van het model).

Snelle projectie

Als een snelle projectie is gekozen, dan worden de objecten in omgekeerde volgorde - van veraf naar dichtbij - verwerkt, zonder dat ze tegen elkaar worden geclipt. Het clippen wordt voorkomen door de objecten niet in het masker op te slaan. Wel worden de vlakken van een concaaf object tegen elkaar geclipt, via de subroutine *prface.* (De berekening gaat zo wel snel, maar er ontstaan vaak fouten doordat in elkaars buurt liggende objecten verkeerd over elkaar heen worden getekend.)

Uitgebreide projectieberekening

Bij een uitgebreide berekening van de projectie, maar geen schaduwstudie, worden eerst de modelbasis-objecten verwerkt, zonder clippen, in omgekeerde volgorde van invoer. (Bij het weergeven op het scherm worden de modelbasis-objecten dan in hun geheel op het scherm getekend, waarna alle overige objecten eroverheen worden getekend. Het overslaan van dit deel van het clippen kan de projectieberekening aanzienlijk versnellen.)

De overige objecten worden in de eerder bepaalde volgorde van dichtbij naar veraf verwerkt. Eerst wordt getest of de erachter veronderstelde objecten het betreffende object toch kunnen bedekken, door na te gaan of de "boundboxes" elkaar overlappen. Is dit het geval dan worden die objecten in een "cliplijst" gezet, die wordt doorgegeven aan *prbody.* Via *prbody* wordt het object tegen de objecten in deze lijst en tegen het masker geclipt en wordt de overgebleven projectie aan het masker toegevoegd.

Schaduwstudie

Wanneer een schaduwstudie wordt gemaakt (voor het bepalen van slagschaduw-patronen vanuit een bepaalde lichtbron) dan worden eerst de "gewone" objecten als hierboven verwerkt. Bij een schaduwstudie wordt de lichtbron als oogpunt beschouwd en wordt er berekend welke delen van het model "zichtbaar" zijn vanuit de

lichtbron. In dit geval worden de modelbasis-objecten als laatste geclipt tegen het masker, wanneer dit alle objecten bevat die ervoor liggen. (Omdat in dit geval schaduwpatronen moeten worden bepaald, ook die op de modelbasis vallen, kan het clippen nu niet worden overgeslagen.)

De geclipte projectie wordt nu niet alleen gebruikt voor het aanmaken van het beeldbestand (de displayfile), maar deze wordt tevens opgeslagen in de model-database om bij een volgende projectieberekening als lichtbron met bijbehorende slagschaduwpatronen te kunnen worden gebruikt. Hiertoe wordt het vanuit de lichtbron "zichtbare" deel van elk vlak (in de vorm van een superpolygoon) omgezet in modelcoördinaten, door vermenigvuldiging met de in *lens* bepaalde scherm-modelmatrix, en daarna opgeslagen in het polygonenbestand naam.POL met een verwijzing daarnaar in het vlakkenbestand naam.FCE. De informatieve gegevens over de schaduwstudie (o.a. de positie van de lichtbron) worden in het modelbestand naam.MOD vastgelegd (zie 3 van deze bijlage). Dit alles gebeurt in de subroutine *putpch*, aangeroepen door *prface*.

Het clippen van de objecten in prbody

In *prbody* wordt eerst het in *mtsbox* bepaalde boundbox-silhouet van het object gechecked op eventuele overlap met het masker. Als het object niet (geheel) door het masker wordt bedekt dan wordt van elk vlak van het object nagegaan of het naar het oogpunt is gekeerd, zonodig geclipt tegen de zichtruimte, geconverteerd naar virtuele schermcoördinaten en gesorteerd naar minimum z-waarden. Vervolgens worden de vlakken van het object in deze volgorde in *prbody* afgewerkt.

Eerst wordt elk vlak, als het op grond van de eerste test deels door het masker bedekt kan zijn, nader gechecked en zonodig tegen het masker geclipt. Bij concave objecten wordt elk vlak daarna tegen de eigen (resterende, op afstand van het oog gesorteerde) vlakken geclipt.

Daarna wordt het vlak op overlap getest met de boundbox-silhouet van elk object dat in de "cliplijst" (zie boven) is opgenomen. Is er een overlap, dan wordt op grond van de minimum z-waarden nagegaan of het vlak er ook werkelijk (deels) achter ligt en zo ja, dan wordt het zonodig geclipt tegen elk vlak van dat object uit de cliplijst.

Tenslotte wordt van de overgebleven, zichtbare delen van de vlakken de kleurtint bepaald, via het aanroepen van *prface*.

Bepaling van de kleurtinten (via prface)

In *prface* wordt eerst de oriëntatie van het vlak ten opzichte van de lichtbron bepaald (via aanroep *litang*). Hiertoe wordt het middelpunt van het geprojecteerde vlak geconverteerd naar modelcoördinaten. Vervolgens wordt de vector van dat punt naar de lichtbron bepaald, waarna de cosinus van de hoek wordt berekend tussen de normaalvector van het vlak en die vector (in "modelruimte"). Deze cosinus is een maat voor de hoeveelheid licht die op het vlak schijnt: deze is maximaal (1) als de lichtbron in het verlengde van de vlaknormaal ligt en minimaal (0) als de lichtbron in het verlengde van het vlak ligt.

Indien op het vlak (eerder berekende) schaduwpatronen moeten worden getekend, dan wordt het bijbehorende patroon uit de database ingelezen, geconverteerd van modelcoördinaten naar virtuele schermcoördinaten en tegen het (zichtbare deel van het) vlak geclipt, zodat het vlak verdeeld wordt in een direct belicht deel en een indirect belicht (beschaduwd) deel *(prshad).* Daarna worden de kleurintensiteiten voor rood, groen en blauw berekend voor zowel de belichte als de beschaduwde delen van de vlakken *(prface -> fceout -> litint).*

Vervolgens worden de eventuele vlakdetails ingelezen, geclipt tegen de zichtruimte, geconverteerd naar virtuele schermcoördinaten en geclipt tegen het direct belichte en/of tegen het beschaduwde deel van het vlak, met de booleaanse AND-operatie. Zo ontstaan ook beschaduwde en direct belichte vlakdetails. De beschaduwde delen van vlakken en vlakdetails worden gemarkeerd, zodat hiermee rekening wordt gehouden bij de berekening van de kleur.

De kleurintensiteiten van vlak en vlakdetail worden (in *litint)* bepaald op grond van:
- LSPECT: het lichtspectrum, de intensiteiten van de lichtbron in rood, groen en blauw, die standaard alle op 125 worden gezet en door de gebruiker (via *getlig*) per projectieberekening kunnen worden aangepast;
- LALG: het percentage algemene licht, dat standaard op 40% (0.4) wordt gezet, en dat ook via *getlig* per projectieberekening kan worden aangepast.
- RALG: de reflectiewaarde van het vlak voor het algemene licht, dat standaard op 80% of 0.8 wordt gezet en dat in de editor kan worden gewijzigd.
- RDIR: de reflectiewaarde van het vlak voor direct licht, die standaard eveneens op 0.8 wordt gezet.
- COSLR: de cosinus van de hoek tussen de lichtbron en de vlaknormaal.
- VLAKINT: de kleurintensiteiten die door de gebruiker aan het vlak zijn gegeven voor rood, groen en blauw.

De kleurintensiteit van het vlak wordt per basiskleur (rood, groen, blauw) in twee stappen berekend: eerst wordt het aandeel berekend dat wordt gereflecteerd door het algemeen aanwezige licht (INTALG). Voor de direct belichte delen van het vlak wordt het aandeel aan directe reflectie daarbij opgeteld (INTDIR).

Berekening van de kleurintensiteit van de uitsluitend indirect belichte delen:

```
INTALG = LSPECT * LALG * RALG * VLAKINT
```

Berekening van de kleurintensiteit van de direct belichte delen:

```
INTDIR = INTALG + LSPECT * (1 - LALG) * RDIR * COSLR * VLAKINT
```

Dit is een vereenvoudigde formule, afgeleid van het lichtmodel van Phong. In het lichtmodel van Phong wordt ook rekening gehouden met de lichtweerkaatsing (het oplichtende effect) van glimmende oppervlakken. Omdat in de hier gebruikte programmatuur slechts 1 kleur per polygoon wordt bepaald, zou bij het simuleren van de lichtweerkaatsing de gehele polygoon een deel van de kleur van de lichtbron aannemen. Alleen bij objecten die zijn opgebouwd uit een groot aantal kleine polygonen kan dan een enigszins realistische indruk van weerkaatsing worden verkregen, in de vorm van een lichtere vlek op de plaats waar de weerkaatsing vanaf het oogpunt zichtbaar is. (Alhoewel de programmatuur voor de berekening van de lichtweerkaat-

sing wel grotendeels in de code is opgenomen, wordt deze om de zojuist genoemde reden niet gebruikt).

De subroutine finish

In *prface* worden de geclipte superpolygonen van de vlakken en vlakdetails, de oorspronkelijke kleurintensiteiten van het vlak en de berekende kleurintensiteiten tijdelijk in kladbestanden opgeborgen. In de subroutine *finish* worden deze uit de kladbestanden ingelezen en in de displayfile weggeschreven, waarna de kladbestanden worden verwijderd. Daarna wordt terug gegaan naar het hoofdprogramma.

6 DE STRUKTUUR VAN DE WEERGAVE-MODULE VIDISP EN DE VIDEO-SUBMODULE

Van de weergave-module zijn twee versies gemaakt, één waarmee alleen de berekende projecties kunnen worden afgebeeld en bewerkt (VIDISP), en één waarmee ook gedigitaliseerde videobeelden kunnen worden afgebeeld en bewerkt (VIDEO genoemd).

De programmatuur voor het bewerken van de gedigitaliseerde beelden, de VIDEO-submodule, is ondergebracht in een aparte bibliotheek, *GRAVID*, waarvan de belangrijkste onderdelen in de paragrafen 10 en 11 van deze bijlage worden besproken. Hier wordt volstaan met een kort overzicht van de mogelijkheden van de programmatuur. Voor uitgebreide informatie over deze programmatuur wordt verwezen naar de scriptie van A. Keetman (1989, in voorbereiding).

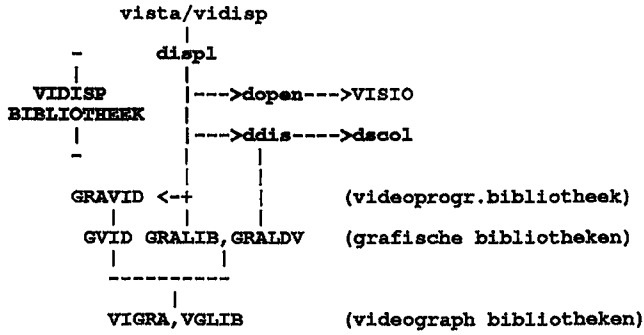
De apparaat-onafhankelijke toepassingsprogrammatuur van de weergavemodule is ondergebracht in de bibliotheek *VIDISP*.

De VIDISP-bibliotheek

De *VIDISP*-bibliotheek bevat de volgend vier subroutines:
- *Displ* is de hoofdsubroutine van de weergave-module en verzorgt de interactie met de gebruiker via twee menu's, het hoofdmenu ("display command menu") en het menu met speciale bewerkingen van de in de "displayfile" opgeslagen projectie ("display options menu", zie ook hoofdstuk 5.5 van het hoofdrapport). *Displ* roept de volgende subroutines aan.
- *Dopen* opent (en sluit) de "displayfile" (polygooninformatie) of de "imagefile" (hierin is het beeld opgeslagen in de vorm van beeldpuntinformatie), afhankelijk van het type beeld dat door de gebruiker is opgegeven om af te beelden. Hiertoe roept *dopen* subroutines aan uit de I/O-bibliotheek *VISIO*.
- *Ddis* leest de displayfile in en tekent de daarin opgeslagen projectie op het scherm, per superpolygoon (gevuld of als lijntekening).
- *Dscol* controleert en comprimeert de in de display- en de imagefile opgeslagen kleuren en zet ze in de kleurentabel ("video-look-up table") van het grafische systeem (zie paragraaf 8 van deze bijlage). *Dscol* wordt door *ddis* aangeroepen.

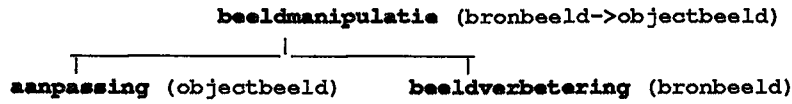
De genoemde subroutines roepen een groot aantal grafische subroutines aan uit de bibliotheken *GRALIB* en *GRALDV*.

De struktuur van de VIDISP-module:



De bibliotheek GRAVID

De programmatuur van de VIDEO-submodule is in de bibliotheek *GRAVID* ondergebracht. Deze programmatuur is speciaal ontwikkeld voor het manipuleren van gedigitaliseerde videobeelden. Hierbij wordt onderscheid gemaakt in een bronbeeld en een objectbeeld. Het bronbeeld kan het gehele beeld zijn, maar ook een beeldfragment. Het objectbeeld ontstaat na manipulatie van (een deel van) het bronbeeld en is gewoonlijk een beeldfragment. Een deel van de programmatuur legt zich toe op het creëren van een objectbeeld uit een copie van het bronbeeld, een deel voert bewerkingen uit op het objectbeeld en een ander deel voert bewerkingen uit op het bronbeeld, in schema:



Beeldmanipulatie

De beeldmanipulatie-mogelijkheden worden voor de gebruiker beschikbaar gemaakt via het "video command menu". Met de beeldmanipulatie-programmatuur kan het volgende worden uitgevoerd:

1. Het lezen van een beeld of beeldfraktie, een "bronbeeld";

2. Het vervormen van een kopie van het bronbeeld tot een "objektbeeld". De vervormingsmogelijkheden zijn:
- wijziging van de schaal
- perspectivische vertekening (zie paragraaf 10 van deze bijlage)
- spiegeling over de horizontale of de verticale as. Na deze bewerkingen wordt de gebruiker in de gelegenheid gesteld om het objectbeeld aan te passen, waarmee men in het menu van de beeldaanpassingsprogrammatuur belandt (zie onder).

3. Het vervangen van projectiekleuren in het bronbeeld, nadat de computerprojectie in het videobeeld is "ingebakken".

4. Het wegwerken van extreem gekleurde beeldpunten in het bronbeeld door de kleur te vervangen door kleuren van beeldpunten in de omgeving (deze extreme kleuren kunnen door storingen ontstaan).

Het video command menu biedt tevens de opties "image enhancement" en "Laplace contrast", waarna men in het menu van de beeldverbeteringsprogrammatuur belandt.

Beeldaanpassing

Nadat een beeldmanipulatie is uitgevoerd zijn er verschillende mogelijkheden voor het aanpassen van het zojuist gecreëerde en in een "nieuwe omgeving" geplaatste objectbeeld. De mogelijkheden worden via het "image operation menu" aan de gebruiker gepresenteerd. De volgende aanpassingen kunnen worden gedaan:

1. Verwijdering van beeldpunten uit het objectbeeld, o.a. voor het op grond van kleurverschil wegfilteren van onbedoeld meegecopiëerde delen van het bronbeeld.

2. Kleurverandering van (een deel van) het objectbeeld.

3. Kleurmenging van objektbeeld en objektachtergrond.

4. Terugdraaien van bewerkingen of operaties om fouten te herstellen.

Deze bewerkingen gebeuren dus op objectbeelden die via beeldmanipulaties zijn gecreëerd en in een andere achtergrond geplaatst. Bij deze plaatsing wordt ook de "objektachtergrond" vastgelegd, dwz. het deel van het videobeeld dat bedekt wordt door het geplaatste objectbeeld. Daardoor is het mogelijk om beeldpunten te mengen (3.) en fouten te herstellen. De operaties kunnen ook werken op delen van het objektbeeld. In dat geval moet dat deel door de gebruiker worden omlijnd.

Beeldverbetering

De beeldverbeteringsprogrammatuur biedt het "image enhancement menu" waarin de opdrachten zijn vervat om de beeldverbeteringstechniek van de histogram-kleuropwaarde methode toe te passen (zie paragraaf 11 van deze bijlage).

Met de tot nu toe ontwikkelde programmatuur kunnen de volgende akties worden ondernomen:

1. Het veranderen van het beeld door het opgeven van één of meerdere van de volgende beeldfaktoren:
- een kleurfaktor van 0:10, waarmee de kleuren in het beeld kunnen worden versterkt (groter dan 1) of verzwakt (tussen 0 en 1);
- een verschuiving van de grijstoon van het beeld (-85:85), waar mee het beeld lichter (0) of donkerder () kan worden gemaakt.

2. Het opvragen van beeldinformatie:
- het histogram van de grijstoon van het beeld;
- een tabel met berekende kontrastmogelijkheden bij een range van kleurfactors (zie ook paragraaf 11 van deze bijlage).

3. Het daadwerkelijk laten berekenen van de nieuwe beeldpuntwaarden op basis van de beeldverbeteringsfactoren en het plaatsen van dit nieuwe beeld:
- ter plekke van het originele beeld, (eventueel op een ander kwadrant);
- op een gekozen positie en kwadrant van het beeldgeheugen.

De programmatuur biedt ondersteuning bij de keuze van de factoren. Zo wordt bij een opgegeven kleurfaktor automatisch een maximaal contrast berekend, zodanig dat nog net geen verkleuring optreedt tengevolge van intensiteitsoverschrijding.

Bij het plaatsen van het beeld kan het berekende contrast worden overruled door een andere contrastfactor op te geven, bijvoorbeeld op basis van de informatie die beschikbaar is in de tabel over de contrastmogelijkheden bij andere kleurfactoren.

7 DE GRAFISCHE BIBLIOTHEKEN GRALIB EN GRALDV

De apparaat-onafhankelijke grafische bibliotheek *GRALIB* bevat drie hoofdsubroutines *(gpaint, gchcol* en *gcoppx)* en een groot aantal ondersteuningsroutines. De grafische bibliotheek *GRALDV*, die sterk gericht is op de mogelijkheden van de gebruikte grafische apparatuur, bevat behalve ondersteunende subroutines twee hoofdsubroutines (*gdrimf* en *gstimf*). Onder hoofdsubroutines wordt in dit verband verstaan: subroutines die op gebruikersniveau een afgeronde taak uitvoeren. De namen van de subroutines uit beide bibliotheken beginnen alle met een "g".

Gpaint

De hoofdsubroutine *gpaint* verzorgt de interactie voor het tekenen op het beeldscherm. In de gebruikte configuratie gebeurt de invoer via de pen van het grafische tablet. Het "paintmenu" biedt onder meer de keuze uit verschillende "outputtypes" (lijn, open of gevulde rechthoek of polygoon) en inputmodes (alfanumeriek of grafisch, met of zonder referentiegrid). Deze outputtypes en inputmodes kunnen tijdens de invoer van een figuur afwisselend worden gebruikt of worden veranderd. De grafische invoer wordt verzorgd door de subroutine *glopol*, de alfanumerieke invoer door *gcopol*. Beide worden door *gpaint* aangeroepen. *Gpaint* wordt door verschillende routines van de edit-module en de weergave-module aangeroepen.

Gchcol

De hoofdsubroutine *gchcol* verzorgt de interactie voor het aangeven en wijzigen van kleuren. In paragraaf 5.5.3 van het hoofdrapport is beschreven hoe de interactie tijdens het wijzigen van kleuren verloopt. *Gchcol* wordt evenals *gpaint* aangeroepen door verschillende subroutines van de edit-module en door de weergave-module. *Gchcol* verzorgt ook de invoer en wijziging van de kleuren tijdens de invoer via *gpaint* en wordt daarom ook door *gpaint* aangeroepen.

Gcoppx

De hoofdsubroutine *gcoppx* verzorgt de interactie voor het copiëren van (delen van) in het beeldgeheugen opgeslagen beelden en het verplaatsen en vervormen daarvan. Er zijn twee versies van *gcoppx*: één waarmee alleen delen van de berekende projectie kunnen worden gecopiëerd en één waarmee videobeelden kunnen worden

bewerkt. De videoversie is opgenomen in de *GRAVID*-bibliotheek en wordt besproken in paragraaf 10 van deze bijlage.

Gstimf, gdrimf

De hoofdsubroutines *gstimf* en *gdrimf* verzorgen het opslaan, respectievelijk op het beeldscherm brengen van een bewerkte projectie, waarbij het beeld wordt/is vastgelegd in de vorm van beeldpuntinformatie. Zij roepen voornamelijk subroutines aan uit de apparaat-afhankelijke bibliotheken *VIGRA* en *VGLIB*.

Gpaint, gchcol en *gcoppx* roepen een groot aantal ondersteunende grafische subroutines aan uit de bibliotheken *GRALIB* en *GRALDV*. Een deel van deze subroutines worden ook rechtstreeks aangeroepen door de toepassingsprogrammatuur (edit-, projectie- en weergave-module van VISTA).

De ondersteuningsroutines die veel door de toepassingsprogrammatuur worden aangeroepen zijn:
- *ginit* initialiseert het grafische apparaat;
- *giscol* initialiseert de kleurentabel (video-look-up-table);
- *gscol* zorgt ervoor dat kleuren in de kleurentabel worden geplaatst;
- *gwind* definiëert het kader ("window") in modelcoördinaten (in de editor) of in virtuele schermcoördinaten (in de weergave-module);
- *gviewp* definiëert het afbeeldingskader in apparaatcoördinaten ("viewport") en berekent de schalingsfactor voor de conversie van modelcoördinaten naar apparaatcoördinaten en omgekeerd;
- *gwitxt* geeft de kadergrenzen op het scherm aan, in modelcoördinaten;
- *gcurs* leest de cursorpositie van het scherm in apparaatcoördinaten;
- *gmcurs* leest de cursorpositie en zet deze om naar modelcoördinaten;
- *grcol* leest de kleur van een met de cursor aangewezen beeldpunt uit de kleurentabel (rood-, groen- en blauwwaarde);
- *goverl* zet het overlay aan als dat aanwezig is;
- *ggrid* vraagt de gridgroote op en tekent het referentiegrid op het scherm (in het overlay-geheugen);
- *gclspw* clipt een te tekenen superpolygoon tegen het window, deze roept onder meer subroutines aan uit de bibliotheek SPBOOL;
- *gspol* tekent een bestaande superpolygoon, waarbij die geconverteerd wordt van modelcoördinaten (in deeditor) of van virtuele schermcoördinaten (in de weergave-module) naar apparaatcoördinaten;
- *gptext* tekent het identificatienummer in het midden van elk afgebeeld object, vlak of vlakdetail;
- *glopol* laat de gebruiker een lijn of polygoon op het scherm tekenen, waarbij de ingevoerde lijn/polygoon desgewenst wordt geconverteerd van apparaatcoördinaten naar modelcoördinaten;
- *gclear* veegt het scherm schoon.

Van deze subroutines behoren *ginit, gscol, grcol, goverl* en *ggrid* tot de bibliotheek *GRALDV*, de rest behoort tot *GRALIB*.

8 DE ORGANISATIE VAN DE KLEURENTABEL

De gebruikte apparatuur beschikt over één kleurentabel, die is opgebouwd uit drie tabellen, voor elke basiskleur één. De posities in de basiskleurentabellen en de intensiteiten van elke basiskleur worden uitgedrukt in een byte (8 bits). Dit betekent dat van elke basiskleur 256 (2^8) verschillende intensiteiten in de tabel kunnen worden opgenomen. Voor het digitaliseren van een videobeeld worden de drie basiskleurentabellen geheel gevuld met een oplopende reeks intensiteiten van 0 t/m 255. Dit is nodig omdat de videodigitizer van deze volledige vulling van de kleurentabel uitgaat.

Het gedigitaliseerde beeld wordt tijdens het digitaliseringsproces opgeslagen in het hoofdbeeldgeheugen van het grafische systeem. Dit geheugen bestaat uit 24 bitplanes, voor elke basiskleur 8 planes (zie figuur 3.1). Dit betekent dat voor elk beeldpunt 24 bits beschikbaar zijn voor het opslaan van de kleurwaarde. De kleurwaarde kan derhalve variëren van 0 tot 16.777.216 (2^{24}). De kleurwaarde wordt opgebouwd uit de posities in de drie basiskleurentabellen, waarbij de videodigitizer ervan uitgaat dat deze posities overeenkomen met de intensiteiten.

Het gedigitaliseerde beeld wordt vervolgens uit het beeldgeheugen gelezen en in een bestand opgeslagen. Dit bestand bevat de kleurwaarde van elk beeldpunt. De rood- en groen-positie/intensiteit worden samen ondergebracht in een 16 bits woord, de blauw-intensiteit wordt in een byte opgeslagen. Het digitaliseren en opslaan gebeurt met een apart programma, VDIG.

De gedigitaliseerde beelden kunnen daarna worden ingelezen en bewerkt met het programma VVISTA of met het programma VIDEO. VIDEO bevat de versie van de weergave-module waarmee behalve berekende projecties ook videobeelden kunnen worden weergegeven en bewerkt. VVISTA bevat behalve deze module ook de projectie- en de edit-module.

Bij zowel VIDEO als VVISTA wordt naast het hoofdgeheugen ook het overlaygeheugen (8 bitplanes) en een kruisdraad gebruikt. De gebruikte grafische apparatuur beschikt niet over een extra kleurentabel voor het overlaygeheugen en de kruisdraad. Hiervoor moet dus gebruik gemaakt worden van dezelfde kleurentabel als voor het hoofdgeheugen.

Aangezien het overlaygeheugen uit 8 bitplanes bestaat, kan de kleurwaarde van een overlaybeeldpunt slechts variëren van 0 t/m 255, waarbij zowel naar rood, groen als blauw-intensiteiten moet worden verwezen. Dit betekent dat de kleuren voor het overlaygeheugen op een andere manier in de kleurentabel moeten worden ondergebracht dan voor het hoofdgeheugen. Daarom zijn bij VVISTA en VIDEO de drie kleurentabellen gesplitst in een algemeen deel (voor de kruisdraad), een deel voor de overlay en een deel voor het hoofdgeheugen.

In schema ziet de organisatie van de kleurentabel er alsvolgt uit:

KLEURENTABEL

tijdens het digitaliseren: (volledige vaste inhoud)				in VVISTA en VIDEO (opgedeeld in drie delen)				
intensiteiten				intensiteiten				
Rood	Groen	Blauw	positie	Rood	Groen	Blauw		
0	0	0	0	0	0	0	achtergrond	
1	1	1	1	102	102	102	kruisdraad	
2	2	2	2	255	255	255	kruisdraad	
3	3	3	3	150	150	150	grid	
4	4	4	4				reserve	
5	5	5	5	255	0	0	rood	o
6	6	6	6	255	255	0	geel	v
7	7	7	7	0	255	0	groen	e
8	8	8	8	0	255	255	cyaan	r
9	9	9	9	0	0	255	blauw	l
10	10	10	10	255	0	255	magenta	a
11	11	11	11	255	255	255	wit	y
.	.	.	.	overige overlay				
.	.	.	.	kleuren				
169	169	169	169	(variabel)				
170	170	170	170	0	0	0		h
171	171	171	171	3	3	3	(vaste	o
172	172	172	172	6	6	6	inhoud)	o
173	173	173	173	9	9	9		f
174	174	174	174	12	12	12		d
.	.	.	.	.	.	.		g
.	.	.	.	.	.	.		e
.	.	.	.	.	.	.		h
.	.	.	.	.	.	.		e
253	253	253	253	249	249	249		u
254	254	254	254	252	252	252		g
255	255	255	255	255	255	255		e
								n

Verschil tussen kleurgebruik bij hoofdgeheugen en overlaygeheugen.

Bij het vullen van het overlaygeheugen verwijst de beeldpuntwaarde (1 byte) naar één positie van de kleurentabel. De intensiteiten van de drie kleurentabellen worden op die positie opgezocht en gecombineerd tot de beeldpuntkleur.

Bij het vullen van het hoofdbeeldgeheugen verwijst de beeldpuntwaarde (3 bytes) naar drie verschillende posities op de kleurentabellen en combineert de op die posities gevonden kleurintensiteiten tot de kleurwaarde van een beeldpunt. Daarom kunnen op het hoofdbeeldgeheugen met een kortere kleurentabel veel meer kleuren worden weergegeven dan op het overlay-geheugen.

Het algemene deel van de kleurentabel

In het algemene deel van de VIDEO/VVISTA-kleurentabel wordt voor de achtergrondkleur (positie 0 op alle tabellen) standaard zwart opgegeven, maar deze kan door de gebruiker worden aangepast. Voor de kruisdraad zijn twee vaste kleuren opgenomen: grijs (102,102,102) en wit (255,255,255). De gebruiker kan tussen deze twee kleuren van de kruisdraad wisselen. Daarnaast is een iets lichtere kleur grijs (150,150,150) opgenomen voor het grid, die door de gebruiker niet kan worden gewijzigd. Het grid wordt (op aanvraag van de gebruiker) op het overlay-geheugen getekend.

Het deel voor het overlaygeheugen

In het deel van de overlaykleuren worden bij het aanmaken van een model standaard de in het schema aangegeven 7 kleuren in de kleurentabel gezet. Deze kleuren kunnen door de gebruiker worden gewijzigd en aangevuld tot kleurpositie 169. Dit betekent dat een afbeelding op het overlaygeheugen maximaal 165 verschillende kleuren kan bevatten (van positie 5 t/m 169). De benodigde kleuren worden per afbeelding in de kleurentabel geladen, waarbij gekozen kan worden uit de volledige range van 0 tot ca. 16 miljoen kleuren (dit omdat per kleur in de kleurentabel 24 bits ter beschikking staan).

Het deel voor het hoofdgeheugen

Het deel van de kleurentabel dat is gereserveerd voor het gedigitaliseerde videobeeld heeft een (min of meer) vaste inhoud, waarbij de intensiteiten met sprongetjes van 3 oplopen, van positie 170 t/m 255 (86 posities). Hiermee wordt het aantal voor het videobeeld beschikbare kleuren teruggebracht tot 86 x 86 x 86 kleuren = 636.056 verschillende kleuren (combinaties van de 3 basiskleuren op de posities 170 t/m 255). Zo is ruimte in de kleurentabel ontstaan voor de overlay.

Wanneer het gedigitaliseerde videobeeld vanaf het bestand wordt ingelezen, worden de kleurwaarden, die oorspronkelijk gebaseerd zijn op de volledige kleurentabel, gecomprimeerd tot de kleurwaardenrange van de gesplitste kleurentabel. Het verschil tussen het gebruik van de volledige kleurentabel en de gereduceerde tabel is met de gebruikte beelden niet zichtbaar gebleken.

De gebruiker kan ook dit deel van de kleurentabel aanpassen, om bijvoorbeeld de kleurtint van een gedigitaliseerd beeld iets te verschuiven. Zo kan hij/zij de minimum of de maximum kleurintensiteit van de kleurenrange van één of meerdere basiskleuren veranderen. De programmatuur zorgt er dan voor dat de kleurintensiteiten tussen de aangegeven range wordt verdeeld.

Omdat voor het hoofdgeheugen de kleur van een beeldpunt wordt samengesteld uit verschillende posities van de drie kleurentabellen kan het veranderen van een enkele kleurintensiteit op een bepaalde positie in één van de tabellen gevolgen hebben voor de kleur van beeldpunten die, in een andere combinatie, ook van die kleurpositie in die tabel gebruik maakt. Daarom dient het veranderen van samengestelde kleuren niet via de kleurentabel te geschieden, maar door de beeldpunten met een andere kleurwaarde te overschrijven (zie par. 5.5.4 van de hoofdtekst).

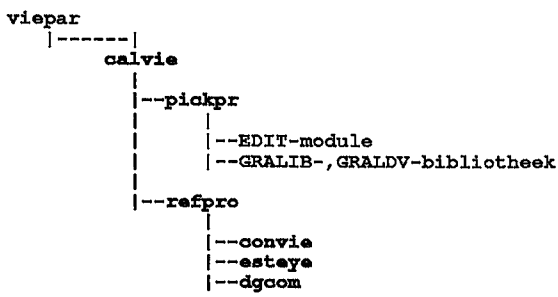
9 DE BEREKENING VAN ZICHTPARAMETERS VAN GEDIGITALISEERDE VIDEOBEELDEN

Wanneer door de gebruiker de fotomontage-optie van de projectie-module wordt gekozen, wordt door de subroutine viepar (zie paragraaf 5 van deze bijlage) de subroutine *calvie* aangeroepen. Deze routine ondersteunt het afstemmen van de zichtparameters van de projectie met die van het gedigitaliseerde beeld. *Calvie* roept onder andere de subroutines *pickpr* en *refpro* aan. *Pickpr* verzorgt de interactie voor het invoeren van de benodigde referentiepunten. Hiervoor worden door *pickpr* een aantal sub-

routines van de EDIT-module aangeroepen en van de grafische bibliotheken *GRALIB* en *GRALDV*.

In *refpro* vindt de iteratie voor de bepaling van de zichthoek plaats. *Refpro* roept de subroutines *esteye, convie* en *dgcom* aan. *Esteye* berekent een eerste benadering van oog- en focuspunt op grond van vier, in één vlak gelegen referentiepunten. *Convie* berekent uit de eerste schatting van oogpunt en focuspunt de draaiïngshoeken die gebruikt worden als invoer van *dgcom*. *Dgcom* berekent in een iteratief proces de nauwkeurige camera-oriëntatie ten opzichte van het modelcoördinatenstelsel. *Dgcom* is afkomstig van de vakgroep Landmeetkunde van de LUW.

In schema:



De subroutine Calvie

De subroutine *calvie* wordt door de subroutine viepar van de projectie- module aangeroepen, na keuze van de optie "P" (fotomontage). In deze subroutine wordt aan de gebruiker gevraagd of de eerste benadering van het oogpunt aan de hand van grafisch ingevoerde referentiepunten moet worden berekend of dat deze direct alfanumeriek door de gebruiker wordt ingevoerd of dat het huidige oogpunt moet worden aangehouden.

Indien het oogpunt moet worden berekend dan wordt de gebruiker (via het aanroepen van de subroutine *pickpr)* verzocht 4 referentiepunten aan te wijzen die in één vlak liggen. Deze 4 punten worden gebruikt als invoer voor de subroutine *esteye*.

Vervolgens wordt de gebruiker verzocht om (aanvullende) referentiepunten op te geven voor de iteratieve berekening van de zichtparameters met behulp van de subroutine *dgcom*. Om de berekening zo nauwkeurig mogelijk te doen plaatsvinden moeten deze referentiepunten juist niet in één vlak liggen. Hierna kan worden aangegeven of oogpunt of zichthoek of beide constant moeten worden gehouden om de iteratie in een bepaalde richting te sturen.

Vervolgens wordt de subroutine *refpro* aangeroepen, voor de berekening van de zichthoek, het oogpunt en het focuspunt. Indien de berekening succesvol is verlopen worden de gevonden waarden van de zichtparameters in globale variabelen (common) ondergebracht en op het beeldscherm weergegeven.

De subroutine pickpr

De subroutine *pickpr* wordt in een loop door *calvie* aangeroepen totdat de gebruiker een "*" heeft ingevoerd, waarmee wordt aangegeven dat de invoer wordt beeindigd en de berekening kan beginnen.

Pickpr verzorgt de interactie voor het invoeren van de referentiepunten. Van de referentiepunten moeten zowel de beeldpuntposities op het gedigitaliseerde beeld als de modelcoördinaten worden ingevoerd. De beeldpuntposities worden aangewezen op het afgebeelde gedigitaliseerde beeld. De modelcoördinaten kunnen door de gebruiker alfanumeriek worden ingevoerd, maar kunnen ook op het model worden aangewezen, indien het referentiepunt deel uitmaakt van het model.

Wanneer gekozen is om de modelcoördinaten aan te wijzen, dan worden het hoofdbeeldgeheugen en het overlay-geheugen afwisselend zichtbaar gemaakt. Op het hoofdbeeldgeheugen is het gedigitaliseerde videobeeld afgebeeld. Hierop wordt steeds een referentiepunt aangewezen, waarna het overlaygeheugen zichtbaar wordt met een door de gebruiker opgevraagd aanzicht van het computermodel. Deze aanzichten worden via het aanroepen van subroutines van de edit-module op het scherm gebracht. Verschillende aanzichten van objecten en vlakken kunnen worden opgevraagd om het corresponderende vlak te vinden.

Tenslotte wordt op de orthogonale projectie van het gevonden vlak het corresponderende punt aangewezen. De schermcoördinaten van het aangewezen punt worden in modelcoördinaten omgerekend door vermenigvuldiging met de inverse matrix van de door de edit-module gebruikte matrix voor de berekening van de orthogonale projectie van het vlak. Daarna wordt teruggegaan naar de subroutine *calvie.*

De subroutine refpro

Als geen eerste benadering van het oogpunt en het focuspunt hoeft te worden berekend (m.b.v. *esteye),* wordt in *refpro* allereerst *convie* aangeroepen voor de berekening van draaiingshoeken uit oog- en focuspunt, die nodig zijn als invoer voor de subroutine *dgcom.*

Indien door de gebruiker is aangegeven dat de zichthoek constant moet worden gehouden, wordt *dgcom* eenmaal aangeroepen waarna wordt teruggekeerd naar *calvie.*

Anders vindt de iteratie plaats voor het bepalen van de zichthoek. Voor de iteratie wordt de array VA (van 5 elementen) geïntroduceerd, waarin verschillende waarden van de zichthoek worden geplaatst. Eerst worden VA(1) en VA(5) bepaald. Deze hoeken worden standaard op 20, respectievelijk 120 gezet. Wanneer al eerder (via viepar) een beeldhoek is ingevoerd, dan wordt VA(1) op 20 kleiner en VA(5) op 20 groter dan die hoek gezet (tenzij de beeldhoek kleiner is dan 20, in dat geval wordt voor VA(1) de helft van de hoek genomen). De waarden van VA(2), VA(3) en VA(4) worden alsvolgt bepaald:

```
VA(3) = (VA(1) + VA(5))/2
VA(2) = (VA(1) + VA(3))/2
VA(4) = (VA(3) + VA(5))/2
```

Voor de hoeken VA(2) en VA(4) wordt, via *dgcom*, de afwijking berekend tussen de posities van de referentiepunten in de projectie en hun posities in het videobeeld. De hoek waarbij de minst grote afwijking is gevonden wordt geplaats in VA(3), de hoeken aan weerszijden daarvan in VA(1) en VA(5).

Voorbeeld: als VA(2) de kleinste afwijking heeft dan wordt VA(5) = VA(3), VA(3) = VA(2) en VA(1) = VA(1). Hieruit worden de nieuwe VA(2) en VA(4) berekend zoals hierboven is aangegeven, waarna de afwijking opnieuw wordt berekend. Dit herhaalt zich totdat het verschil tussen VA(5) en VA(1) kleiner is dan een bepaalde tolerantiegrens (deze grens is op grond van ervaring met de programmatuur vastgesteld).

Daarna wordt *dgcom* nog eenmaal aangeroepen met de gevonden beeldhoek VA(3). De in *dgcom* berekende waarden van de camera-oriëntering worden tenslotte omgerekend naar oog- en focuspunt en met de waarde van de beeldhoek doorgegeven aan *convie.*

Indien ook een eerste benadering van het oogpunt en het focuspunt moeten worden berekend, dan wordt elke aanroep van *dgcom* vooraf gegaan door een aanroep van *esteye,* waarin die berekening plaatsvindt en een aanroep van *convie* voor de berekening van de draaiïngshoeken.

De iteratie wordt afgebroken als in dgcom voor geen van de beeldhoeken een waarde voor de zichtparameters is gevonden, waarna wordt teruggegaan naar de subroutine *convie.*

De subroutine convie

Deze subroutine berekent de invoergegevens voor de subroutine *dgcom.* Dit zijn de hoeken van de draaiïngen die in dgcom achtereenvolgens worden uitgevoerd voor de bepaling van de camera-oriëntatie ten opzichte van het modelcoördinatenstelsel.

De draaiïngshoeken worden berekend op grond van de zichtlijn (de vector van oogpunt naar focuspunt). Van deze vector wordt bepaald met welke hoeken om de X- en Y-as gedraaid moet worden om deze te laten samenvallen met de Z-as. Bij het bepalen van de hoek waarmee rond de Z-as gedraaid moet worden wordt ervan uitgegaan, dat de camera-positie een horizontale horizon oplevert (d.w.z. dat de camera niet rond de zichtrichting gedraaid is, dus rechtop was tijdens de opname).

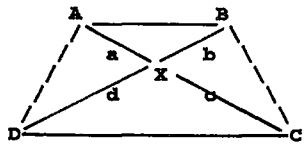
De gevonden transformatie wordt hiertoe ook uitgevoerd voor de eenheidsvector op de X-as. De hoek die het resultaat van deze transformatie met het originele XZ vlak maakt moet worden gecorrigeerd door een tegengestelde draaiïng rond de Z-as. Zodoende wordt een lijn die in het model horizontaal is, na de projectieberekening in dgcom, ook in het horizontale vlak afgebeeld.

De subroutine esteye

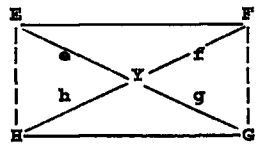
In deze subroutine wordt een eerste benadering van het oogpunt en het focuspunt berekend op grond van 4 referentiepunten waarvan zowel de modelcoördinaten bekend zijn als de projectiecoördinaten (de plaats op het videobeeld). Het projectiecoördinatenstelsel heeft als oorsprong het centrum van projectie (het oogpunt). Er wordt vanuit gegaan dat dit overeenstemt met het midden van het beeld. (Voor de gedigitaliseerde videobeelden moest een correctie worden uitgevoerd, omdat het optisch centrum daarvan niet overeenstemt met het centrum van het beeldgeheugen-kwadrant).

Ook moet de afstand tot het projectievlak bekend zijn. Deze wordt in *refpro* berekend uit de (geschatte) beeldhoek. De referentiepunten mogen niet in elkaars verlengde liggen.

Eerst worden de snijpunten berekend tussen alle mogelijke lijnen door paren van de opgegeven punten van het videobeeld. Hieruit wordt het snijpunt X geselecteerd van de diagonalen AC en BD van het vlak dat door de 4 punten wordt omsloten (zie figuur).



(video)projectie



model

Vervolgens wordt het snijpunt Y bepaald van de lijnen tussen de overeenkomstige puntenparen in modelcoördinaten (EG, FH) en de afstand van de referentiepunten t.o.v. het gevonden snijpunt: e,f,g,h (in de drie-dimensionale modelruimte).

Daarna worden de 4 verhoudingsfactoren berekend tussen de afstanden (e,f,g,h) en de overeenkomstige afstanden in het videobeeld (a,b,c,d). Door de coördinaten van de hoekpunt A,B,C en D te vermenigvuldigen met de bijbehorende verhoudingsfactor wordt een correctie toegepast op de projectie, zodat deze dezelfde vorm krijgt in projectiecoördinaten als het model. Op grond van het maatverschil tussen de lengtes van de gecorrigeerde projectiediagonalen ten opzichte van de diagonalen in het model wordt de schaalfactor bepaald tussen videobeeld en model.

Vervolgens worden de driedimensionale projectiecoördinaten berekend: de gecorrigeerde projectiecoördinaten worden vermenigvuldigd met de gevonden schaalfactor. De derde dimensie (de z-coördinaten) wordt berekend uit de afstand tot het projectvlak: deze wordt per referentiepunt vermenigvuldigd met de bijbehorende correctiefactor en met de negatieve schalingsfactor.

Uit de berekende driedimensionale projectiecoördinaten en de modelcoördinaten van de referentiepunten wordt de transformatiematrix van projectie- naar modelcoördinatenstelsel bepaald. Deze matrix is nodig voor de berekening van de modelcoördinaten van oog- en focuspunt. Aangezien het oogpunt het centrum van projectie is, zijn de projectiecoördinaten hiervan 0,0,0. Het focuspunt wordt op 0,0,-1 gezet, waarmee de richting recht in het beeldscherm wordt aangegeven. Door vermenigvulding van

deze punten met de transformatiematrix worden de modelcoördinaten van oog- en focuspunt verkregen. Deze worden tenslotte aan de subroutine *refpro* doorgegeven.

De subroutine dgcom

Deze subroutine berekent de camera-oriëntatie ten opzicht van het model op grond van een aantal referentiepunten en een eerste schatting van het oogpunt en de draaiïngshoeken zoals die zijn berekend in *convie.*

In een iteratief proces wordt steeds een transformatiematrix voor de camera-oriëntatie berekend en met de opgegeven modelpunten vermenigvuldigd. De zo berekende projecties van de modelpunten worden vergeleken met de opgegeven projectiecoördinaten. Uit de verschillen daartussen worden correctiewaarden berekend voor het geschatte oogpunt en de draaiïngshoeken. Op grond van de gecorrigeerde camera-oriëntering worden daarna opnieuw de transformatiematrix en de projectiecoördinaten berekend, totdat de correctiewaarde kleiner is dan een bepaalde tolerantiegrens en de gewenste nauwkeurigheid is bereikt. De gevonden waarden worden dan doorgegeven aan de subroutine *refpro.*

De iteratie wordt afgebroken als geen inverse matrix kan worden berekend (deze is nodig voor het berekenen van de correctiewaarde) of als na een bepaald aantal iteraties de gewenste nauwkeurigheid niet is bereikt.

Voor meer informatie over de berekening wordt verwezen naar de vakgroep Landmeetkunde van de LUW (Molenaar 1986, Albertz).

10 PERSPECTIVISCHE VERVORMING VAN BEELDFRAGMENTEN

In de video-module kan via het video-commandmenu een perspectivische vervorming van een beeldfragment worden uitgevoerd. Deze vervorming wordt bepaald door het verschil in vorm tussen het omlijnde, gecopi- eerde beeldfragment (het bronbeeld) en de polygoon op de plaats van bestemming (het objectbeeld). Beide vormen zijn door de gebruiker ingevoerd.

De ingevoerde vormen van de beeldfragmenten moeten aan weerszijden begrensd zijn door vertikale randen. Bij de vervorming blijven de vertikale kolommen vertikaal. Hiermee wordt verondersteld dat de kijkrichting evenwijdig is met het grondvlak, een tweepuntsperspectief dus.

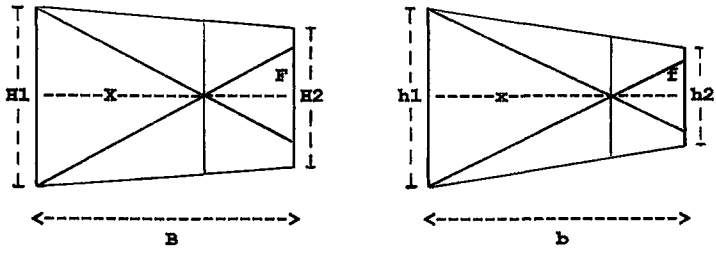
De perspectvische vervorming wordt in twee stappen berekend. Eerst wordt per nieuwe kolompositie de overeenkomstige kolom in het bronbeeld bepaald via de zogenaamde kolomformule. Vervolgens wordt de boven- en de ondergrens van elke kolom bepaald en de grootte van het oude "beeldpunt" ten opzichte van de echte beeldpunten in het objectbeeld.

De kolomformule

De afleiding van de gehanteerde formule gebeurt aan de hand van figuur 1 (zie onder).

De hoogtes H1 en H2 van het bronbeeld moeten worden omgezet naar de hoogtes h1, repsectievelijk h2 van het objectbeeld. Evenzo moet het deel F van hoogte H2 worden afgebeeld op f van hoogte h2. Voor een evenredige vervorming zal moeten gelden: F : H2 = f : h2.

Bij de vervorming wordt het objectbeeld in horizontale richting afgewerkt, waarbij steeds 1 beeldpunt in x-richting wordt opgeschoven. Met behulp van de diagonale verbindingslijnen tussen h1 en f en tussen H1 en F wordt de formule afgeleid voor de berekening van de positie x van de overeenkomstige kolom in het bronbeeld.



figuur 1

- H1,h1,H2,h2,B,b zijn bekende grootheden (deze kunnen eenvoudig worden berekend op grond van de door de gebruiker ingevoerde hoekpunten van de beeldfragementen).
- x is een variabele die op het moment van de berekening bekend is (deze wordt steeds met 1 opgehoogd).
- F en f zijn onbekende hulpvariabelen.
- X is de te berekenen afstand van de overeenkomstige kolom in het bronbeeld ten opzichte van de kolom bij H1.

Uit deze figuur kunnen we het volgende afleiden:

$$\frac{X}{B-X} = \frac{H1}{F} \quad (1) \qquad \frac{x}{b-x} = \frac{h1}{f} \quad (2) \qquad \frac{F}{f} = \frac{H2}{h2} \quad (3)$$

anders geschreven (positieve waarden):

$$X = \frac{H1.(B-X)}{F} \quad (1) \qquad f = \frac{h1.(b-x)}{x} \quad (2) \qquad F = \frac{H2.f}{h2} \quad (3)$$

invullen in (3) geeft:

$$F = \frac{H2}{h2} \cdot \frac{h1.(b-x)}{x} \quad \text{dus} \quad \frac{1}{F} = \frac{h2.x}{H2.h1.(b-x)} \quad (4)$$

invullen in (1) geeft:

$$X = \frac{H1.(B-X).h2.x}{H2.h1.(b-x)} \text{ met } C = \frac{H1.h2}{H2.h1} \text{ wordt } X = \frac{C.(B-X).x}{(b-x)} \quad (5)$$

uit (5):

$$X.(b-x) = C.B.x - C.X.x \text{ of } X.(b-x) + X.(C.x) = C.B.x \text{ of}$$

$$X.(b-x+C.x) = C.B.x \text{ of } X = \frac{C.B.x}{(b - (1-C).x)}$$

neem :

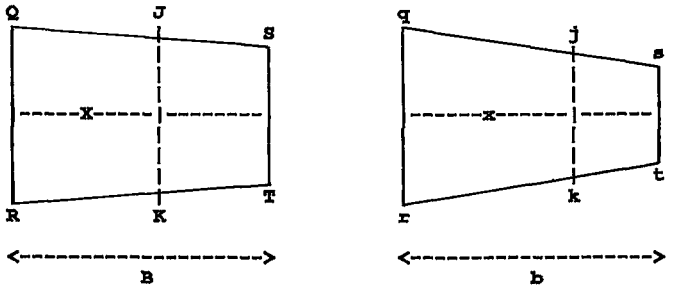
$C1 = C.B$ en $C2 = 1-C$

$$\text{dan is } X = \frac{C1.x}{(b - C2.x)} \text{ met } C1 = \frac{H1.h2.B}{H2.h1} \text{ en } C2 = 1 - \frac{H1.h2}{H2.h1}$$

Bepaling van de rijposities

De boven- en ondergrens van alle tussen de grenzen van het fragment gelegen kolommen moeten worden bepaald, zowel van het objectbeeld als van de overeenkomstige kolommen in het bronbeeld.

Dit gebeurt op basis van de y-waarden van de bekende punten **Q,R,S,T** en **q,r,s,t** van bronbeeld, respectievelijk objectbeeld en de in de kolom- formule berekende kolomposite X van het bronbeeld bij de variabele x in het objectbeeld (zie figuur 2).



figuur 2

De rijnummers worden met de volgende formules bepaald:

```
YJ = YQ + X/B * (YS - YQ)
Yk = YR + X/B * (YT - YR)
yj = yq + x/b * (ys - yq)
yk = yr + x/b * (yt - yr)
```

Tenslotte moet de verdeling van de pixelkleuren over de kolom worden berekend. Als kolom JK (bronbeeld) uit n pixels bestaat, dan moeten deze verdeeld worden over jk/JK * n nieuwe beeldpunten van de kolom jk in het objectbeeld. Bij de optie "P" van het video-commandmenu worden bij verkleining zo nu en dan beeldpunten van het

bronbeeld overgeslagen, bij de optie "M" worden evenredige kleuren berekend waarbij de kleuren van de aangrenzende pixels worden meegenomen. Voor meer bijzonderheden over de perspectivische vervorming wordt verwezen naar de scriptie van A. Keetman (1989).

11 ONTWIKKELDE BEELDVERBETERINGSTECHNIEKEN

In de video-module kan via het video-commandmenu de optie "Image enhancement" worden opgegeven evenals de optie "Laplace contrast" (een voorbeeld van convolutie). Hieronder wordt eerst het geheel op de vakgroep Informatica ontwikkelde image enhancement behandeld. Daarna volgt een korte toelichting op het gebruikte Laplace-filter.

11.1 Image enhancement

Waneer de optie "Image enhancement" wordt gekozen dan wordt eerst door de programmatuur een histogram opgesteld van het zojuist ingelezen beeld (-fragment). Het histogram geeft een verdeling van de intensiteiten over het beeld. Deze intensiteiten betreffen de zwart-wit component van het beeld. Bij elk beeldpunt wordt een zogenaamde grijswaarde en kleuropwaarden onderscheiden. De grijswaarde is de laagste intensiteitswaarde van de drie basiskleuren.

Voorbeeld: een beeldpunt heeft de volgende intensiteitswaarden:

```
200 voor rood
250 voor groen
230 voor blauw
```

In dit geval is de grijswaarde van het beeldpunt 200. De zogenaamde "opwaarden" van het beeldpunt zijn voor groen 50 en voor blauw 30.

De opwaarden bepalen de kleur van het beeldpunt. De grijswaarde kan worden gezien als een maat voor de bijmenging met grijs, varierend van wit tot zwart: hoe groter de grijswaarde, des te lichter is de beeldpuntkleur.

Het histogram wordt in een grafiek getoond. Langs de ene as wordt de frekwentie van het voorkomen van de grijswaarden uitgezet, langs de andere as de grijswaarden, oplopend van kmin (170) tot kmax (255), (met intervallen van 5). 170 is de minimum waarde in de kleurentabel. De kleurintensiteit op die plaats in de kleurentabel is 0. De kleurintensiteiten lopen in werkelijkheid op in intervallen van 3 (zie paragraaf 8 van deze bijlage). Terwille van de eenvoud wordt hier over kleurwaarden gesproken, maar het zijn eigenlijk de kleurentabelwaarden.

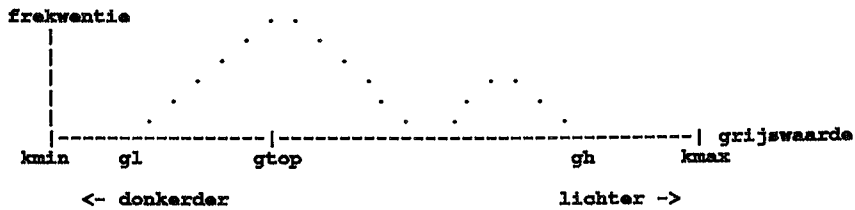
De image enhancement programmatuur biedt drie middelen tot aanpassing van een video kleurenbeeld:
- verschuiving van de grijstoon
- versterking of afzwakking van de kleur
- contrastverhoging

Verschuiving van de grijstoon

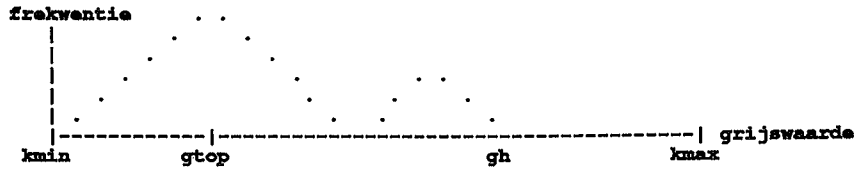
Om een beeld lichter of donkerder te maken kan de gebruiker een verschuivingswaarde opgeven. Deze waarde wordt dan door de programmatuur opgeteld bij de grijswaarde van elk beeldpunt (zie figuur 1). Een positieve waarde maakt het beeld lichter, een negatieve waarde maakt het donkerder.

Figuur 1. De grijstoon van het beeld.

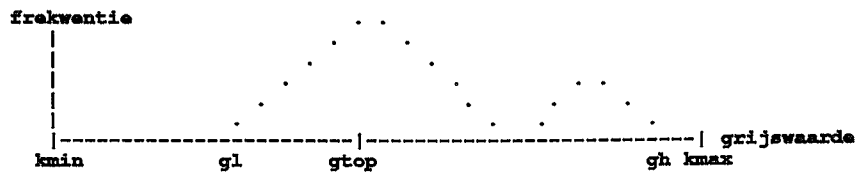
Voorbeeld: histogram van grijswaardefrekwenties
(zwart=kmin, wit=kmax)



Naar donker verschoven:



Naar lichter verschoven:



Maximale verschuiving.

Er zijn grenzen aan de verandering van de grijstoon van het beeld. Tengevolge van zo'n verschuiving kan de kleurwaarde van een beeldpunt de minimum kleurwaarde (kmin) of de maximum kleurwaarde (kmax) overschrijden. Hierdoor treedt kleurverandering op bij die beeldpunten.

Verschuiving naar donker

Bijvoorbeeld een pixel heeft rood = 180, groen = 200, blauw = 210 en de verschuiving is -20. Na berekening wordt rood = 160, groen = 180 en blauw = 190. De kleurwaarde van rood overschrijdt nu het minimum van 170 (kmin) en zal dus op 170 moeten worden gezet om binnen de toegestane kleurwaarden te blijven. De oorspronkelijke kleurmenging groen/blauw van 20/30 verandert dan in een verhouding 10/20, hetgeen resulteert in een verkleuring.

Naar donker kan derhalve maximaal een verschuiving worden toegepast die de waarde heeft van het verschil tussen de minimum waarde kmin en de laagst gemeten kleurwaarde. Aangezien die laagste kleurwaarde gelijk is aan de grijswaarde van dat beeldpunt, hoeft bij een negatieve verschuivingswaarde niet naar de kleuropwaarden te worden gekeken. De maximale kleurverschuiving naar donker die kan worden toegepast zonder dat ongewenst verkleuring optreedt, kan dus als volgt worden berekend:

```
vdonk = kmin - gl  (1)   waarbij:

vdonk = maximale verschuiving naar donker (negatief)
kmin  = de minimum kleurintensiteit
gl    = de laagst gemeten grijswaarde in het beeld
```

Verschuiving naar lichter

Bij de verschuiving naar lichter moet wel rekening worden gehouden met de kleuropwaarde.

Voorbeeldpixel:

```
                 190              220    230
rood  170-----------------------|--------------------255
groen 170------------------------------|-------------255
blauw 170-------|-----------------------------------255
          'grijs'= 190       rood=+30  groen=+40
```

Deze pixel heeft een grijswaarde van 190, nl. de laagste waarde van de drie kleuren (hier dus blauw). De grootste kleuropwaarde is 40, nl. het verschil tussen de hoogste kleurwaarde (hier groen= 230) en de grijswaarde van 190. Om de maximaal toegestane positieve verschuivingswaarde te berekenen wordt door de programmatuur een kleuropwaardentabel bijgehouden. De kleuropwaardetabel bevat per grijswaarde van het betrokken beeld de grootste opwaarde van alle beeldpunten met die grijswaarde.

Voorbeeld kleuropwaarde tabel:

Er is binnen de kleuropwaarden een kritieke opwaarde bij grijswaarde gk, waarbij de ruimte voor verschuiving naar lichter het kleinst is. De maximale positieve verschuiving is dan:

```
kmax - gk - opwaarde(gk).
```

Een grotere verschuiving geeft zeker voor het beeldpunt met die kritieke waarden een verkleuring, omdat dan bij dat beeldpunt de maximaal toegestane kleurwaarde wordt overschreden.

Bijvoorbeeld: het kritieke beeldpunt heeft de kleurwaarden:

```
rood = 210, groen = 230, blauw = 240.
```

De kritieke grijswaarde is 210, de kritieke opwaarde is 30, de maximale verschuiving is dus 15. Wordt een verschuiving van +20 toegepast, dan worden de nieuwe kleurwaarden van het beeldpunt:

```
rood = 230, groen = 250, blauw = 260.
```

Blauw moet binnen het kleurwaardenbereik blijven, deze moet dus terug naar 255 en de kleurmenging van groen/blauw verandert van 20/30 naar 20/25. Er treedt dus verkleuring op.

De kritieke grijswaarde (gk) wordt bepaald door voor alle grijswaarden tussen de topfrekwentie (gtop) en de hoogste grijswaarde (gh) het verschil te bepalen tussen de maximaal toegestane kleurintensiteit (kmax) en de maximale kleurwaarde die voorkomt bij die grijstoon. (Deze maximale kleurwaarde is de som van de grijswaarde en de in de tabel geregistreerde maximale kleuropwaarde bij die grijswaarde). Bij elke grijswaarde tussen top en gh wordt de waarde:

```
kmax - (grijswaarde + max. kleuropwaarde) bepaald.
```

De grijswaarde waarvoor die waarde het kleinst is, is de kritieke grijswaarde. Deze kleinste waarde komt overeen met de maximaal mogelijke kleurverschuiving naar licht (vlicht) die kan worden toegepast, zonder dat intensiteitsoverschrijding plaatsvindt. Dus:

```
vlicht = kmax - (gk + opw(gk))  (2)  waarbij:

vlicht = de maximale verschuiving naar licht
kmax   = de maximaal toegestane kleurintensiteit
gk     = de kritieke grijswaarde
opw(gk)= de maximale opwaarde bij k
```

Versterking/afzwakking van de kleur

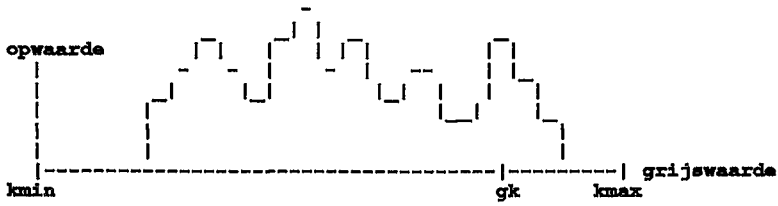
De kleur van het videobeeld kan worden aangepast door een kleurfaktor van 0.0 tot 10.0 op te geven. Een faktor 1.0 laat de kleur zoals die is, een lagere faktor maakt de kleur zwakker, een hogere faktor maakt de kleur sterker.

Bij kleuraanpassing wordt per individuele beeldpunt de kleuropwaarden van rood, groen en/of blauw met de kleurfactor vermenigvuldigd. De nieuwe kleurwaarde wordt dan:

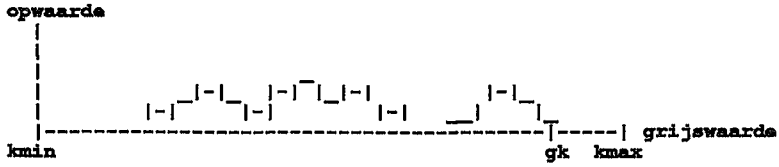
```
grijswaarde + (kleurwaarde-grijswaarde) * kleurfaktor.
```

Voorbeeld kleuropwaarde tabel:

Na kleurversterking (bv. 1.5), gk schuift naar links:



Na kleurafzwakking (bv. 0.3), gk schuift naar rechts:



Voorbeeld:

Bij het beeldpunt met kleurwaarden: blauw=190, rood=220 en groen=230 worden bij een kleurfaktor van 1.5 de nieuwe kleurwaarden:

```
blauw: 190 + 1.5 * 0  = 190   (is gelijk aan de grijswaarde)
rood : 190 + 1.5 * 30 = 235
groen: 190 + 1.5 * 40 = 250.
```

De in de kleuropwaarde tabel geregistreerde maximale kleuropwaarden worden dan ook per grijswaarde met de kleurfaktor vermenigvuldigd. Dus de nieuwe max. opwaarde = oude max. opwaarde * kleurfaktor.

Bij kleurversterking (kleurfactor 1.0) is er kans op ongewenste verkleuring doordat hoge kleurwaarden na kleurversterking de maximale kleurwaarde kmax overschrijden.

Voorbeeld:

Een beeldpunt met kleurwaarden rood = 220, groen = 230 en blauw = 200. Wordt hierop een kleurfaktor 2.0 toegepast, dan worden de nieuwe kleurwaarden: rood = 240, groen = 260 en blauw = 200. Groen moet terug naar 255 en de kleurverhouding rood/groen gaat van 20/30 naar 40/55, een onbedoelde verkleuring.

De kritieke grijswaarde waarbij nog net geen kleuroverschrijding plaatsvindt, kan bij kleurversterking een lagere waarde krijgen. Doordat hogere kleuropwaarden kunnen voorkomen bij lagere grijswaarden is er kans dat na vermenigvuldiging de maximale kleurwaarde daar eerder wordt overschreden. De maximale kleurfactor die kan worden gekozen zonder dat intensiteitsoverschrijding plaatsvindt is:

$$kf = \frac{kmax - gk}{opw(gk)} \quad (3)$$ waarbij:

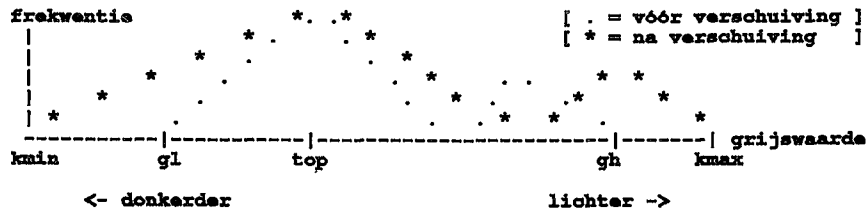
kf = de maximale kleurfactor
kmax = de maximaal toegestane kleurintensiteit
gk = de kritieke grijswaarde
opw(gk)= de kleuropwaarde bij k

Bij kleurafzwakking is het mogelijk dat de kritieke grijswaarde juist hoger wordt. De kleuropwaarden worden dan afgezwakt, waardoor de kritieke waarde naar kmax schuift.

Verhoging van het contrast

De derde mogelijkheid voor beeldverbetering is contrastverhoging van het beeld. Het contrast kan worden verhoogd door een betere intensiteitsverdeling in het beeld aan te brengen. De ontwikkelde programmatuur gaat uit van de grijstoon van het beeld: de minder frekwent voorkomende grijswaarden worden beter verdeeld, ten koste van de veel voorkomende grijswaarden. Dit heeft een verbreding van het histogram tot gevolg (zie het volgende figuur).

Histogram en contrastverhoging:



Voor een evenredige verdeling van de grijswaarden over het beeld wordt de contrastverhoging vanuit de top van het histogram toegepast. Bij maximale contrastverhoging wordt de laagste intensiteit kmin en de hoogste kmax. Als het histogram niet in het midden van het intensiteitsbereik ligt, dan kunnen 2 contrastfactoren worden onderscheiden: **claag** en **choog**, waarvan de kleinste de beperkende is. Claag en choog kunnen als volgt worden berekend (beide 1):

$$claag = \frac{gtop - kmin}{gtop - gl} \quad en \quad choog = \frac{kmax - gtop}{gh - gtop} \quad (4) \text{ en } (5)$$

waarbij:

claag = contrastfactor naar laag
choog = contrastfactor naar hoog
gtop = grijswaarde bij de top, grootste frekwentie van grijswaarde
gl = laagste in het beeld voorkomende grijswaarde
gh = hoogste in het beeld voorkomende grijswaarde
kmin = minimum intensiteit
kmax = maximum intensiteit

De nieuwe grijswaarden gxl (tussen gtop en kmin) en gxh (tussen gtop en kmax) kunnen nu als volgt worden berekend:

```
gxl = gtop - (gtop - gxl) * claag
gxh = gtop + (gxh - gtop) * choog
```

Om een zo groot mogelijke contrastverhoging te verkrijgen, moeten claag en choog aan elkaar gelijk zijn. Dit kan bereikt worden door eerst een verschuiving van de grijstoon toe te passen, zoals die hierboven is beschreven, zodanig dat het histogram in het midden van het intensiteitsbereik komt te liggen.

Om de gebruiker hierin te ondersteunen wordt deze benodigde verschuiving door de programmatuur berekend. Uit (4) en (5) kan de volgende gelijkheid worden opgesteld, waaruit de verschuiving vx kan worden berekend:

$$\frac{gtop + vx - kmin}{gtop - gl} = \frac{kmax - (gtop + vx)}{gh - gtop} \quad (6) \quad \text{waarbij:}$$

gtop = grijswaarde bij de top van het histogram
vx = te bepalen verschuivingswaarde
kmin = minimaal toegestane intensiteitswaarde
kmax = maximaal toegestane intensiteitswaarde
gl = de laagste grijswaarde van het histogram
gh = de hoogste grijswaarde van het histogram

In de formules (4), (5) en (6) wordt geen rekening gehouden met de kleuropwaarden van de beeldpunten. Toch moeten de kleuropwaarden wel in de berekening worden betrokken omdat ook door contrastversterking ongewenste kleurverandering kan optreden: zowel tengevolge van de benodigde verschuiving die wordt toegepast voor een beter contrast, als bij de contrastversterking zelf, kan de maximum kleurwaarde worden overschreden. Daarom moet voor de bepaling van de maximaal mogelijke contrastversterking, de kritieke grijswaarde worden berekend, de waarde waarbij de grijswaarde + de kleuropwaarde het dichtst bij de maximum kleurintensiteit (kmax) ligt. Als daarbij ook een kleurversterking wordt toegepast (zie subparagraaf 2.), dan moet bij de bepaling van de kritieke grijswaarde ook daar rekening mee worden gehouden. Formule (6) is daarom als volgt aangepast.

$$\frac{gtop + vx - kmin}{gtop - gl} = \frac{kmax - (kf * opw(gk)) - (gtop + vx)}{gk - gtop} \quad (7)$$

waarbij:
kf = de kleurfactor
gk = de kritieke grijswaarde
opw(gk) = de maximale kleuropwaarde bij de kritieke grijswaarde
vx = te bepalen verschuivingswaarde
kmin = minimale intensiteitswaarde
kmax = maximale intensiteitswaarde
gtop = de meest frekwente grijswaarde in het histogram
gl = de laagste grijswaarde in het histogram
gh = de hoogste grijswaarde in het histogram

Het linker deel van de formule vertegenwoordigt het contrast naar laag (claag). Dit deel is ongewijzigd gebleven, omdat van de veronderstelling is uitgegaan dat bij de lage grijswaarden in de regel geen extreem hoge kleuropwaarden zullen worden aangetroffen. Het gevaar van intensiteitsoverschrijding tengevolge van kleurversterking en/of contrastverhoging wordt bij de lage grijswaarden gering geacht. Voor de in het onderzoek gebruikte videobeelden is dit ook inderdaad juist gebleken (maar dit hoeft niet voor elk beeldmateriaal te gelden).

Het rechter deel van de formule vertegenwoordigt het contrast naar hoog (choog). In dit deel is de hoogste grijswaarde gh uit formule (6) vervangen door de kritieke grijswaarde gk, omdat dit in feite de bepalende grijswaarde is. Bovendien wordt nu rekening gehouden met het effect van een kleurversterkingsfactor op de kritieke kleuropwaarde opw(gk).

Voor de berekening van het maximaal mogelijke contrast bij een bepaalde kleurfactor moet zowel de ideale verschuiving als de kritieke grijswaarde bij het verschoven histogram worden berekend. Hiertoe wordt de verschuiving geïnitialiseerd op kmin - gl, de meest extreme verschuiving naar laag dus. Vandaar uit wordt de verschuivingswaarde steeds 1 verhoogd. Bij elke verschuivingswaarde wordt nu de bijbehorende kritieke grijswaarde berekend zoals eerder is beschreven bij de behandeling van kleurversterking. Dit wordt herhaald totdat het linker deel van de gelijkheid (claag) groter of gelijk wordt aan het rechterdeel. Op dat moment is de beste verschuivingswaarde bereikt.

Om inzicht te geven in de mogelijkheden van de contrastverhoging ten opzichte van de kleurfactor wordt in de programmatuur de bovenstaande bewerking voor een reeks van kleurfactoren uitgevoerd (4 kleurfactoren aan weerszijden van de door de gebruiker opgegeven kleurfactor).

Bij de behandeling van de kleurversterking/afzwakking hebben we gezien dat de kritieke grijswaarde ten gevolge van het toepassen van een kleurfactor naar links of naar rechts kan verschuiven. Dat betekent dat voor elke kleurfactor de kritieke grijswaarde opnieuw moet worden bepaald.

De reeks kleurfactoren met de bijbehorende ideale verschuivingswaarden en maximaal mogelijke contrastfactoren wordt in een tabel gepresenteerd. De gebruiker kan nu gefundeerd een afweging maken hoeveel kleurversterking en welke contrastverhogingsfactor het best kan worden toegepast. De ideale verschuiving van het grijswaardendiagram wordt daarbij automatisch toegepast. De gebruiker kan echter ook onafhankelijk van contrastversterking een "eigen" verschuiving opgeven.

11.2 Laplace filter

Met een Laplace filter kan het lokale contrast van een (zwart-wit) beeld verhoogd (of verlaagd) worden. Het effect van contrastverhoging is een accentuering van de in het beeld aanwezige intensiteitsovergangen (randen). (Videorecorders doen een dergelijke bewerking vaak al op het analoge videosignaal.) Wanneer een grote contrastfactor wordt gebruikt, ontstaat een onnatuurlijk beeld, hetgeen voor de beeldanalyse meestal niet bezwaarlijk is, maar voor visualiseringsdoeleinden natuurlijk wel.

De methode gaat uit van een beeldpuntomgeving, uitgedrukt in een matrix van beeldpunten (meestal 3 x 3).

Een 3 x 3 matrix van beeldpunten:

P1	P2	P3
P4	P5	P6
P7	P8	P9

Het beeldpunt in het midden (P5) heeft een bepaald intensiteitsverschil met zijn omringende beeldpunten (P1 t/m P4 en P6 t/m P9). Dit intensiteitsverschil (iv) is vast te stellen met de formule:

$$iv = (9 * P5 - \sum_{i=1}^{9} Pi) / 8$$

Het intensiteitsverschil van beeldpunt P5 met zijn omgeving kan worden vergroot of verkleind door middel van een contrastfaktor (cf). De nieuwe waarde van P5 wordt dan als volgt berekend:

```
P5 = P5 + cf * iv
```

Het intensteitsverschil wordt vergroot indien cf > 1.0 en verminderd indien 0.0 < cf < 1.0. Bij cf = 0.0 blijft het intensiteitsverschil ongewijzigd, is cf < 0.0 dan wordt het verschil "omgedraaid".

Bij het gebruik van kleurenbeelden kunnen voor P1 t/m P9 de volledige kleurintensiteiten worden ingevuld, maar er kan ook met het grijsaandeel van de beeldpunten worden gewerkt, zoals bij de hierboven beschreven ontwikkelde image enhancement programmatuur is gedaan.

Indien de gehele kleurwaarde wordt gebruikt, moet de bewerking per basiskleur worden toegepast. Dit heeft echter niet alleen contrastverhoging tot gevolg, maar leidt meestal ook tot kleurverandering. Het intensiteitsverschil met de omliggende beeldpunten kan immers per basiskleur verschillend zijn. De berekende nieuwe intensiteit kan daardoor per basiskleur sterk verschillen, zodat een verkleuring optreedt.

Het is duidelijk dat het Laplacefilter moet worden toegepast op het grijsaandeel van de beeldpunten. Wel moet ook dan rekening worden gehouden met eventuele onbedoelde verkleuringen tengevolge van de overschrijding van de minimale of de maximale kleurintensiteit.

Bij de bepaling van de beeldpuntomgeving, wordt gewoonlijk uitgegaan van equidistante beeldpunten. Videobeelden hebben echter rechthoekige beeldpunten (x : y = 4 : 3). Dit betekent dat niet gewerkt kan worden met gehele getallen, zodat de berekening langer duurt.

Opmerking

De voor onze toepassing gebruikte gedigitaliseerde beelden hadden in het algemeen een smal histogram, met een top die vrij dicht bij de maximum kleurintensiteit lag. Met de eerder beschreven image enhancement methode, die vooral gebaseerd is op het zo gunstig mogelijk verdelen en verbreden van het histogram, kon een veel beter effect worden bereikt dan met het Laplace filter. Vaak moest het contrast zodanig worden vergroot, dat met de laatste methode een onnatuurlijk beeld zou zijn ontstaan. Mede door de relatief grote rekenintensiteit van het Laplace filter is de bruikbaarheid van deze methode voor onze toepassing tot nu toe slechts summier onderzocht.

12 SPECIFICATIES VOOR HET KOPPELEN VAN HET MODEL AAN EEN BEELDENBIBLIOTHEEK

Het vervangen van natuurlijke elementen in computerprojecties door videobeeldfragmenten, terwille van het verkrijgen van een natuurlijker aanblik, gebeurt nu nog geheel handmatig. Een koppeling van het model aan een beeldenbibliotheek van natuurlijke elementen zou veel van dit handwerk kunnen besparen.

In de grafische editor is een mogelijkheid aanwezig om objecten van een ander model te copiëren, waarna door translatie en schaalaanpassing het object in het model wordt opgenomen. Ook is er reeds een bescheiden symbolenbibliotheek opgebouwd, bestaande uit een aantal modellen die een groep gelijksoortige symbolen bevatten (een model met bomen en één met straatmeubilair). Deze symbolen zijn meestal opgebouwd uit meerdere objecten, maar via groepsnamen kan elk symbool als een eenheid worden behandeld.

Aan deze driedimensionale symbolen zouden bijpassende videobeeldfragmenten kunnen worden gekoppeld. In de editor werkt de gebruiker met de symbolen, maar zodra een projectie van het model op het scherm wordt gezet, dan zou de projectie vervangen moeten worden door het bijbehorende videobeeldfragment. De berekende projectie van het symbool geeft de indicatie van de plaats en de grootte van het te plaatsen videofragment. Door ook de diepte-informatie van de geprojekteerde symbolen te bewaren zou zelfs met kleurvervaging, gerelateerd aan de afstand kunnen worden gewerkt.

Om deze automatische vervanging van symbolen door videofragmenten te realiseren, zal de programmatuur op een aantal punten moeten worden aangepast. Ten eerste moet in de editor, bij elk object kunnen worden aangegeven of het later door een videobeeld moet (kunnen) worden vervangen en zo ja door welk fragment. De gebrui-

ker zou zo een eigen symbolenbibliotheek kunnen opbouwen, gekoppeld aan videobeelden. Ook zouden in een model specifieke, aan beeldfragmenten gekoppelde elementen kunnen worden toegevoegd. De beeldfragementen zouden kunnen worden aangeduid met namen die verwijzen naar het bestand waarin ze zijn opgeslagen.

Deze informatie moet tijdens de berekening van de projectie (in de VIEW-module) worden bewaard en in de displayfile worden opgeslagen. De displayfile zou hiertoe met de volgende gegevens moeten worden uitgebreid:
- de schaal van het model (ten opzichte van een gehanteerde eenheids- schaal, waarin ook de videobeelden zijn uitgedrukt)
- per polygoon het erbij behorende objectnummer
- per object(nummer) de naam van het videobeeldfragment waardoor het moet worden vervangen
- per object de afstand van het voorvlak tot het oogpunt (in de schaal van het model)
- per polygoon een zichtbaarheidsvlag: de verscholen delen van de objecten moeten wel bewaard blijven, opdat het videobeeldfragment "gecentreerd" in het silhouet terechtkomt.

In de VIEW-module zal de programmatuur op deze punten moeten worden aangepast. Ook zal bij de berekening van de projectie ervoor moeten worden gezorgd dat de te vervangen delen van de projectie als transparant worden behandeld. Er moet immers worden voorkomen dat de objecten die achter die delen liggen daartegen worden geclipt, aangezien de vorm daarvan niet geheel overeen hoeft te komen met het videobeeldfragment dat het zal vervangen. De beeldfragmenten zullen dus over de projectie heen worden getekend, niet erin worden gepast.

In de weergave-module (VIDISP) zal programmatuur moeten worden toegevoegd die de aanvullende gegevens in de displayfile kan lezen en interpreteren. Na het lezen van de displayfile, moet voor elk van de te vervangen objecten, het bijbehorende videobestand via de geregistreerde naam worden opgezocht en ingelezen.

Het videobeeldbestand moet een beeld van het overeenkomstige object bevatten tegen een geheel zwarte achtergrond. Zo'n bestand kan via de ontwikkelde beeldbewerkingsprogrammatuur (zie paragraaf 10 van deze bijlage en hoofdstuk 5.5 van de hoofdtekst) worden aangemaakt. Ook moet een schaalfactor bij elk beeld worden geregistreerd, uitgaande van de eerder genoemde schaaleenheid, zodat deze kan worden vergeleken met het model. Deze schaalfactor kan gebruikt worden om het detailniveau van de textuur bij de perspectivische vervorming te kunnen beïnvloeden.

Vervolgens zal het videobeeldfragment in het silhouet van het object moeten worden gepast. De driedimensionale symbolen zullen een zodanige vorm moeten hebben dat uit de vorm van de geprojecteerde polygonen de perspectivische vertekening (voor zover dit nodig is) goed is af te leiden.

Het eenvoudigste zou zijn om voor alles blokken te gebruiken, maar dat werkt niet erg prettig in de editor. Bovendien is het in verband met de bepaling van de niet-zichtbare delen van het symbool van belang dat de vorm van de projectie enige gelijkenis vertoont met de vorm van het videobeeldfragment. Er zal derhalve met gestileerde vormen moeten worden gewerkt. Wel zal er dan per type symbool aparte programmatuur moeten worden ontwikkeld om de vervorming van het videobeeldfragment op

een zo goed mogelijke manier te laten gebeuren ("texture mapping"-technieken, zie paragraaf 4.1.4 van de hoofdtekst).

Met behulp van de booleaanse operatie "min" moeten daarna de onzichtbare polygonen van de projectie, van het videobeeldfragment worden afgetrokken, opdat het fragment geen objecten bedekt die ervoor staan.

Op grond van de afstand van het object tot het oogpunt en het schaalverschil zullen een eerste kleurbijstelling en eventuele contrastversterkende of vervagende bewerkingen moeten plaatsvinden, waarna het fragment tenslotte op het beeldscherm over de projectie wordt getekend. De gebruiker moet daarna in de gelegenheid worden gesteld om de kleuren en textuur interaktief bij te stellen.

13 SPECIFICATIES VOOR HET KOPPELEN VAN DE PROJECTIE AAN HET MODEL.

De koppeling van de projectie aan het model zou de mogelijkheid moeten geven om wijzigingen in het model te kunnen aanbrengen via de projectie. Dit betekent dat de gebruiker het perspectiefbeeld van het ontwerp kan aanpassen en dat deze veranderingen worden teruggerekend naar modelcoördinaten. Dit perspectiefbeeld kan geprojecteerd zijn over een videobeeld van de toekomstige omgeving, zodat de gebruiker als het ware in de omgeving kan ontwerpen.

Voor het verplaatsen van onderdelen van het model via de projectie, moet in de eerste plaats bekend zijn welke objecten door welke polygonen in de projectie worden vertegenwoordigd. Ook moeten de transformatiematrix van model naar schermcoördinaten en de inverse matrix schermcoördinaten naar model bekend zijn. In de VIEW-module worden beide matrices berekend tijdens het genereren van de projectie (zie paragraaf 5 van deze bijlage).

De virtuele schermcoördinaten die in de VIEW-module worden berekend zijn driedimensionaal. De zichtpyramide wordt na perspectivische projectie getransformeerd in een driedimensionaal blok, de schermruimte. De x- en de y-as van deze ruimte zijn evenwijdig aan het beeldscherm en de z-as wijst loodrecht naar binnen.

In deze ruimte is de diepte-informatie van het geprojecteerde model nog aanwezig, in de vorm van z-coördinaten en vlakvergelijkingen. Bovendien is bekend bij welke objecten de vlakken behoren die onder behandeling zijn. Daardoor is het in de VIEW-module mogelijk om geprojecteerde vlakken ook weer terug te transformeren naar modelcoördinaten. (Dit gebeurt bijvoorbeeld na het berekenen van schaduw-patronen, waarneer deze in het model worden opgeslagen bij de bijbehorende vlakken, zie paragraaf 5).

In de huidige programmatuur gaan al deze gegevens verloren nadat de displayfile is aangemaakt. Voor een koppeling van de projectie aan het model zal de programmatuur zodanig moeten worden aangepast, dat deze gegevens worden opgenomen in de display-file. De displayfile zou dan moeten worden uitgebreid met:
- de naam van het model
- transformatiematrix model- --> schermcoördinaten
- transformatiematrix scherm- --> modelcoördinaten

- per polygoon het erbij behorende objectnummer, het vlaknummer en de vlakvergelijking in schermcoördinaten.

Wanneer zo'n nieuwe displayfile op het scherm wordt geprojecteerd dan zou van elke polygoon die de gebruiker aanwijst het bijbehorende vlak- en object gevonden moeten kunnen worden. De programmatuur zal moeten worden aangepast om de aangewezen polygonen te "herkennen". Er is reeds een subroutine aanwezig in de grafische bibliotheek waarmee van een punt kan worden bepaald of deze binnen een polygoon is gelegen. Deze subroutine kan voor de polygoonherkenning gebruikt worden.

Wordt deze polygoon vervolgens op het beeldscherm verplaatst, dan moet de verschuiving teruggerekend kunnen worden naar modelcoördinaten. Dit kan alleen als diepte-informatie bekend is van de nieuwe lokatie.

Van alle vlakken die in de projectie voorkomen, is diepte informatie bekend in de vorm van vlak-vergelijkingen. Dus als er verschoven wordt over een grondvlak dat deel uitmaakt van het model, dan kan de z-coördinaat in schermcoördinaten worden berekend. De positie op het beeldscherm moet dan eerst worden omgerekend naar virtuele schermcoördinaten (x en y). Deze transformatie is de tegenovergestelde bewerking van die welke gedaan wordt tijdens het op het beeldscherm zetten van de projectie. De z-coördinaat van het aangegeven punt wordt verkregen door de x- en y- schermcoördinaten in de vlakvergelijking in te vullen. Vervolgens kan dit punt in modelcoördinaten worden omgerekend met de matrix scherm-modelcoördinaten. De verschuiving ten opzichte van de oorspronkelijke positie in het model is dan eenvoudig te bepalen, waarna met behulp van de editor-programmatuur het object ook in het model kan worden verschoven.

Vervolgens moet een nieuwe projectie van dit object worden berekend, omdat door verschuiving de perspectivische vertekening verandert. Hiertoe zouden alle andere objecten tijdelijk onzichtbaar moeten kunnen worden gemaakt, zodat alleen de projectie van dat object opnieuw wordt berekend. Dit zou zonder tussenkomst van de gebruiker moeten gebeuren, zodat ook in dit opzicht de programmatuur zal moeten worden aangepast.

Voor dit soort bewerkingen zou het mogelijk moeten zijn om bij het aanmaken van het model in de editor aan te kunnen geven dat een bepaald object slechts dient als referentie-object, en dat dit in de projectie alleen als lijntekening moet worden getekend. Zo wordt voorkomen dat grote delen van het videobeeld verdwijnen achter de projectie.

Nieuwe elementen zouden in de projectie kunnen worden getekend op dergelijke referentie-vlakken. Zo zou bijvoorbeeld een pad kunnen worden getekend in het videobeeld van de omgeving, op het als lijntekening geprojecteerde grondvlak, in een geschat perspectief. De getekende polygoon kan met behulp van de vlakvergelijking en de transformatiematrix scherm -> model worden omgerekend naar het model en het element kan dan aan het model worden toegevoegd.

In de grafische editor kan de ontwerper dan bekijken hoe het op het oog ingebrachte pad past in de plattegrond van het model, en het zonodig wat "fatsoeneren".

Bij een geaccidenteerd terrein zal een digitaal terreinmodel moeten worden ingevoerd (met de in de grafische editor aanwezige programmatuur voor "general bodies", zie hoofdstuk 5.3.2 van de hoofdtekst). De geprojecteerde lijntekening van dit digitale terrein geeft tevens steun bij het inschatten van het juiste perspectief.

Het aanbrengen van volledig driedimensionale objecten via de perspectiefprojectie is moeilijk te realiseren zowel voor de ontwerper als in de programmatuur. Een eenvoudiger methode waarmee toch "in de omgeving" kan worden ontworpen is een 2-dimensonale "gevel" loodrecht op of in een referentievlak te tekenen, waarna deze later in de grafische editor kan worden omgezet in een driedimensionaal object.

Opmerking

Een mogelijkheid om volledig driedimensionale objecten rechtstreeks in een projectie in te voeren is via een parallel projectie, waarbij steeds ten opzichte van de coördinaatassen kan worden gewerkt. Deze methode kan echter niet worden gebruikt voor het ontwerpen in de "omgeving" , waarbij je te maken hebt met het perspectief van het videobeeld van de omgeving als achtergrond van het ontwerp.

ABSTRACT

Roos-Klein Lankhorst, J., 1989. Visualization of changes in the landscape, a computer-aided design tool for the landscape architect. Doctoral thesis, Agricultural University Wageningen, The Netherlands. The thesis is in the Dutch language, with an English and a French summary.

In a joint research project, the Department of Computer Science of the Netherlands University of Agriculture and the Institute of Forestry and Landscaping "De Dorschkamp", a system was developed for visualizing future developments in landscapes. It enables the designer to display digitized video images of the landscape on the screen, as a background of his plan during the design process. He can use the software to generate the corresponding projection of the plan and place it in its exact location on the image of the environment. Then he can remove parts of his plan that will be hidden by surrounding elements and harmonize colours on the screen. Realistic displays of natural elements can be obtained by copying existing trees and plants from digitized images of the landscape. These images are fitted into the projection of the plan by pixel transformation and by filtering out pixels of the old background of the copied elements.

Apart from the use of the system in general, the thesis describes several case studies. The technical details of parts of the software are outlined in an appendix.

Curriculum vitae

Janneke Klein Lankhorst werd geboren op 27 mei 1949 te Laras (Indonesië). In 1967 behaalde zij het eindexamen van de Europese School te Brussel, richting Wiskunde-Moderne talen. Daarna studeerde zij Tuin- en Landschapsarchitectuur aan de Landbouwhogeschool. Tijdens haar studie was zij twee jaar werkzaam bij het rekencentrum van de Landbouwhogeschool. In 1975 werd haar het ingenieursdiploma uitgereikt. Na een half jaar vegetatie-onderzoek voor de Rijksuniversiteit Utrecht, werkte zij gedurende een jaar in Suriname bij de Stichting Machinale Landbouw, aan het ontwerp van een uitbreidingsplan voor het dorp Wageningen (district Nickerie).

Van 1977 tot september 1981 is zij bij het ingenieursbureau De Grontmij n.v. als landschapsarchitect werkzaam geweest, waar zij deelnam aan het opstellen van milieu-effect-rapportages, recreatiebasisplannen, gemeentelijke uitbreidingsplannen, stadsrandstudies, enz.

Eind 1981 trad zij in dienst van de Landbouwhogeschool bij de vakgroep Informatica. Zij werkte daar tot september 1988, eerst als promotie-assistent, daarna als wetenschappelijk medewerker (drie dagen per week). In die tijd ontwikkelde zij het visualiseringssysteem, het onderwerp van dit proefschrift. Daarnaast verzorgde zij onderwijs in het computer-ondersteund ontwerpen. Vanaf mei 1984 werd zij tevens part-time medewerkster van het Rijksinstituut voor onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw "De Dorschkamp", waar zij zich vooral bezig hield met het ontwikkelen van methoden voor Geografische informatieverwerking. Sinds september 1988 heeft zij een volledige betrekking bij de afdeling Landschapsbouw van "De Dorschkamp". Deze afdeling is per 1 januari 1989 opgegaan in het nieuwe instituut voor onderzoek van het landelijk gebied, het Staringcentrum.