

JE MOET WEL JE PLAATS WETEN

Inaugurele Rede

**uitgesproken bij de aanvaarding van
het ambt van gewoon hoogleraar in de
landmeetkunde en teledetectie
aan de Landbouwhogeschool
te Wageningen
op donderdag 7 februari 1985**

door

dr.ir. M. Molenaar

JE MOET WEL JE PLAATS WETEN

Geachte toehoorders

Als iemand u toevoegt: "Je moet wel je plaats weten" dan is dat meestal om u duidelijk te maken dat u zich in zijn ogen niet gedraagt zoals het behoort in de positie die u in het verkeer met andere inneemt. De oorzaak kan zijn dat u de juiste gedragsregels even uit het oog verloor, maar het kan ook zijn dat u uw eigen positie niet juist ingeschat had. In een tijd waarin omgangsvormen steeds vrijer worden, wordt zeker ook de koppeling tussen gedragsregels en maatschappelijke positie zwakker, zodat voor het bepalen van de eigen gedragskode de positiebepaling minder relevant wordt en daarom ook minder nauwkeurig gebeurt. Een gevolg is dat het steeds moeilijker wordt te bepalen wie er nu boven of onder u staat en in politieke zin wie er links of rechts van u staat. De verworven maatschappelijke vrijheden hebben tot gevolg dat deze begrippen vervagen en moeilijk hanteerbaar worden. In vele opzichten kan deze grotere vrijheid als winst aangemerkt worden, maar voor diegenen die behoefte hebben aan houvast in het leven zal het feit, dat positiebepaling in de samenleving steeds moeilijker wordt, toch ook als verlies gezien worden. Het lijkt echter dat het gezegde: "Je moet wel je plaats weten" aan maatschappelijke betekenis verliest.

Maar daar waar het gaat om een geografische plaatsbepaling vinden we een omgekeerde ontwikkeling, daar lijkt het gezegde juist aan betekenis te winnen. Een gunstige ontwikkeling daarbij is dat de technieken die voor deze plaatsbepaling ter beschikking komen almaar beter en hanteerbaarder worden, terwijl nieuwe observatietechnieken het ook steeds beter mogelijk maken vast te stellen wat er links en rechts en voor en achter ons is. Ik prijs me dan ook gelukkig dat mijn opdracht aan deze Hogeschool niet de maatschappelijke maar de geografische plaatsbepaling betreft. Door de rol die deze geografische plaatsbepaling speelt bij het werk van de Wageningse ingenieur heeft ze overigens een duidelijke maatschappelijke betekenis. In het volgende wil ik verder

ingaan op de moderne ontwikkelingen in de landmeetkunde, de fotogrammetrie en de teledetectie, in de hoop u daarmee enkele mogelijkheden en problemen te tonen op het gebied van de inwinning en verwerking van positiegebonden informatie. Bij de behandeling van de drie genoemde vakgebieden: de landmeetkunde, de fotogrammetrie en de teledetectie, zullen we een verschuiving in taakstelling zien. Deze verschuift van de bepaling van "positie" op zich naar het vastleggen van positiegebonden informatie, of anders gezegd: de vraag die men zich stelt verschuift van "waar staat het?" naar "wat staat er?". Aan het einde van deze voordracht zullen we zien hoe deze vragen onderling verbonden zijn binnen het probleemveld van de "geografische informatiesystemen".

Landmeetkunde

De landmeetkunde is primair gericht op het bepalen van de relatieve ligging van punten op het aardoppervlak. Dit geschiedt voor diverse doeleinden zoals het in kaart brengen van delen van het aardoppervlak, het uitzetten van maten voor te verichten werkzaamheden, of het bepalen van deformaties van constructies of bodembewegingen. Soms is de puntsbepaling, het vastleggen van de relatieve ligging van punten in coördinaten, een doel op zich. De aldus bepaalde punten, de landmeetkundige grondslag, vormen een essentieel onderdeel van de landmeetkundige praktijk omdat andere landmeetkundige activiteiten veelal op zo'n grondslag aansluiten. Zodoende worden los van elkaar uitgevoerde werkzaamheden toch in een verband gebracht.

Laten we onze aandacht eens richten op de landmeter wiens activiteiten zich beperken tot een gebied van beperkte omvang, zodat we kunnen aannemen dat variaties in de richting van de zwaartekracht over het gehele gebied geen invloed van betekenis hebben op de horizontale positiebepaling van punten. Voor deze positiebepaling beschikt de landmeter over theodolieten en, in de laatste twee decennia, ook over elektronische afstandsmeters. De theodoliet is een instrument met een lange geschiedenis in de

landmeetkunde. Het principe van de kijker die om twee, onderling loodrechte, assen draaibaar is geeft de mogelijkheid om, als de eerste as vertikaal gesteld is, zowel horizontale als vertikale hoeken te meten. Vertikaal betekent hier evenwijdig aan de richting van de zwaartekracht. Hierdoor is de landmeetkunde altijd verbonden aan het zwaartekrachtsveld van de aarde.

De geometrische basisrelaties, waarvan de landmeter moet uitgaan, hebben betrekking op groepen van drie punten. De relatieve ligging van deze punten wordt bepaald door twee vormelementen van de driehoek waarvan ze de hoekpunten zijn. Deze vormelementen kunnen zijn: twee hoeken, twee lengteverhoudingen van de zijden, of een hoek en een lengteverhouding. Deze drie combinaties geven alle mogelijkheden aan die de landmeter heeft om zijn meetopzet te kiezen. Verdere beperkingen worden opgelegd door het beschikbare instrumentarium, de kwaliteitseisen die aan de puntsbepaling gesteld worden, de terreinge-steldheid van het op te meten gebied en de kosten van de uitvoering van de meting.

Tot voor twintig jaar was alleen hoekmeting met behulp van theodolieten, op economische wijze met voldoende nauwkeurigheid uitvoerbaar. De nauwkeurigheid was in de orde van $1:10^5$, dat wil zeggen ongeveer 1 cm op een kilometer of beter. Afstandsmeting met een dergelijke nauwkeurigheid was toen nog moeilijk en kostbaar, het werd voor grondslagmeting dan ook tot een minimum beperkt. Daardoor was de landmeter aangewezen op driehoeksmeting, of triangulatie, voor het bepalen van een grondslag. Het opbouwen van driehoeksnetten ging moeizaam omdat het terrein niet altijd de realisatie van optimale geometrische structuren toelaat. Door driehoeksmeting werd een grondslag alleen in vorm bepaald, door afstandsmeting met eenzelfde orde van nauwkeurigheid voor één of enkele zijden van het net werd een lengte-eenheid ingevoerd. De posities van de aldus bepaalde grondslagpunten werden dan in een coördinatensysteem berekend. Daarna volgden verdichtingsmetingen ten behoeve van kartering of andere

werkzaamheden. Voor deze verdichtingsfase was meestal een lagere orde van nauwkeurigheid voldoende, waardoor naast hoekmeting ook een aantal technieken voor afstandsmeting beschikbaar kwamen. De combinatie van hoeken en lengteverhoudingen, of lengtes, maakten een groter aantal netwerkstructuren mogelijk en dus een betere aanpassing aan terreinomstandigheden. Bovendien werd voor detailopnamen ook vaak van alleen afstandmeting, d.m.v. meetlijnen verbanden, gebruik gemaakt.

Deze gefaseerde opzet van de meting: grondslag, verdichting, detailopnamen, ging gepaard met een eveneens gefaseerde berekeningsopzet, waarbij de resultaten van de voorgaande fase als foutloos werden ingevoerd in de volgende. Een terugkoppeling was moeilijk, zodat niet bijtijds ontdekte fouten in een vroegere fase vaak volledig konden doorwerken op een latere.

De landmeter was zich echter altijd al bewust van de mogelijkheid dat bij meetwerk fouten worden gemaakt. Daarom bouwde hij controles in. Als deze tot te grote tegenspraken leidden, kon vaak via moeizaam speurwerk de oorzaak gevonden worden. Als de tegenspraken klein waren, werden ze toegeschreven aan het stochastische karakter van de waarnemingen en door een vereffening weggewerkt.

Hoewel de kleinste kwadratenmethode als vereffeningstechniek al sinds Gauss bekend was, heeft het toch lang geduurd voor men in staat was, om die met volledige strengheid op het heterogene samenstel van landmeetkundige meetmethodes toe te passen. Bovendien ontbraken de hulpmiddelen om de benodigde berekeningen uit te voeren. Vandaar dat een aantal benaderingsmethoden werd ontwikkeld, met voor ieder type grondslag een eigen rekenmethode. Landmeten was dan ook voornamelijk het ontwerpen van meetbare en berekenbare constructies, een vaardigheid die vroeg om een goed geometrisch en rekenkundig inzicht. Het doel was de bepaling van de relatieve ligging van punten in coördinaten, kwaliteitsuitspraken over de resultaten konden nauwelijks worden gegeven.

De laatste twee decennia is deze situatie grondig veranderd. Daarvoor zijn drie oorzaken aan te wijzen: de ontwikkelingen op het gebied van de meettechniek, de rekenmodellen en de rekenhulpmiddelen.

De doorbraak in de meettechniek kwam met de elektronische afstandsmeters. Deze maken het mogelijk om de afstandsmeting analoog op te zetten aan de hoekmeting en met dezelfde hoge precisie. Hierdoor kan de landmeter nu ook bij grondslagmeting hoeken en lengteverhoudingen combineren. Dit geeft hem dezelfde flexibiliteit voor het kiezen van geometrische structuren als hij voorheen alleen bij de verdichtingsmeting had. Bovendien is het gebruik van deze apparatuur zo eenvoudig, dat ze ook bij de verdichtingsmeting ingezet kan worden. Daardoor vervalt het onderscheid in meetwerk tussen deze twee fasen. Dezelfde apparatuur is bovendien vaak ook inzetbaar voor de detailopname. Zodoende versmelt eigenlijk het hele scala van grondslag, verdichting en detailopname tot één meetproces.

Deze ontwikkeling heeft zijn effect op het rekenproces. De theoretische ontwikkelingen waren al een heel eind gevorderd, voor wat betreft de formele beschrijving van landmeetkundige berekeningsmethoden in termen van de eerder genoemde kleinste kwadratenmethodiek. Een nauwere aansluiting bij statistische schattingstheorieën gaf een verdere stimulans. Met name de overgang van het kleinste kwadratenconcept naar het concept van "maximum likelyhood" schatters voor de midwaarden van normaal verdeelde grootheden speelde hierbij een belangrijke rol. Daardoor werd het mogelijk om een heterogeen stel normaal verdeelde grootheden in één berekeningsmodel onder te brengen. Heterogeen heeft hier betrekking op de precisie van het waarnemingsmateriaal. Het feit dat landmeetkundige netwerken homogener van samenstelling werden, vereenvoudigde het daadwerkelijke rekenwerk. Deze ontwikkelingen maakten het mogelijk om grotere hoeveelheden metingen in samenhang te vereffenen. Bovendien werden nu betere kwaliteitsuitspraken over de eindresultaten mogelijk.

Deze kwaliteitsuitspraken worden tegenwoordig in twee aspecten uitgesplitst. Ten eerste is daar de precisie: als de precisie van het waarnemingsmateriaal bekend is in termen van varianties en eventueel covarianties, dan kan op grond van de gehanteerde schattingsmodellen de precisie van de eindresultaten, de coördinaten, berekend worden.

Ten tweede is daar de betrouwbaarheid. Die grijpt terug op de eerder genoemde controles die in een netwerk zijn ingebouwd. Door nu ook gebruik te maken van statistische toetstheorieën, kan men optredende tegenspraken toetsen op significantie. Men kan echter ook nog specifieke hypothesen formuleren, welke de oorzaken van deze tegenspraken kunnen aangeven, en voor deze hypothesen optimale toetsgrootheden berekenen. Daarenboven kan men nu afschatten welke orde van grootte van fouten in het waarnemingsmateriaal gevonden kan worden en met welke kans dat gebeurt. Bovendien kan men nog berekenen welke verstoringen in een netwerk optreden als ze niet gevonden worden. Dit alles te zamen geeft een indicatie van de betrouwbaarheid van het netwerk. Met de huidige computer hardware en software vormen de uit te voeren berekeningen geen problemen meer.

Door deze ontwikkelingen verandert de taak van de landmeter, hij moet in gesprek met de gebruiker van zijn resultaten er achter zien te komen wat voor kwaliteitseisen die stelt. Daarna kan de landmeter door middel van computersimulaties en terreinverkenningen een ontwerp voor zijn metingen maken, zodanig dat aan de eisen wordt voldaan. Dit vereist van de gebruiker, waaronder de wageningse ingenieur, dat hij de kwaliteitstermen van de landmeter begrijpt en zijn wensen daarin kan formuleren. Ook moet de gebruiker doorzien hoe zijn eisen effect hebben op de te kiezen meetopzet en dus op de kosten en de haalbaarheid van het landmeetkundige werk. Dit gesprek tussen landmeter en gebruiker moet op gang komen, nu de technische en de meeste theoretische voorwaarden voor het slagen van zo'n gesprek vervuld lijken.

Ondertussen gaan de ontwikkelingen van de landmeetkundige meettechniek verder. De plaatsbepaling met behulp van satellieten, die vroeger was voorbehouden aan de hogere geodesie, is dermate vereenvoudigd dat nu ook de landmeter er gebruik van kan maken. Dit betekent dat hij punten op onderlingen afstanden van enkele tientallen tot enkele honderden kilometers snel in relatieve ligging kan bepalen, met eenzelfde orde van nauwkeurigheid als vroeger via triangulatie geschiedde, maar nu zonder de moeizame opbouw van een driehoeksnet of een ander type grondslag. Dit werkt zeer kostenbesparend en het geeft een aanzienlijke tijdwinst, vooral in die gebieden waar weinig grondslag aanwezig is, zoals in vele ontwikkelingslanden.

Een aanvullende ontwikkeling is de traagheidsplaatsbepaling, waarbij, met behulp van versnellingsmeters op een stabiel platform, de verplaatsing van een voertuig gemeten wordt. Dit geeft de mogelijkheid om uitgaande van een in ligging bekend punt naar een nieuw in te meten punt toe te rijden en dan onmiddellijk de coördinaten van het nieuwe punt af te lezen. In combinatie met de zojuist genoemde satelliet plaatsbepalingsmethode, geeft dit de mogelijkheid om in geodetisch nog maagdelijke gebieden snel een grondslag te leggen. Ervaringen met dergelijke systemen geven goede hoop voor de nabije toekomst, maar er is nog onvoldoende inzicht hoe de berekenings- en vereffingsmodellen geformuleerd moeten worden. Ook de kwaliteitsaspecten van deze systemen zijn nog onvoldoende bekend. Daarnaast gaat het hier om een meetopzet die volkomen afwijkt van de traditionele landmeetkundige praktijk, waardoor er ook nog geen goed inzicht is hoe deze nieuwe systemen ingepast moeten worden in de landmeetkundige traditie, met name voor wat betreft de definitie van coördinaten systemen.

Hoe het ook zij, het ziet er naar uit dat door de ontwikkelingen van de meet- en de rekentechniek de landmeetkunde in haar uitvoering steeds eenvoudiger wordt, zodat ze steeds beter beoefend kan worden, ook door niet specifiek landmeetkundig geschoolden. Aan de gebruiker van de resultaten wordt echter wel de eis gesteld

dat hij een goed inzicht heeft in de landmeetkunde, zodat hij weet hoe hij eisen ten aanzien van de kwaliteit moet formuleren en zodat hij ook doorziet wat al of niet haalbaar is en tegen welke prijs. Dit betekent voor de wageningse ingenieur dat hij de landmeetkunde dan beter in zijn overige activiteiten kan integreren, zowel in de planningsfase van projecten als in de uitvoeringsfase.

Fotogrammetrie

Laten we ons nu eens richten op de fotogrammeter, hoe gaat hij te werk? Te karteren gebieden worden door luchtfoto's in naast elkaar liggende stroken bedekt, waarbij iedere foto een overlap van 60% tot 80% heeft met zijn opvolger in dezelfde strook. Naast elkaar liggende stroken overlappen elkaar voor 20% en soms 60%. Het geheel vormt een fotoblok.

De projectieve meetkunde geeft de relaties op grond waarvan een ruimtelijk beeld geconstrueerd kan worden van een object, dat vanuit twee standplaatsen gefotografeerd is. Hiertoe moet eerst, aan de hand van de posities van de afbeeldingen van minimaal vijf objectpunten op beide foto's, de relatieve stand van de camera's tijdens de opname worden gereconstrueerd. Dit probleem staat in de fotogrammetrie bekend als de relatieve oriëntering. Daar in de begintijd van de fotogrammetrie nog geen goede rekenmiddelen voorhanden waren, heeft men gezocht naar analoge oplossingen voor dit probleem. Het gevolg was de ontwikkeling van een scala van instrumenten waarin men langs optisch-mechanische weg de situatie tijdens het maken van de luchtfoto's kon reconstrueren. Zo kon een drie dimensioneel beeld, een stereomodel, van het terrein gevormd worden. Daarin was het mogelijk de ruimtelijke positie van punten in coördinaten vast te leggen. Meestal werd echter de informatie uit het stereomodel langs mechanische weg overgebracht op een kaartblad.

Doordat de fotogrammetrie als meetmethode onafhankelijk is van de richting van de zwaartekracht, kan men uit de stereomodellen niet zonder meer hoogte informatie afleiden. Bovendien geeft de

fotogrammetrie geen lengteschaal informatie. Daarom is er altijd een landmeetkundige ondersteuning nodig om de verkregen ruimtelijke terreinmodellen in de, voor karteringsdoeleinden gebruikte, coördinatensystemen in te passen. Door vervormingen die optreden zowel bij het fotografisch proces als bij de mechanische reconstructie van de opname situatie, vertoonden ook de ruimtelijke terreinmodellen grote vervormingen. Er traden bij de inpassing via paspunten in landmeetkundige coördinatensystemen dan ook tegenspraken op die via allerlei vereffeningsmethoden weggepoetst werden. Hierdoor kreeg de fotogrammetrie de naam een goedkope en onnauwkeurige karteermethode te zijn. De ondoorzichtigheid van het hele fotogrammetrische proces heeft lange tijd een goede wiskundige modelformulering in de weggestaan, waardoor ook alle rekenmodellen voor de vereffening slechts grove benaderingen waren.

Doch ook hier is de situatie, net als bij de landmeetkunde, de laatste twintig jaar grondig veranderd. Weer zijn de oorzaken te vinden in de ontwikkelingen van de fotogrammetrische instrumenten, de rekenmodellen en de rekenhulpmiddelen. Wat betreft de rekenmodellen hanteert men tegenwoordig in de praktijk voornamelijk twee verschillende principes om de relatie tussen luchtfoto en terrein te beschrijven. Het eerste principe, waarop de bundelmethode is gebaseerd, gaat uit van de betrekkingen van de centrale projectie. Hierin wordt rechtstreeks de relatie uitgedrukt tussen de terreincoördinaten van een punt en de fotocoördinaten van de bijbehorende beeldpunten op de verschillende foto's in een blok. Van alle relevante terreinpunten worden de fotocoördinaten gemeten, en ook van een voldoende groot aantal punten waarvan bovendien de coördinaten in een landmeetkundig systeem, de terreincoördinaten, bekend zijn. Met deze gegevens ingevoerd in de eerder genoemde betrekkingen kan men via een kleinste kwadraatschatting de terreincoördinaten van de overige terreinpunten berekenen.

Het tweede principe, waarop de onafhankelijke modellenmethode is gebaseerd, is nog sterk verbonden aan de instrumentele geschiedenis van de fotogrammetrie. Men gaat hier op een getrapte wijze te werk. Eerst wordt voor paren van opeenvolgende foto's de relatieve oriëntering gerealiseerd. Uit de relatief georiënteerde foto's wordt een stereomodel van het terrein gevormd. Aan ieder stereomodel wordt een ruimtelijk coördinatenstelsel verbonden, waarin de ligging van relevante terreinpunten geregistreerd wordt. De punten worden zodanig gemeten dat ieder model voldoende punten gemeenschappelijk heeft met de aangrenzende modellen. Bovendien moeten er over het hele blok verspreid, voldoende punten aangemeten worden waarvan ook de terreincoördinaten bekend zijn. De relatie tussen de modelcoördinaten van de terreinpunten en de terreincoördinaten wordt gegeven door een ruimtelijke gelijkvormigheids transformatie. Met deze gegevens en betrekkingen kunnen de nog onbekende terreincoördinaten weer via een kleinste kwadratenschatting verkregen worden.

Daar de tweede methode, zoals haar naam al aangeeft, de afzonderlijke stereomodellen van het terrein als zelfstandige eenheden behandelt en niet rechtstreeks van de foto's uitgaat is het een benaderingsmethode. Dit heeft tot gevolg dat de berekende terreincoördinaten iets minder nauwkeurig zijn dan bij de bundelmethode, welke dan ook het meest geschikt is als fotogrammetrische puntsbepalingsmethode, als aanvulling op de landmeetkundige technieken. Dit is van belang voor gebieden die moeilijk toegankelijk zijn, maar waar toch een tamelijk hoge nauwkeurigheid gevraagd wordt. De onafhankelijke modellenmethode blijkt echter in de praktijk niet zo erg veel voor de bundelmethode onder te doen, waar het de nauwkeurigheid van berekende terreincoördinaten betreft.

Doordat de aan de beide methoden ten grondslag liggende rekenmodellen gebaseerd zijn op dezelfde schattingsmethode als in de landmeetkunde gebruikt wordt, kunnen ook hiervoor kwaliteitsuitspraken in de zin van precisie en betrouwbaarheid worden

gedaan. Kwaliteitsanalyses tonen aan dat het fotogrammetrische meetproces de laatste decennia zodanig is verbeterd, dat de fotogrammetrie in vele gevallen de landmeetkunde kan vervangen. Dit heeft grote voordelen omdat de fotogrammetrische puntsbepaling direct gekoppeld kan worden aan de kartering, waarbij het dure veldwerk dan aanzienlijk kan worden verminderd. Dit werkt in vele gevallen zeer kostenbesparend. Puntsbepaling en kartering zijn het eenvoudigste samen te voegen bij de onafhankelijke modellen methode, vandaar dat deze in de fotogrammetrische praktijk het meeste wordt toegepast.

Van de instrumentele ontwikkelingen die bijdroegen tot de kwaliteitsverbetering van het fotogrammetrische produkt, dienen allereerst de verbetering van de camara's en het filmmateriaal genoemd te worden. Deze gaven een verbeterde beeldkwaliteit, waardoor herkenning van objecten en dus het aanmeten van beeldpunten nauwkeuriger geschiedt. Bovendien is de geometrische kwaliteit van het fotomateriaal zoveel verbeterd, dat de resterende meetkundige vervormingen voor de meeste landmeetkundige toepassingen verwaarloosbaar zijn. Proeven geven aan dat een aanmeetprecisie van beeldpunten bij zorgvuldige meting, van 5 μm of zelfs nog iets beter, haalbaar is. Dit is bij een opname-schaal 1:10.000 gelijk aan 5 cm in het terrein.

Behalve de opnametechniek is ook de verwerkingstechniek aanzienlijk verbeterd. Ook hiervan is de nauwkeurigheid opgevoerd, dat wil zeggen dat de aanmeetprecisie van beeldpunten op de foto, of punten in een stereomodel is verbeterd, maar ook is de geometrische kwaliteit verbeterd in de zin dat vervormingen in de meetresultaten aanzienlijk gereduceerd zijn. Minstens zo belangrijk is echter het feit dat de registratie van meetresultaten volledig geautomatiseerd kan geschieden. Dit levert drie voordelen op. Het eerste voordeel is dat de kans op registratiefouten zeer klein is geworden. Dit was vroeger vooral bij de aerotriangulatie een hinderlijke foutenbron. De menselijke invloed op het meetproces is nu teruggebracht tot het identificeren, klassifice-

ren en aanmeten van objecten op de foto of in het stereomodel. De operateur kan zich nu dus beter op het meetwerk zelf concentreren, wat een tweede voordeel is. Hierdoor wordt de produktiesnelheid opgevoerd en bovendien wordt de meetnauwkeurigheid van de operateur verhoogd. Ten derde geschiedt de registratie in digitale vorm. De aangemeten topografische objekten, in b.v. een stereomodel, worden dus niet meer rechtstreeks via een mechanisch medium op een kaartblad overgebracht. De topografie wordt nu eerst in digitale vorm uitgelezen en opgeslagen, waarbij de aangemeten objecten een code voor de classificatie meekrijgen. Fotogrammetrische uitwerkingsinstrumenten fungeren hierdoor als (driedimensionale) digitizers. Niet de fotogrammetrische kaart is meer het eindprodukt, maar een digitaal topografisch gegevensbestand. In zo'n bestand kan men aan de aangemeten objecten naast hun coördinaten nog vele andere attributen toevoegen, waardoor de koppeling met andere gegevensbestanden mogelijk is. Men denke hierbij aan bijvoorbeeld kadastrale of bestuurlijke administratieve bestanden, maar even zo goed zijn toepassingen mogelijk op het gebied van de landschapsanalyse of landgebruiksinventarisatie, etc. De kaart is nu nog slechts een van de vele mogelijkheden om terreingegevens aan de gebruiker aan te bieden. Hierbij wordt het begrip kaart gebruikt voor zowel de vān oudsher bekende lijnenkaart, nu vervaardigt via een plotter, als voor de orthofoto of de plaatjes die via een grafisch scherm of een rasterplotter of zelfs via een regeldrukker worden vervaardigd.

Een groot voordeel van de fotogrammetrische kartering boven de landmeetkundige ligt vooral in het feit dat de luchtfoto een goed overzicht over het terrein geeft. Hierdoor zijn grotere topografische- of terreinstructuren beter te overzien en dus beter in kaart te brengen. De landmeter in het veld kan die structuren slechts vermoeden, maar niet zien. Daartegenover staat dat de landmeter veel directer objecten kan identificeren en classificeren, hetgeen voor de fotogrammeter nog wel eens problematisch is. Het meest duidelijk komt het voordeel dat de fotogrammeter door zijn overzicht heeft naar voren, bij het genereren van digi-

tale terreinmodellen. Hij kan vrij snel karakteristieke punten en lijnen in het terrein aanwijzen, voor het weergeven van terreinvormen en het verloop van het reliëf. Het aanmeten van deze elementen en het driedimensioneel vastleggen ervan, kan dan aangevuld worden met het bemonsteren van terreinhoogten in profielen. Uit al deze gegevens ontstaat een digitaal terrein- of hoogtemodel dat bij uitstek geschikt is als uitgangsmateriaal voor een verdere digitale of visuele analyse van terreinvormen en voor het plannen van ingrepen in het landschap. Deze mogelijkheden zijn vooral tot ontwikkeling gekomen na de automatisering van de registratie van fotogrammetrische metingen.

Een tweede ontwikkelingsstap in de automatisering op het gebied van de digitale terreinmodellen, kondigt zich al aan. Hierbij gaat het erom dat het geestdodende meten van terreinprofielen wordt geautomatiseerd. Dit kan door luchtfoto's eerst op grijswaarden te bemonsteren en dan via digitale beeldcorrelatie-technieken een stereomodel van het terrein te construeren. De mens hoeft dan alleen nog in te grijpen om terreindetails als breuklijnen of plotselinge reliëfveranderingen aan te wijzen en/of te meten, want daar blijken geautomatiseerde systemen nog moeite mee te hebben.

Deze ontwikkelingen lijken voorlopers van datgene wat de fotogrammeter te wachten staat wanneer hij geconfronteerd wordt met de mogelijkheden van array camera's. Die leveren geen foto's meer in de traditionele zin maar een beeld in digitale vorm. Zulke beelden behoeven dan niet meer verwerkt te worden op de speciale voor de fotogrammetrie ontwikkelde apparatuur. Verwerking kan dan geschieden op apparatuur die ook voor de beeldverwerking in de teledetectie gebruikt wordt. Het gevolg is dat dan fotogrammetrie en teledetectie ook voor een deel dezelfde beeldverwerkings- en bewerkingstechnieken kunnen toepassen waardoor een ruime mate van integratie van deze velden te verwachten is, al blijft er nog een onderscheid in taakstelling zoals een nadere beschouwing van de teledetectie duidelijk maakt.

Teledetectie

Bij de voorgaande twee onderwerpen ziet men al enigszins een verschuiving in de probleemstelling. In de landmeetkunde is de identificatie en classificatie van objecten geen probleem. De inspanning van de landmeter richt zich voornamelijk op het beantwoorden van de vraag: "Waar staat het?". De fotogrammeter moet deze vraag al combineren met de vraag: "Wat staat er?" omdat identificatie en classificatie van objecten op luchtfoto's moeilijker is. Daar hij echter toch in eerste instantie een "binnenhuislandmeter" is zal hij de vraag, wat er staat, niet tot hoofdprobleem laten worden. Over het algemeen zal zijn meting die objecten betreffen, waarvoor de vraag snel beantwoord kan worden, al is het soms door een terreinbezoek. Dus ook voor de fotogrammeter blijft primair de vraag: "Waar staat het?" Zo gauw de prioriteit van deze twee vragen wordt omgewisseld verlaten we de fotogrammetrie en komen we bij de fotointerpretatie terecht. Daarmee zijn we dan aangeland bij de oudste vorm van teledetectie.

Net zo min als voor landmeetkunde en fotogrammetrie zal ik voor de term "teledetectie" een definitie geven. In het verdere betoog zullen een aantal facetten van de teledetectie aan de orde komen, daarbij zal de aandacht zich richten op het werken met beeldvormende systemen voor aardobservatie vanuit vliegtuigen en satellieten.

In de beginfase toen de teledetectie nog niet zo heette, was de luchtfoto-interpretatie de belangrijkste activiteit op dit gebied, eerst op panchromatische zwart-wit foto's later ook op kleurenfoto's en (kleuren) infrarood foto's. Deze vorm van teledetectie is nog altijd de belangrijkste waar het op de praktische toepassing aankomt. De interpretatie gebeurt visueel op de enkele foto of op stereoparen. De geoloog, de bodemkundige, de vegetatie deskundige of andere vakman gebruikt deze techniek al lang, maar nog steeds is er de vraag hoe hij het beeld waarneemt, welke informatie hij er aan ontleent en hoe hij dat doet, hoe de koppe-

ling plaatsvindt tussen wat hij ziet en wat hij al weet. Er zijn vermoedens over de aard van de gevolgde werkwijze, er zijn zelfs leerboeken, maar toch zijn de inzichten in het interpretatieproces nog onvoldoende. Hiervan werd men zich zeer duidelijk bewust bij de opkomst van andere sensoren naast de fotocamera, men denke aan multispectrale scanners, aan thermische scanners, aan radarsensoren. Een belangrijk verschil tussen deze sensoren en de traditionele fotocamera ligt in de wijze waarop ze informatie over het aardoppervlak leveren. Bij de luchtfotografie wordt door het aardoppervlak gereflecteerd zonlicht op lichtgevoelig materiaal vastgelegd en wat uiteindelijk geleverd wordt is een plaatje. Bij thermische sensoren wordt door de aarde zelf uitgezonden infrarood straling geregistreerd. Multispectrale scanners registreren gereflecteerd zonlicht eventueel gecombineerd met thermisch infrarood. Radarsensoren registreren aan het aardoppervlak gereflecteerde microgolven die door de sensor zelf zijn uitgezonden. Welk type sensor wordt gebruikt is afhankelijk van het type object dat men wil bestuderen of van de specifieke objecteigenschappen waarin men geïnteresseerd is. De fysische achtergronden van de sensorkeuze en de interactie tussen object en electromagnetische straling is een probleemveld op zich. In dit betoog richten we ons echter voornamelijk op de vraag hoe de verkregen informatie aan de gebruiker moet worden aangeboden.

Een ander onderscheid tussen fotocamera en andere sensoren is dat van de laatste de informatie niet in eerste instantie als een plaatje beschikbaar komt, maar in digitale vorm. Door de wijze van opnemen wordt het waargenomen deel van het aardoppervlak opgedeeld in een raster, waarbij voor iedere rastercel de door de sensor ontvangen hoeveelheid electromagnetische straling, de intensiteit, in getalvorm wordt vastgelegd. Hierbij wordt het terrein meestal afgetast in loodrecht op de vliegrichting liggende rijen van rastercellen. Deze rijen geven een zwakker gedefiniëerde beeldgeometrie dan de foto. De rastercellen worden aangeduid als pixels, acroniem voor de engelse term voor beeldelementen.

Toen ruim tien jaar geleden naast opnamen vanuit vliegtuigen, ook opnamen vanuit satellieten in ruime mate beschikbaar kwamen, werd de belangstelling voor de teledetectie, of remote sensing steeds groter. Het feit dat grote delen van de aarde vanuit de ruimte regelmatig waargenomen konden worden, gekoppeld aan het feit dat de digitale vorm waarin de gegevens beschikbaar kwamen ze toegankelijk maakte voor computerbewerking, zorgde ervoor dat de verwachtingen van wat men er mee zou kunnen doen, hooggespannen waren. Ondanks de ervaring die sinds de begintijd is opgedaan lijkt de teledetectie echter nog steeds in de kinderschoenen te staan. Laten we eens een aantal van de huidige mogelijkheden en problemen van haar toepassing bezien.

Het eenvoudigste wat men kan doen is de computer een plaatje laten maken. Dit kan per geristreeerde band in het electromagnetisch spectrum of voor een combinatie van banden, door aan iedere spectrale band een kleur toe te kennen en dan voor iedere pixel afhankelijk van de waargenomen stralingsintensiteit per band een grijswaarde toe te kennen aan de bijbehorende kleur. Correcties kunnen worden aangebracht op de waargenomen stralingswaarden voor atmosferische invloeden en sensorafwijkingen. De geometrie van het weergegeven raster kan men transformeren naar die van een gewenste kaartprojectie. Het eindprodukt lijkt veel op de traditionele luchtfoto, maar met een andere geometrie en een andere spectrale inhoud. De winst voor de interpreteur ligt erin dat vooral bij satellietopnamen grotere gebieden op één beeld zijn vastgelegd, zodat hij grotere ruimtelijke structuren kan herkennen dan normaal bij luchtfoto's mogelijk is. Voor de een is het winst, voor de ander verlies omdat daar tegenover staat dat hij minder geometrisch detail ziet.

Bij deze werkwijze heeft men echter nog niet wezenlijk het digitale karakter van de gegevens benut. Een andere vorm van digitale beeldverwerking die boven de mogelijkheden van analoge beelden, zoals luchtfoto, uitgaat is de classificatie van pixels op spectrale signatuur. Hierbij worden de beeldelementen, op grond van de geregistreeerde stralingswaarden, door middel van al of

niet statistische beslisregels in klassen ingedeeld. Door bij deze classificatie kleuren en/of grijswaarden aan de pixels toe te kennen ontstaat een nieuw beeld, dat wezenlijk van de luchtfoto verschilt. De mens wordt nu bij de interpretatie ondersteund doordat de computer aangeeft welke beeldelementen overeenkomstige spectrale karakteristieken hebben. Feit blijft dat de mens toch uiteindelijk interpreteert en niet de machine omdat objectidentificatie en classificatie op zuiver spectrale kenmerken onvoldoende is. Andere gegevens zijn nodig en vooralsnog brengt de mens de combinatie makkelijker tot stand dan de computer. Doch men kan verder gaan bij de digitale beeldverwerking. Bij de bovenbeschreven beeldclassificatie zijn alleen de geregistreeerde stralingswaarden, zeg pixelwaarden, gebruikt en wordt ieder pixel individueel geclassificeerd. Maar ieder pixel heeft nog twee attributen en dat zijn de coördinaten waarmee zijn positie in het raster wordt aangegeven. Die zijn nu alleen nog maar gebruikt voor de plaatsing van ieder pixel in het uiteindelijk gegenereerde beeld. Door echter de pixelwaarden in combinatie met de pixelcoördinaten te beschouwen kan men boven het individuele pixel uitstijgen en ook de omgevings relaties aangeven. Hierbij wordt de variatie van pixelwaarden als functie van de plaatscoördinaten gezien. Zo kunnen verschillende beeldkenmerken gedetecteerd worden, zoals plotselinge sprongen in pixelwaarden die op grenzen tussen verschillende gebieden kunnen wijzen, ook kunnen lijnvormige beeldelementen zoals wegen en waterlopen worden opgespoord. Tevens kunnen over grotere oppervlakken voorkomende variaties in pixelwaarden in de vorm van textuurmaten worden beschreven, zodat men naast classificatie op grond van pixelwaarden nu ook een omgevingsmaat heeft voor het aanwijzen en classificeren van samenhangende gebieden. Daar het duidelijk is dat de mens hiervan gebruik maakt bij de beeldinterpretatie, wordt hij dus aanzienlijk geholpen als de computer hem ondersteunt bij het opsporen en benadrukken van deze beeldkenmerken. Toch blijft de mens uiteindelijk nog interpreteren, omdat de machine ook nu nog alleen informatie aanbiedt die in het beeld vervat was, terwijl

de mens ook nog over andere informatie beschikt die hij bij de interpretatie aan het beeld toevoegt.

We gaan weer een stap verder en bezien hoe andere informatie in de beeldbewerking kan worden ingebracht. De geometrie van de beelden die we tot dusver in dit betoog aan de interpreteur hebben aangeboden, was bepaald door de configuratie van het opname en weergave systeem. Op grond van kennis van het gedrag van de sensor kan een voorlopige transformatie plaatsvinden naar de geometrie van de gewenste kaartprojectie. Door echter in het beeld objecten aan te wijzen waarvan de ligging in een landmeetkundig coördinatensysteem bekend is kan de relatie worden gelegd tussen zo'n systeem en het coördinatensysteem waarin het beeld beschreven is. Hierdoor is het mogelijk ook andere informatie in de beeldbewerking in te voeren. Eerder in deze voordracht is al beschreven hoe topografie in digitale bestanden kan worden opgeslagen. Door de koppeling die nu gelegd wordt kan topografische kennis in de beeldbewerking worden ingevoerd. Dan is het niet meer nodig om met moeizaam werkende technieken topografische details als wegen en waterlopen en gebiedsgrenzen in het beeld op te sporen, men kan ze gelijk aanwijzen. Zo is het veel eenvoudiger om samenhangende gebieden aan te wijzen. De classificatie hoeft nu nog slechts aan te geven welke aldus gedefinieerde gebieden een gelijke spectrale signatuur, of zelfs textuur, vertonen. Als topografische informatie kunnen ook nog reliëfgegevens worden ingevoerd, zoals opgeslagen in de eerder genoemde digitale terreinmodellen. Deze geven de mogelijkheid tot een verdere aanpassing van de beeldgeometrie. Daarnaast kan men op grond van deze gegevens de variaties in pixelwaarden voor een deel verklaren als gevolg van hellingen en schaduwvlakken in het terrein, maar ook als relatie tussen hoogte en/of helling en bodemvocht, vegetatie, grondgebruik etc.

Behalve topografische kennis kunnen nu ook andere gegevens, waaronder andere teledetectiebeelden die op hetzelfde landmeetkundige coördinatensysteem beschreven zijn, samengevoegd wor-

den. Op dit moment stijgen we echter boven de digitale beeldverwerking uit en komen we op het domein van de geografische informatiesystemen. Voordat we daarop doorgaan moet ik eerst nog een paar andere opmerkingen maken.

In het voorgaande is maar marginaal verwezen naar de fysische achtergronden van de teledetectie. Het is niet altijd even doorzichtig hoe die meespelen bij de gegevensverwerking. Op het ogenblik ligt de belangrijkste bijdrage van deze kennis bij de afstemming van sensorkeuze op de te bestuderen fenomenen. Bovendien kan op grond van deze kennis worden afgewogen welke beeldverwerkingstechnieken wel of niet fysisch zinvol zijn. Daarbij moet men bedenken dat in deze voordracht de nadruk is gelegd op de beeldclassificatie. Zo gauw men echter teledetectiegegevens gaat aanwenden voor het schatten van fysische grootheden zoals biomassa, bodemtemperatuur of verdampingsgraad etc., dan wordt een veel zwaarder beroep gedaan op de fysische achtergrondkennis. Ook daar geldt echter dat de gegevens verkregen via de teledetectie gecombineerd moeten worden met andere informatie en dat brengt ons toch weer op de problematiek van de geografische informatie systemen.

Geografische informatiesystemen

Uit het voorgaande kwamen al twee soorten activiteiten aan de orde waarbij de teledetectie inzetbaar is. Allereerst is daar de beeldclassificatie. Deze is natuurlijk geen doel op zich, men zal deze techniek aanwenden als ondersteuning bij classificatieproblemen in het terrein, zoals bijvoorbeeld voor landgebruiksanalyse, of voor vegetatie- of bodemkarteringen etc. De beeldclassificatie zal zo uitgevoerd worden dat er een optimale correlatie ontstaat met de classificatie in het terrein. Ten tweede noemde ik de schatting van fysische grootheden. De teledetectie moet nu niet kwalitatieve maar kwantitatieve gegevens leveren voor de beschrijving van de toestand op het aardoppervlak. Hierdoor moet de kennis van de relatie tussen object en straling op een

heel ander niveau worden gehanteerd dan nodig is voor classificatie, terwijl er ook van het object zelf veel meer bekend moet zijn.

Een derde soort van activiteiten is het waarnemen van processen op het aardoppervlak. De teledetectie vanuit satellieten kan hierbij een goed hulpmiddel zijn, omdat gebieden die in de gaten gehouden moeten worden met regelmatige tussenposen kunnen worden opgenomen. De regelmaat wordt echter nogal eens verstoord door wolkenbedekking. Bij deze derde activiteit gaat het om twee verschillende zaken. Het kan zijn dat men met behulp van, met min of meer regelmatige tussenposen opgenomen beelden een procesgang probeert te reconstrueren, als deze nog onvoldoende bekend is. Men denke bijvoorbeeld aan regeneratie van bossen, erosie, woestijnvorming, groei van steden of de verzieking van het milieu door vervuiling. Een andere mogelijkheid is echter dat de teledetectie als monitor wordt gebruikt voor processen die wel goed bekend zijn, zodat men voor de tijdstippen van waarneming een voorspelde toestand kan geven. Via de teledetectie kan men dan een eventuele afwijking van de normale procesgang detecteren. Bij deze derde soort van activiteiten treedt nu de tijd op als variabele naast de pixelwaarden en coördinaten.

Uit het voorgaande blijkt dat voor classificatieproblemen een koppeling nodig is van afzonderlijke teledetectiebeelden aan andere gegevens. Voor de twee andere toepassingen geldt dat nog sterker. Vandaar dat de teledetectie niet als zelfstandige activiteit kan bestaan, een inbedding in een groter geheel is nodig. Dit groter geheel wordt dan aangeduid onder de verzamelnaam "Geografische Informatie Systemen". Hierin probeert men kennis en gegevens uit verschillende disciplines te verenigen ter bestudering van ruimtelijke fenomenen en processen. Ruimtelijk heeft hier een geografische betekenis, omdat het gaat om verschijnselen aan het aardoppervlak. Deze fenomenen en processen moeten dan uiteindelijk beschreven worden door middel van positiegebonden

variabelen. Deze variabelen kunnen naast positie-afhankelijk ook nog tijdsafhankelijk zijn.

Het onderzoek op het gebied van de geografische informatiesystemen richt zich op een aantal aspecten. Allereerst is er het probleem van de gegevensopslag. Bij dit soort systemen gaat het meestal om grote hoeveelheden veelsoortige informatie. Uiteraard kan bij het zoeken naar een geschikte aanpak voor de opbouw van gegevensbestanden gebruik gemaakt worden van de ervaring die op andere gebieden is opgedaan. Het werken met geografische informatiesystemen heeft echter een zeer eigen karakter doordat het meestal gericht is op het zichtbaar maken van ruimtelijke structuren en topologische samenhangen. De elementen in een geografisch gegevensbestand dragen naast andere attributen ook altijd coördinaten mee. Geometrische en vaak ook topologische relaties worden uitgaande van deze coördinaten geformuleerd. De drie belangrijkste strategieën die men tegenwoordig vindt voor de organisatie van gegevensbestanden, zijn de hiërarchische-, de netwerk- en de relationele aanpak. De systemen die hierop gebaseerd zijn lijken vooralsnog niet zonder meer geschikt om dit type relaties te beschrijven. Een aanpassing van deze systemen voor dit toepassingsveld lijkt nodig. Daarenboven komt nog het feit dat er twee gangbare principes zijn voor de beschrijving van geografische eenheden: de rastervorm en de vectorvorm. De rastervorm is eerder beschreven bij de behandeling van beeldverwerkingstechnieken in de teledetectie. Bij de vectorvorm worden geografische vormen en structuren beschreven door middel van karakteristieke (grens)punten, die verbonden kunnen worden door lijnelementen om samenhangen aan te geven. Een typisch voorbeeld is de traditionele lijnenkaart, zoals de landmeetkunde en de fotogrammetrie die meestal leveren. Geografische informatiesystemen zullen van zowel raster- als vectorgegevens gebruik moeten maken. Daarom is een koppeling nodig tussen bestanden die op deze twee principes zijn gebaseerd.

Naast het probleem van de gegevensopslag en daar uiteraard nauw mee samenhangend is er het probleem van de gegevensverwerking. Wat voor type bewerking wil een gebruiker op de gegevens toepassen en voor welke doeleinden? Hoe kan de computer bij deze bewerking op geschikte wijze ingezet worden en in welke vorm moeten de resultaten hiervan aan de gebruiker worden aangeboden? Hoe dient de communicatie tussen gebruiker en systeem verlopen? Welke beslissingen neemt de gebruiker op grond van het bewerkte materiaal en in hoeverre kan de computer hem helpen bij het nemen van die beslissingen? Het zijn allemaal vragen die nog grotendeels open zijn. Zij brengen ons op het terrein van de "expert systems". Dit zijn systemen die een deskundige op een bepaald vakgebied ondersteunen bij het nemen van beslissingen en daarbij een deel van het besluitvormingsproces van zo'n deskundige overnemen. Op sommige gebieden zoals de geologie, de chemie en de medische wetenschappen is heel wat pionierswerk verricht voor de ontwikkeling van dit soort systemen. Ook ziet men de eerste wankelende schreden in de richting van toepassingen op het gebied van de geografische informatie systemen. De ruimtelijke structuren, die hierbij een essentiële rol spelen, bemoeilijken de voortgang echter nog aanzienlijk. Bij de meeste geografische informatiesystemen die tot op heden zijn ontwikkeld ziet men dat het de mens is, die in interactie met de machine bepaalt welke bewerkingen worden uitgevoerd. Het is ook nog steeds de mens die op grond van de daaruit voortvloeiende resultaten beslissingen neemt omdat hij gemakkelijker en beter ruimtelijke samenhangen overziet dan de computer. Het lijkt wel zinvol om te onderzoeken in hoeverre de computer zulke beslissingen voor de mens kan nemen en wel om twee redenen. Ten eerste kan deze taak alleen aan de machine worden overgedragen als het beslissingsproces voldoende geformaliseerd is. Deze formalisering dwingt de mens tot een beter inzicht in het door hem zelf gehanteerde besluitvormingsproces. Een goed inzicht in eigen handelen kan nooit kwaad, maar is vooral ook van didactisch belang. Ten tweede moeten vaak voor het nemen van beslissingen een heleboel routine handelingen ver-

richt worden om de juiste informatie ter beschikking te krijgen. Als deze taak aan de machine wordt overgedragen krijgt de mens zijn handen vrij voor interessanter werk, waaronder het nemen van beslissingen op een hoger niveau. Hij beslist altijd in laatste instantie, bovendien kunnen beslissingen alleen aan de machine worden overgedragen als de hele procesgang die tot een beslissing leidt, opvraagbaar en controleerbaar is.

Met deze opmerkingen ben ik wat afgedwaald van het eigenlijke onderwerp van mijn betoog. Ze geven echter een idee van de mogelijke richting waarin de ontwikkelingen op het gebied van de geografische informatiesystemen gaan. De landmeetkunde, de fotogrammetrie en de teledetectie leveren een belangrijk deel van de gegevens die in dergelijke systemen worden ingevoerd. Een betrokkenheid bij de hiervoor genoemde ontwikkelingen lijkt dan ook een voorwaarde om een goede afstemming van gegevens inwinning op het latere gebruik tot stand te brengen.

Geachte toehoorders

Hiervoor is het verschil aangeduid tussen landmeetkunde en fotogrammetrie enerzijds en teledetectie anderzijds als een verschil in prioriteit tussen het vastleggen waar iets staat en het vaststellen wat er staat. De meeste disciplines die zich bezighouden met het ruimtelijke gebeuren zijn in eerste instantie gericht op het vaststellen van het "wat" eventueel in combinatie met het "wanneer". De landmeetkunde en de fotogrammetrie zijn vooral gericht op het "waar". Door nu de landmeetkunde en de fotogrammetrie te koppelen aan de teledetectie wordt duidelijk een brug geslagen van het "waar" naar het "wat" en "wanneer". Als men de ontwikkelingen op het gebied van de geografische informatiesystemen beziet, blijkt dat deze brug steeds steviger moet worden. De wageningse ingenieur is van oudsher voor het uitoefenen van zijn vak aangewezen op het gebruik van ruimtelijke informatie. Hij moet deze inwinnen, analyseren en verwer-

ken. Vanwege de geschetste ontwikkelingen zou ik hem willen toevoegen. "Je moet verdraaid goed je plaats weten".

Met het uitspreken van deze rede accepteer ik de leeropdracht, die is aangegeven met de trefwoorden "Landmeetkunde" en "Teledetectie". Uit het voorgaande zult u hebben begrepen dat deze disciplines niet op zichzelf kunnen staan. Het streven zal dan ook zijn naar een integratie van deze twee velden en de fotogrammetrie onderling, maar vooral naar een integratie met andere disciplines, die aan deze hogeschool beoefend worden. Deze integratie en het uitdragen van de daarbij ontwikkelde ideeën via het onderwijs zie ik als een uitdaging. Het is een voorrecht deze uitdaging aan te kunnen nemen, daarom dank ik Hare Majesteit Koningin Beatrix dat ze mij tot gewoon hoogleraar heeft willen benoemen.

Ik dank de bestuurderen van de Hogeschool voor het vertrouwen in mij, dat ze toonden door me voor te dragen voor deze benoeming. Ik hoop zeker dat vertrouwen niet te beschamen, al ben ik me ervan bewust dat de landmeetkunde, de fotogrammetrie en de teledetectie die u hier aan één vakgroep, ja zelfs aan één leerstoel opdraagt, bij de meeste andere instellingen voor wetenschappelijk onderwijs, in binnen- en buitenland, waar ze gedoemd worden over minimaal twee of drie leerstoelen verspreid zijn. Hoe groot het in mij gestelde vertrouwen is, blijkt uit het feit dat hoewel uit onze groep impulsen tot vernieuwing worden verwacht, en niettegenstaande de recente taakuitbreiding met de teledetectie, men toch met een gerust hart de vaste bezetting van de wetenschappelijke staf naast de hoogleraar van vier tot drie man teruggebracht.

Ik zou het echter geenzins als beledigend ervaren als men dit vertrouwen iets temperde en als blijk daarvan de vaste bezetting van de groep weer op het oude niveau bracht.

Hooggeleerde Baarda

Onze contacten duren al meer dan dertien jaar, de meeste tijd in de verhouding leermeester-leerling, eerst als afstudeerdocent en afstuderend student, later als promotor en promovendus. Na mijn benoeming hier in Wageningen werden deze contacten op minder formele wijze voortgezet en werd ik in de jij-stand verheven. Ik prijs me daarmee gelukkig, omdat ik je zie als degene die mij op de meest indringende wijze heeft beïnvloed bij mijn wetenschappelijke vorming. Ook al liggen de onderwerpen die mij nu zijn opgedragen niet meer geheel in de lijn waarop ik onder jouw toezicht heb mogen werken, toch zal ik in de wetenschappelijke houding die jij mij aanleerde, volharden. Jij hebt me geleerd om bij het aanvatten van een onderzoek altijd te zoeken naar de hoofdlijnen en de basisconcepten en daarbij de praktische gerichtheid van het onderzoek in het oog te houden, maar zonder me te laten afleiden door allerlei praktische problemen van oppervlakkige aard. Daarenboven is de vasthoudendheid waarmee je je eigen onderzoeksproblemen aanpakt voor mij altijd een voorbeeld en een stimulans om zelf vol te houden. Gesprekken die we in 1982 voerden hebben me zeker bemoedigd om de uitdaging die hier in Wageningen lag aan te nemen.

Geachte collega's en vrienden van het I.T.C.

Tien jaar en twee maanden heb ik in uw midden mogen vertoeven. Het waren tien leerzame jaren waarin ik na de theoretische scholing in Delft, in aanraking kwam met de praktische en pragmatische aanpak die de fotogrammetrie kenschetst. De aard van het I.T.C. maakte het echter ook mogelijk om meer of minder intensieve contacten te onderhouden met collega's uit andere vakgebieden. Een aantal mensen onder u ben ik in het bijzonder erkentelijk voor de vriendschappelijke, maar ook vruchtbare contacten die we in die jaren hebben opgebouwd.

Cor van den Hout, ik beschouw jouw als mijn geestelijk vader voor zover het mijn vorming als fotogrammeter betreft. Jij hebt

mij op je zeer eigen wijze ingevoerd in de fotogrammetrie en me vele jaren literatuurstudie bespaard. Daarnaast heeft jouw uitdagende houding me vaak aangezet tot het verrichten van onderzoek, wat dan meestal leidde tot publikaties en soms zelfs tot het ontwikkelen van computerprogramma-pakketten.

Theo Bouw, met jouw heb ik samen jaren lang een ondergrondse leerstoel bezet. Het was onze manier om tegen een onwillige bureaucratie in, onze ideeën uit te werken. In deze speelse opzet heb jij me wegwijs gemaakt op het gebied van de informatica en vooral de software-ontwikkeling. Ook deze contacten resulteerden in een aantal publikaties en een uitgebreid pakket computer programma's.

Sikke Hempenius en *Nanno Mulder*, jullie hebben me, ieder vanuit je eigen benadering, wegwijs gemaakt op het gebied van de remote sensing en de beeldverwerking. Mede door hetgeen ik van jullie geleerd heb, durfde ik deze functie hier in Wageningen aan.

Theo Bouloucos, our friendship started on the marketplace in Delft, while we were having a beer. You were a student at I.T.C. then. After that beer you decided to continue the M.Sc. course in photogrammetry, during which you got involved in my research. After you received your degree we worked closely together in teaching and research. When I left I.T.C. you got the full load of my work on your shoulders. Most important is however that you are not only a most loyal colleague, but also a close friend of my family.

Hooggeleerde van der Weele, beste Anton. Het I.T.C. stond onder jouw leiding toen ik daar in dienst trad en het is dan ook in eerste instantie aan jouw te danken, dat ik de kans kreeg me daar als wetenschappelijk medewerker te ontplooien.

Beste vrienden van het I.T.C. ik hoop ook vanaf deze positie nauwe contacten met u te onderhouden.

Geachte medewerkers van de vakgroep Landmeetkunde

Mijn binnenkomst in uw vakgroep is maar een van de vele veranderingen die u de laatste tijd te verwerken kreeg. Er waren nog meer mutaties in de staf en ook in het werkterrein van de groep. Hierdoor kreeg de groep een totaal ander aanzien, wat voor menigeen niet eenvoudig te verteren is. Niettegenstaande dat alles heb ik het eerste jaar dat ik met u werkte veel vriendschap onderhouden en een positieve gezindheid bespeurd om de nodige veranderingen door te voeren, ook al vond u mij wel eens te hard gaan. Hoewel kortingen op ons personeelsbestand en daarenboven kortingen op de werktijden en salarissen zeker niet motiverend werken, zie ik bij u nog steeds de bereidheid om u volledig, of meer dan dat in te zetten. Ik hoop maar dat externe factoren deze bereidheid niet al te veel onder druk zullen zetten.

Dames en Heren studenten

Het valt me op dat het de gewoonte is u bij dit soort redes achteraan te zetten, hoewel alles toch vooral om u draait, zoals heel expliciet wordt gemaakt bij de voor het capaciteitsplan uitgevoerde berekeningen.

Ik kom van een instituut waarvan de studenten, bij wiens opleiding ik betrokken was, de fotogrammetrie als beroep uitoefenden. Hier op de Landbouwhogeschool is dat niet het geval, ook niet voor de landmeetkunde en de teledetectie. In uw opleiding maakt u kennis met deze vakken om ze zo goed mogelijk in te kunnen zetten voor uw werk later. Ik hoop dan ook ten zeerste dat het onze vakgroep zal lukken om u de mogelijkheden van deze technieken te laten zien en om ze samen met u zo goed mogelijk af te stemmen op het gebruik dat u er later van zult maken.

René van der Schans dank ik voor het kritisch doorlezen van het manuscript van deze rede en voor zijn suggesties voor verbeteringen van de tekst.

Ik dank u allen voor uw aandacht.

Rhenen, nov.-dec. '84.