

TELEDETECTIE : HOE VER EN HOE FIJN

OPENBARE LES
uitgesproken bij
de aanvaarding van het ambt
van bijzonder hoogleraar in de Teledetectie
aan de Landbouwhogeschool te Wageningen
op 2 november 1978

door

Ir. S.A. Hempenius

Wat deze intree-rede voor U, Dames en Heren en voor mij bijzonder doet zijn heeft geheel verschillende redenen. Voor U mag de reden zijn, dat van de circa 2500 hoogleraren in ons land er slechts vier op de honderd behoren tot de vierde categorie, die van de "bijzondere hoogleraren". Voor mij betekent deze voordracht een kans om een groter gehoor te bereiken dan normaal het geval is. Want ook de leerstoel in de teledetectie ontkomt niet aan de regel, die de commissie van toezicht op de bijzondere leerstoelen en de bijzondere lectoraten recentelijk vaststelde, n.l. dat het instituut van de bijzondere leerstoel niet zo geweldig functioneert. De helft van de bijzondere hoogleraren heeft nauwelijks studenten en slechts een minderheid betekent echt iets voor het wetenschappelijk onderzoek.

Dat het bestuur van het Landbouwhogeschoolfonds mij toch nadrukkelijk heeft gevraagd om in het openbaar te treden d.m.v. een inaugurele rede zou mede verband kunnen houden met het ongewone accent op de bèta-wetenschappen bij de leerstoel in de teledetectie, waar de Wageningse bijzondere leerstoelen gewoonlijk in de alpha- en gammawetenschappen ingepast worden. In deze zin is de teledetectie-leerstoel ook bijzonder voor de Landbouwhogeschool, en eigenlijk in zekere mate voor het gehele instituut van de bijzondere leerstoel in Nederland. Toch zal ik in mijn college U duidelijk trachten te maken, dat het verschil t.a.v.

de inpassing in hard-, soft-, of firmosciences onder invloed van de factoren, die de ontwikkeling van de teledetectie bepalen, meer en meer vervaagt.

Dames en Heren,

Net als bij het begin van elke serie colleges in de teledetectie zal ik ook vandaag het onderwerp van studie voor U verklaren en trachten te definiëren. Teledetectie is de vernederlandsing van de in Romaanse talen gebruikelijke vorm van de Engels-Amerikaanse uitdrukking Remote Sensing. Dat de Landbouwhogeschool deze term, die in een dozijn jaren over de hele wereld ingeburgerd is, niet voert heeft zijn oorzaak in de gewoonte om in de omschrijving van een leerstoel geen buitenlandse uitdrukkingen te gebruiken. Dit leidde in het onderhavige geval niet tot verre voelen (v^{er}-voelen zou vanwege de dubbelzinnige betekenis van het voorvoegsel moeilijk gaan) en ook niet tot aardverspieding (waar ver juist de ongunstige betekenis heeft), maar tot teledetectie. Naar mijn ervaring een wat misleidende uitdrukking, zoals ook dit jaar weer bleek, toen een studente verklaarde, dat naar haar gevoel teledetectie minder moeilijk zou zijn dan remote sensing, en dat het laatste meer mystiek aandoet. Toch tast de gekozen uitdrukking teledetectie de inhoud die gedekt moet worden niet aan, mág het althans niet doen. Het is hierom dat ik de beide

vreemde termen door elkaar mag, en ook zal, gebruiken. Teledetectie en remote sensing moeten hetzelfde omvatten als het Franse télédétection, het Spaanse sensores remotos en het Duitse Fernerkundung. Wat het dan omvat blijkt uit de volgende functionele definitie, die ik zou willen gebruiken.

Remote Sensing of Teledetectie is

het inwinnen van gegevens omtrent aardse objecten, materialen en toestanden, met behulp van fysische meetinstrumenten opgesteld in snel bewegende vaar-, voer-, vlieg- of vuurtuigen en het verwerken van die gegevens enerzijds voor het kwalificeren, kwantificeren en kaarteren van de aarde en de daarop plaatsvindende verschijnselen en anderzijds voor het bewaken van processen aan en nabij het aardoppervlak.

Essentiëel in deze definitie is de gerichtheid op de aarde en de hiermee samenhangende twee doelstellingen: ten eerste het inventariseren en in kaart brengen van meer of minder statische objecten en toestanden, en ten tweede het in de gaten houden van veranderingen, het beschrijven van de dynamiek ervan, en het voorspellen van eventuele gevolgen op have en goed, op milieu en mens. Voor het efficiënt realiseren van deze taken is een relatief snel vervoersmiddel een eerste vereiste. Dit spreekt vanzelf als we aan "surveying and monitoring" van wat grotere gebieden dan proeftuinen denken, terwijl voor de tweede doelstelling op nationale,

regionale of continentale schaal eerder nog aan vuur-
tuigen en kunstmanen, dan aan vliegtuigen en onder-
zeeërs gedacht moet worden.

Vanuit deze gerichtheid op kaarteren en controleren en
het hieruit voortvloeiende gebruik van "moving plat-
forms" voor de opname-apparatuur is er vanzelfsprekend
geen direct contact mogelijk tussen het instrument en
de op te nemen objecten. Het eerste deel van de term
teledetectie - en van remote sensing - slaat dan ook
minder op ver in de betekenis van afstand, dan op het
op-afstand-blijven in de zin van niet aanraken. Het
"non-contact" is hier een essentiëler element dan het
vanaf-een-afstand opnemen. Feeling without touching is
daarom een goede verwoording van remote sensing, omdat
het tevens de onzekerheid t.a.v. de werkelijke aard
van het object fijntjes uitdrukt in feeling: aanvoelen,
zonder te voelen. Vluchtig verkennen typeert het ook
goed.

Enkele voorbeelden mogen U duidelijk maken, waarom het
hier zo al gaat. Luchtfotografie, d.w.z. het fotogra-
feren vanuit en niet vån de lucht wordt momenteel onder
remote sensing gegroepeerd al was dit vijf jaren geleden
nog niet zo ! Toen trachtten de deskundigen zich met de
nieuwe term af te zetten tegen de conventionele lucht-
waarnemingsmethoden, zoals zwart-wit en kleuren foto-
grafie en "airborne magnetometry". Die tijd is nu voorbij;
de definitie is geëvolueerd en heeft ook de oude en

beproefde technieken onder zijn betoverende vleugels genomen. Alles tezamen een gevarieerde verzameling van camera's, aftasters, sensoren, radars, snuffelaars, peiltoestellen en sondeerinstrumenten.

Radar vanaf een walpost aan de Nieuwe Waterweg wordt dus niet tot remote sensing gerekend. Vanaf een varend schip ook niet, omdat hij dan voor de navigatie dient. Wordt radar (de z.g. side-looking radar) vanuit een vliegtuig gebruikt met het oogmerk van kaarteren, dan is het opeens teledetectie, maar de iets andere weer-radar behoort weer niet tot onze verzameling.

Thermografie, het schrijven met warmtestralen, toegepast in een medische kliniek wordt niet tot de teledetectie gerekend. Vanuit een helicopter, een vliegtuig of een satelliet behoort het wel tot het arsenaal van R.S.-opname methoden, mits het gaat om de temperatuur- en emissiekaracteristiek van het aardoppervlak en de voorwerpen daarop.

Net zo vergaat het de onderwaterdetectiemethoden. Sonar toegepast vanaf een schip of duikboot voor het kaarteren van de zeebodem is teledetectie; toegepast in een ziekenhuis in een pre-nataal onderzoek valt het buiten onze mand. Zo zijn er nog meer voorbeelden te geven, maar die kunt U zelf ook wel vinden. Eén groep wil ik nog bespreken om U terug te voeren naar onze situatie.

Astronomische waarnemingsmethoden, waarmee b.v. het maanoppervlak in kaart gebracht kan worden vallen niet

onder remote sensing, omdat de activiteiten niet betrokken zijn op onze aarde. Wel is er duidelijk sprake van het op afstand spectraal bemonsteren van materialen onder natuurlijke omstandigheden, maar in de wetenschappelijke literatuur wordt astronomie niet onder remote sensing gegroepeerd.

We zien hieruit, dat teledetectie niet geheel - of geheel niet, het is maar hoe men het wil zien - gedekt wordt door de officiële omschrijving van de leerstoel:

Teledetectie, non-destructieve spectrale karakterisering van materialen onder natuurlijke condities.

Het zou ongebruikelijk zijn om een leeropdracht te aanvaarden wanneer deze zodanig omschreven is dat men als aangezochte specialist het er grotendeels niet mee eens is. Dat is in dit geval ook niet gebeurd, maar doordat mijn visie op dit vakgebied gedurende de afgelopen jaren veranderd is, sta ik nu kritischer tegenover de omschrijving dan in 1975. Ik meen, dat het tot beter begrip van de situatie waarin we ons bevinden zal leiden, wanneer ik met U de omschrijving punt voor punt analyseer. Het zal dan blijken, dat het nog niet zo gemakkelijk is om een sluitende, en tegelijk korte, omschrijving van teledetectie op te stellen.

Mijn eerste kritische opmerking betreft het bijvoegelijk naamwoord "non-destructief", dat gebruikt wordt ter

verduidelijking van het zelfstandig naamwoord karakterisering. Grammatikaal mag dit een correcte combinatie zijn; zinvol is zij hier niet. Men kan iets niet vernietigend karakteriseren, dat kan men slechts personen aandoen. Daarom kan het tegendeel ook niet op materialen slaan. Hier speelde de uitdrukking "non-destructive testing" de opstellers waarschijnlijk parten. Zij is op haar plaats bij het onderzoeken van materialen en levende weefsels met behulp van b.v. röntgenstralen, sonartechnieken of magnetische meetmethoden. Op basis van de testresultaten kan de onderzoeker dan trachten het materiaal te karakteriseren.

Mijn tweede opmerking signaleert de grote discrepantie tussen de onmiskenbaar bij elkaar horende termen tele en non-destructief. Enerzijds kan men b.v. een röntgenonderzoek verrichten met een stralingsbron, die nabij of zelfs in het materiaal aangebracht wordt, denk aan het controleren van lasnaden en gietstukken, en dan is er geen sprake van "op afstand". Anderzijds behoeft teledetectie in de zin van remote sensing niet noodzakelijk non-destructief te zijn. Het opsporen van levende wezens met behulp van laserstralen of geconcentreerde radiogolven zou wel degelijk schadelijk kunnen zijn voor gevoelige organen, ook al geschiedt het vanaf grote afstand.

Mijn derde opmerking heeft betrekking op het tweede bijvoegelijk naamwoord "spectraal". Dit slaat zinvol op karakterisering wanneer er in het EM-spectrum meerdere

metingen gedaan worden in verschillende golflengtebanden. Bij de multispectrale aftasttechnieken klopt dit. Het doet er dan niet toe of dit plaats heeft in het zichtbare gedeelte van het spectrum - dus in termen van kleur -, in het infrarood bij meerbandige thermografie of in de radiogolven bij passieve microgolfradiometrie. Maar bij zwart-wit fotografie, enkelband thermografie en bij de normale side-looking radar is de gekozen term "spectraal" eigenlijk niet relevant. En hoe moet het met de radar scatterometer en met gepolariseerde side-looking radar ? Om maar te zwijgen van de veldsterkte meting van het aardmagnetisch veld vanuit laagvliegende vliegtuigen, want deze remote sensing techniek valt geheel buiten de spectrale categorie.

Mijn vierde opmerking betreft een aanvulling op karakteriseren. Het blijkt meer en meer, dat de in het zichtbare en in het nabije infrarood opererende multispectrale technieken typisch geschikt zijn voor het opnemen van b.v. landbouwgewassen. Nu verandert de kleur van de meestal redelijk homogene percelen tijdens de groei op een, voor een specifiek gewas, typische manier. Het zijn juist de wat schokkerige wekelijkse kleurverschuivingen, die ons helpen een gewas één-duidig te karakteriseren. Om die reden zou ik liever willen spreken van spectraal-temporele karakterisering met behulp van een kenmerkruinte, die opgespannen is

door enkele kleurassen, b.v. groen, oranje-rood en nabij infrarood, én een tijdas met 30 à 40 halfwekelijkse intervallen.

Mijn vijfde opmerking is door iedereen te begrijpen. De omschrijving spreekt van materialen, die gekarakteriseerd moeten worden. Dit wil zeggen, dat m.b.v. de teledetectie moet blijken wat voor materialen er in het blikveld aanwezig zijn, gespecificeerd naar soort, samenstelling, verschijningsvorm, ruwheid, vervuilingsgraad en noem maar op. Helaas valt b.v. de specificatie naar temperatuur buiten deze opsomming, omdat deze geen materiaaleigenschap is, maar een toestandsgrootheid. Water is nog steeds water, al is het ijskoud of kokend heet. Het kan niet in de bedoeling hebben gelegen om teledetectie zo te definiëren, dat twee operationele remote sensing technieken, te weten infrarood thermografie en passieve microgolf radiometrie er niet onder vallen. Dit te meer niet daar groei van vegetatie veelal van de temperatuur afhangt en verschijnselen als nachtvorst, dauw en oververhitting significante invloed hebben op plant en dier. Behalve fysische toestanden, zoals temperatuur en magnetisatie, zal men ook graag fysiologische en pathologische toestanden van b.v. gewassen, bomen en planten willen waarnemen. Groeistadia, gezondheidstoestand, aantasting door insecten of schimmels, men zou ze, indien mogelijk, graag d.m.v. remote sensing willen kwalificeren en kwantificeren. Bovendien is het

belangrijk om het onderscheid te kunnen meten tussen gewasvariëteiten. En dan zijn het niet zozeer de verschillen in materiaal-technische zin, alswel fysiologische factoren, zoals de resistentie tegen droogte of ziekte, waar het op aan komt. Hier is eerder sprake van het kunnen differentiëren tussen gelijksoortige objecten, dan van het karakteriseren van materialen. Om deze redenen is het beter de teledetectie te richten op materialen, objecten en toestanden en niet louter op materialen.

Met de toevoeging "onder natuurlijke condities" ben ik het eens, omdat hierin het idee van buitenshuis fysica - natuurkunde in het vrije veld - doorklinkt en tevens de gerichtheid op het aardoppervlak erin gehoord kan worden, al sluit de toevoeging medische en astronomische applicaties helaas niet uit.

Het zal U, toehoorders, duidelijk zijn, dat teledetectie nog niet erg ver was toen enkele jaren geleden de leeropdracht omschreven werd. Men was toen, in de nadagen van de NIWARS, in Nederland nog in het "trial and error" stadium, vandaar dat het instellen van een bijzondere, want tijdelijke leerstoel een passende stap was. Of de bestaande omschrijving t.z.t. zo getransformeerd kan worden dat hij acceptabel wordt voor de vakmensen is echter nog een open vraag, zelfs na deze inleiding en de detailkritiek. Dit zit hem naar mijn idee vooral in

het sleutelwoord "karakterisering", wat een activiteit omschrijft, waarvan het nog zo zeker niet is, dat die überhaupt kan. Ik kom daar straks op terug. Voorlopig zullen we de definitie laten rusten.

Dames en Heren,

Na het afpalen van het activiteitenpatroon van de remote sensing en het definiëren van het eerste deel van de titel, zal ik mij in het verdere betoog richten op het tweede deel "Hoe ver en hoe fijn". Eerst hoe ver in de betekenis van afstand, n.l. de afstand waarover gemeten wordt - de voorwerpsafstand in de optica - en de daarmee samenhangende fijnheid van de detailweergave. Dan komt tevens ter sprake hoe ver we zijn in de tijd, d.w.z. hoe ver de teledetectie al ontwikkeld is en waar wij ons nu bevinden in dit mystieke vakgebied. Daarna zullen we bespreken hoe we verder komen, welke technische ontwikkelingen zich voor doen én in welke richting we verder zouden moeten gaan om de bruikbaarheid en het gebruik van dit arsenaal van gegevens verzamelende technieken in goede banen te leiden. In dit deel zal de nadruk weer op fijn komen te liggen, maar nu in de betekenis van fijn vinden, appreciatie en acceptatie door gebruikers, regeringen en de samenleving als geheel.

Het leek mij n.l. redelijk om, zo halfweg de termijn van maximaal vijf jaren, waarvoor de benoeming van bijzondere hoogleraren geldt, een positiebepaling te geven én een perspectief te schetsen in dit vakgebied door middel van een intree-rede, die al enigszins lijkt op een niet voorzien afscheidscollege. Het bestuur van het Landbouwhogeschoolfonds zal mijn visie kunnen betrekken in de overwegingen, die dit studiejaar al plaats moeten hebben om t.a.v. de teledetectie aan de Landbouwhogeschool tijdig over eventuele follow-up activiteiten te kunnen besluiten.

"Hoe ver, op welke afstand van het object heeft teledetectie of remote sensing plaats?"

Deze vraag heeft direct met remote (op afstand) en tele (ver) te maken en wordt dan ook geregeld gesteld. Het directe antwoord is, enigszins geschematiseerd als volgt.

Van ongeveer dertig meter tot dik dertig miljoen meter, onderverdeeld in zes trappen naar de moving platforms:

- van 30 m tot 300 m vanuit vaartuigen en zeer laag vliegende vliegtuigen;
- van 300 m tot 3.000 m vanuit kleinere vliegtuigen, eventueel helicopters;
- van 3 km tot 30 km vanuit speciale vliegtuigen met o.a. drukcabines;

van 30 km tot	300 km	vanuit raketten en na 1980 met space shuttle;
van 300 km tot	3.000 km	vanuit kunstmanen in lage banen en t.z.t. spacelab;
iets boven	30.000 km	vanuit geostationaire satellieten boven de evenaar.

Voor onderwater remote sensing ligt het accent op de eerste trap; voor airborne en orbital remote sensing op de tweede, respectievelijk de vijfde trap. Men ziet dat de mogelijkheden om ver te gaan de laatste decennia sterk verruimd zijn door het gebruik van straalvliegtuigen, raketten en satellieten. Een vergelijkbare verruiming heeft zich voorgedaan bij meettechnieken en het valt dan ook te begrijpen, dat de combinatie van opnametechnieken en moving platforms heeft geleid tot de stormachtige ontwikkeling van de remote sensing in de zeventiger jaren.

Toch verwacht de vraagsteller vaak onbewust een ander antwoord, omdat hij terecht meer geïnteresseerd is in het resultaat, het produkt, het opgenomen beeld, dan in de hoogte van waar af de gegevens ingewonnen werden. Dan komt de kwestie dus neer op de vraag: "Hoe fijn zijn de kleinste details die nog te zien of te herkennen zijn?" Bij deze vraag wil ik even stilstaan, om U een inzicht te geven in de mogelijkheden van de R.S.-technologie. U zult dan versteld staan wat er zoal kan in de remote

sensing, ook al zal het waarnemen van een golfbal vanuit een satelliet vooralsnog slechts in Fabeltjesland mogelijk zijn. Wel zult U bereid moeten zijn het vakjargon, waarin de ontwerpers en gebruikers spreken te leren, of tenminste één nieuw woord, het acroniem PIXEL.

Een pixel is een picture element: pi van picture, el van element, een X ertussen voor de uitspraak en zie daar pixel. Het is het equivalent op het aardoppervlak van één beeldpunt, één stipje op een lijn van Uw televisiescherm, één kleinste, zinvolle agglomeratie van korrels in een fotografisch negatief. Een afbeelding kan opgebouwd gedacht worden, en ook echt opgebouwd worden uit losse beeldelementen, in rijen en kolommen gearrangeerd, elk met een eigen helderheid, grijswaarde of kleur. Zoals een merklap bestaat uit enkele tienduizenden kruissteken, zo is een satellietbeeld opgebouwd uit enkele miljoenen pixels, d.w.z. vierkantjes die elk op het aardoppervlak b.v. 70 m x 70 m beslaan, dus zo'n halve hectare per pixel. U ziet, dat we hier de term pixel gebruiken in de beeldruimte en dat we toch net doen alsof we het hebben over een oppervlak van zo en zoveel vierkante meter op de grond.

Dit nieuwe begrip pixel kan ook toegepast worden op de luchtfoto. Wanneer we ons voorstellen, dat we een negatief per mm 40 à 50 keer doormeten, puntje voor

puntje bemonsteren, en de gemeten grijswaarden noteren of op magneetband vastleggen, dan hebben we een foto omgezet in een reeks getallen, die daarna in een gepixelde afbeelding getransformeerd kan worden. Dat deze denkwijze en dit taalgebruik ongebruikelijk was bij luchtfotografie komt omdat daarbij met het begrip schaal goed gewerkt kan worden. Bij elektronische opnametechnieken, waarbij de gegevens eerst op een bandrecorder geregistreerd worden, verliest het begrip schaal zijn waarde. Daarom is de term pixel in zwang gekomen om de fijnheid van een afbeelding te specificeren. Zo is een afbeelding met 8 pixels/mm acceptabel op een leesafstand van 25 cm - merkt U weer die combinatie van fijn en ver? -, kan 4 pixels/mm nog net door de beugel, al is er dan al sprake van oververgroting, en is een goede kwaliteit luchtfoto equivalent aan een gepixelde beeld met 40 à 50 pixels/mm.

Zopas heb ik U verteld, dat de huidige Landsatbeelden van de NASA pixels hebben van ongeveer 70 m lengte en breedte. Dat dit zo grof is komt naar ons gevoel door de grote hoogte van de satelliet, n.l. 915 km, dus meer dan honderd maal hoger dan die van een vliegtuig. In een lagere baan zou de satelliet kleinere pixels kunnen leveren, maar met civiele satellieten zou men zo slechts een factor twee kunnen winnen, omdat anders de nuttige levensduur van de kunstmaan van enkele jaren naar enkele maanden terugloopt. Beneden circa 500 km remt de satelliet namelijk te snel af door "lucht"-wrijving en zakt dan

naar steeds lagere banen, waardoor hij ongeschikt wordt voor de aardwaarneming. Wat kunnen we nu van satelliet remote sensing verwachten en hoe groot zijn de pixels in de professionele luchtfotografie ?

Luchtfoto's worden gelukkig vanuit veel lagere hoogte genomen en kunnen veel kleinere pixels vertonen. Zo is een gangbare waarde bij een vlieghoogte van 4.000 m een pixel van ongeveer 1 m, overeenkomend met een schaal van b.v. 1 : 40.000 bij het gebruik van een extreme groothoeklens. Dalen tot 400 m geeft een pixel van pak weg 10 cm, maar verdere verlaging van de vlieghoogte is niet alleen gevaarlijk, maar ook weinig effectief, omdat de pixels niet evenredig kleiner worden. Dit komt doordat gefotografeerd wordt vanuit een snel bewegend vliegtuig - U herinnert zich ongetwijfeld de definitie van remote sensing -; er treedt dan bewegingsonscherpte op. Bij een vliegsnelheid van 250 km/uur, dus 70 m/sec en een belichtingstijd van een milliseconde is de bewegingsonscherpte al 7 cm en kan een pixel dus echt niet kleiner zijn dan 10 cm.

Hoogte is dus niet alleen bepalend; er worden ons ook beperkingen opgelegd door de eindige snelheid van sensoren en emulsies én door de hoge (maar wel eindige) snelheid van het voertuig. En een satelliet in een lage baan beweegt snel t.o.v. de aarde; zijn geprojecteerde grondsnelheid is bijna 7 km/sec, dus 100 x zo snel als

het vliegtuig uit het net gegeven voorbeeld. Een lucht-camera in een satelliet - overigens een ongelukkige combinatie van twee op zichzelf heel knappe technologische prestaties - zal dientengevolge geen kleinere pixel kunnen leveren dan van ongeveer 10 m in het vierkant. De Russische Salyut met camera's uit Jera komt aardig in deze richting en in de tachtiger jaren zal een Zeiss camera vanuit Spacelab deze prestatie overdoen op groter formaat. Diegenen, die gewend zijn in termen van schaal te rekenen moeten hier denken aan 1 : 400.000, onafhankelijk van de hoogte, tenminste wanneer de brandpuntsafstand aangepast wordt (van 10 cm op 40 km tot 1 m op 400 km) en mits de relatieve opening gelijk blijft. Daar de gangbare schalen in de luchtkaartering zich bewegen tussen 1 : 4.000 en 1 : 40.000, met af en toe een uitschieter naar boven of beneden met een factor 2, en zelden met een factor 3 of 4, zijn beelden van 1 : 400.000 wel een aanwinst voor de gebruiker. Ze stellen hem echter dikwijls voor problemen, omdat ze zover buiten het gewone schaalbereik liggen, dat de aansluiting bij het gangbare werk veelal gemist wordt.

Hoe staat het nu met de optisch-elektronische opname-technieken, die eerder in aanmerking komen voor operationele aardwaarnemingssatellieten ? Kunnen die dan straks de kloof overbruggen tussen luchtfoto's met 1 m pixels en de 70 m pixels van de Landsat van nu ? Ja en

nee ! Ja, in deze zin dat er technisch een flinke stap in de goede richting gedaan kan worden door het gebruik van nieuwe sensoren, die in de afgelopen jaren ontwikkeld zijn. Om U dat duidelijk te maken moet ik U iets van de werking van de U welbekende Landsat satellieten vertellen, waarbij ik maten en getallen iets zal afronden voor de duidelijkheid.

Sinds 1972 nemen deze satellieten beelden op met een multispectrale aftasttechniek waarbij, dwars op de baan, in ééndertigste seconde een strook van 70 m breed en 185 km lang m.b.v. een bewegende spiegel langs een gevoelige sensor bewogen wordt. Elke 10 microseconden wordt de helderheid van één pixel bepaald. De dwarse aftastsnelheid is heel hoog, n.l. 7.000 km/sec, en daar de voorwaartse snelheid van de satelliet een factor duizend lager is ligt het voor de hand om de aarde in die richting af te tasten, waarbij veel langer belicht kan worden. Dit is nodig omdat er anders, bij gelijk blijvende optiek, van kleinere pixels onvoldoende licht opgevangen wordt. Hiervoor zijn z.g. linear arrays van enkele duizenden kleine gevoelige sensoren nodig, die dwars op de baan in het brandvlak van de optiek gemonteerd moeten worden. Inplaats van de grond af te tasten op de wijze waarop een baanveger te werk gaat zullen de volgende generaties satellieten het doen zoals een straatveger werkt: voor zich uit schuivend met een brede bezem. Deze z.g. push-broom scanners met

charge coupled devices (CCD) sensoren bestaan en zullen o.a. ingebouwd worden in de Franse SPOT aardwaarnemings-satelliet, die in 1984 ook geregeld over ons land zal komen. Een korte berekening, gebaseerd op een redelijke gevoeligheid en spiegel diameter leert, dat dan 100 x kleinere pixels gerealiseerd kunnen worden, n.l. van 7 à 10 m. De belichtingstijd wordt 1 milliseconde, de bewegingsonscherpte 7 m. De Fransen mikken momenteel op 20 m multispectraal en 10 m in een brede panchromatische band.

Theoretisch kan men verder komen d.m.v. een grotere diameter van de primaire spiegel, wat weldra nodig is om de buiging te beperken, maar een betere weg is het gebruik van een matrix van CCD-sensoren.

Met 100 linear arrays parallel opgesteld is door integratie van het over de matrix-elementen lopende beeld nogmaals een tienvoudige reductie in pixelafmetingen in principe mogelijk. Met deze en andere trucjes om de bewegingsonscherpte te minimaliseren, zal het mogelijk zijn om vanuit satellieten beelden op te nemen van vlakke gebieden op aarde met pixels van 1 m in het vierkant, al is het nog niet zo ver.

Voor civiele toepassingen zal het ook niet zo ver komen. Er is geen geldige reden om vanuit de ruimte dat te doen wat vanuit de lucht veel goedkoper kan en beter voor wat betreft het bepalen van de hoogte d.m.v. stereoscopie.

Vijf meter pixels zullen wel komen, en misschien 2,5 m, hetgeen overeenkomt met een luchtfoto van 1 : 100.000, maar hierop moet men in de tachtiger jaren nog niet rekenen. Dit vooral niet omdat vele regeringen dat niet zo fijn zullen vinden, maar hierover dadelijk.

Dat de spionagesatellieten naar men zegt, en naar we concluderen moeten, pixels halen van 0.5 m en minder, doet hier niet terzake, omdat de gemaakte beelden niet voor Jan en alleman beschikbaar zijn. Wel blijkt dat het gerucht van de golfbal bijna geen sprookje meer is. Op de vraag of de kloof tussen de fijne beeldkwaliteit van de luchtfoto en de zoveel grovere detailweergave van de huidige satellietbeelden spoedig overbrugd kan worden zijn dus de antwoorden: "Ja, technologisch wel !" en "Nee, politiek voorlopig niet !"

Voor we de andere kloof, n.l. die tussen de haast betoverende ruimtevaarttechnologie en de met beide benen op de grond staande gebruiker zullen trachten te overbruggen, moet ik U eerst in-the-picture brengen t.a.v. twee andere remote sensing technieken, die dit jaar in vier verschillende aardobservatie-satellieten beproefd worden.

Als eerste de synthetische apertuur radar in de Seasat kunstmaan. De pixelgrootte van de radarbeelden is 25 m. Waarschijnlijk is 10 m t.z.t. haalbaar, al vraagt dat

een veel hoger vermogen. Omdat bij radar de pixelgrootte in eerste benadering niet van de hoogte van het vliegtuig of de satelliet afhangt, heeft de commerciële airborne radar momenteel ook pixels van 50 m à 20 m, hoewel zojuist vrijgegeven vliegtuigradars in de V.S. tot 10 m en zelfs 3 m doorgestoten zijn.

Als tweede de infrarood thermografie. De meteo-satelliet NOAA-5 heeft pixels van ongeveer 1.000 m, de experimentele Heat Capacity Mapping Mission (HCMM) kunstmaan komt met 500 m pixels en de thermische band in Landsat-3 haalde 250 m. Wat de toekomst hier zal brengen hangt voornamelijk van de ontwikkeling van de sensoren af; Duitse satelliet-ontwerpers rekenen over een jaar of zeven op 80 m.

Hiermee is genoeg gezegd over de fijnheid in ruimtelijke zin, één van de zes essentiële eigenschappen van remote sensing opnamen, ook wel spatiële resolutie genoemd. Misschien is het voor de oudere toehoorders niet overbodig toe te voegen dat het klassieke oplossend vermogen van een afbeelding ongeveer 2.8 x kleiner is dan het aantal pixels per mm in het beeld.

Rest mij nog de beloofde overbrugging naar de grootte van objecten, die men in gepixelde beelden kan zien, identificeren, interpreteren, bemeten en kaarteren. Al moeten de volgende uitspraken met de nodige voorzichtigheid uitgelegd worden, toch meen ik dat elke gebruiker van remote sensing er zijn voordeel mee kan doen.

- Voor het opmerken van een detail moet dit minstens 1 à 4 pixels beslaan, maar zekerheid dat het geen storing of bitfout in de beeldoverdracht is, ontbreekt.
- Voor zekerheid in de waarneming van een detail zijn bij een vierkant veld 9 à 25 pixels vereist; inclusief wat langwerpige velden komt het neer op 10 à 40 pixels. Identificatie op kleur is dan in die gevallen mogelijk waarbij er voldoende contrast t.o.v. de omgeving is.
- Voor het identificeren van bv. gewassen moeten de homogeen gekleurde percelen in het algemeen een oppervlak van 100 à 400 pixels hebben, met een lengte-breedte verhouding van hoogstens één op drie.
- Voor het redelijk nauwkeurig bepalen van het oppervlak van afzonderlijke percelen zijn 1000 à 4000 pixels per veld wenselijk bij niet te onregelmatige vorm. Bij vierkante gebiedjes is identificatie op basis van textuur vaak mogelijk.
- Voor het in kaart brengen, d.w.z. het opnemen van een gebiedje als afzonderlijke eenheid in een thematische kaart, moet het minstens uit 10.000 à 40.000 pixels bestaan. Dit komt in luchtfoto's overeen met 2 à 5 mm in het vierkant, afhankelijk van de beeldkwaliteit.

Uit deze opsomming kan de onderzoeker deduceren, dat voor een eerlijke vergelijking van een zwart-wit luchtfoto met een set multispectrale satellietbeelden de pixels in de laatste 3 x grover, dus 10 x groter in

oppervlak mogen zijn dan in de eerste. Dit vindt zijn oorzaken in het iets andere gebruik en in de betere identificatiemogelijkheden van gekleurde objecten d.m.v. de spectrale informatie.

Geachte toehoorders,

Na deze sprong in de ruimte terug naar de aarde, naar mens en samenleving, naar de alpha- en gamma-aspecten van de ruimte-technologie, waarvan in de inleiding gerept werd. Remote sensing is gericht op de aarde en wordt uiteindelijk gedaan dóór mensen en vóór mensen. Remote sensing moet daarom aanvaard worden door diegenen, die het doen, zowel als door diegenen, die het betreft. Twee facetten wil ik hier aanroeren, n.l. het verwerken van de opgenomen beelden door mens en machine én het verwerken van deze gehele technologie door de samenleving. In beide gevallen is het nodig, dat de mens een actieve rol speelt, al lijkt dat soms bijna onmogelijk met de voor de deur staande revolutie in de micro-electronica en het Big-brother-is-watching-you syndroom van 1984.

Het verwerken van de d.m.v. remote sensing technieken ingewonnen gegevens lijkt op twee manieren te kunnen, n.l. door specialisten in de verschillende disciplines van de aardwetenschappen en door computers. Omdat de meest gangbare remote sensing technieken beelden van

het aardoppervlak produceren, hetzij direct, zoals luchtfotografie, hetzij langs een omweg via de elektronica en de magneetband, komt de menselijke foto-interpreteur wel aan bod. Mensen zijn verbazend efficiënt in het verwerken van beelden. Ze zijn flexibel, werken zeer selectief en zijn in staat om associatief te denken, waardoor ze niet gauw van de wijs gebracht worden door toevallige factoren. Digitale computers kunnen weliswaar de gegevens direct van de band verwerken, maar zijn alleen in staat een opdracht uit te voeren als die goed geformuleerd en geprogrammeerd is en als de gegevens het toelaten om tot éénduidige resultaten te komen, zoals b.v. bij de karakterisering van materialen op basis van spectrale gegevens. Na 10 jaren onderzoek met multispectrale technieken lukt het identificeren van materialen onder natuurlijke omstandigheden maar matig buiten het laboratorium en de proeftuin. Dit ligt niet aan de computers, ook niet aan de software, maar aan de natuur zelf. De natuur is grillig, veelzijdig, gevarieerd, weinig homogeen, en erg complex, doordat er voor één bepaald verschijnsel, b.v. een kleurverandering van een gewas, vaak meerdere factoren verantwoordelijk zijn. Grote computerfirma's zijn nu voorzichtiger dan in 1975 om hun naam aan automatisch gemaakte satellietkaarten te koppelen, nu die kwalitatief vaak beneden de maat zijn. Bij het ITC hebben we dezelfde ervaring opgedaan en hoeden ons daarom voor automatische interpretatie. Wel wordt de computer steeds belangrijker

om uit de veelheid van de gegevens die beelden te genereren, die om fysische en mathematische redenen de menselijke interpreteur het beste tot zijn recht laten komen. Daar het in de regel om zeer veel gegevens en ingewikkelde transformaties handelt, is onze hoop voor snelle verwerking gevestigd op de nieuwe supersnelle rekenchips, op de microprocessoren en op array-processing. Ondanks dat de voorverwerkingstijd dan van uren tot minuten teruggebracht wordt blijft de mens met zijn kunst en kunde in het beeld en heeft hij dus het laatste woord. Een aanvaardbare zaak in deze tijd !

Het is overigens mede om deze redenen, dat ik meen dat "karakterisering" uit de omschrijving van de leeropdracht niet geheel op zijn plaats is. Een foto-interpreteur komt slechts zelden tot absolute uitspraken en éénduidige karakterisering van materialen. Zelfs in het spectrale domein hebben we meestal te weinig onafhankelijke metingen tot onze beschikking om de vele onbekenden die in het spel zijn op te kunnen lossen. Drie observaties mogen deze contra-revolutionaire opvatting ondersteunen.

- Ten eerste blijkt, dat multispectral sensing vanuit vliegtuigen nauwelijks nog toekomst heeft, nu MSS vanuit satellieten doorstoot naar kleinere pixels en de visuele interpretatie en computer verwerking van airborne MSS zo veel lastiger, duurder en

moeilijker is dan van MSS vanuit de ruimte.

- Ten tweede blijkt, dat er bij het inwinnen van gegevens een tendens heerst naar panchromatische opnamen met fijnere pixels, om objecten daarmee op vorm te herkennen.

De return-beam vidicons van Landsat-3 en de 10 m pixels van de SPOT zijn daarvan twee voorbeelden.

- Ten derde werd dit voorjaar in een speciale remote sensing cursus op het ITC door de deelnemers uitgesproken dat kleinschalige remote sensing beelden, al is er op zichzelf niet zo goed mee te werken, een extra waarde toevoegen aan beschikbare luchtfoto's en bestaande kaarten. Dit vooral wanneer die beelden recent zijn en regelmatig en snel ter beschikking komen van de gebruikers. Het is kennelijk het samenspel tussen het bestaande en het nieuwe wat tot de beste resultaten leidt en niet het nieuwe alleen !

Nu de belangrijkste teledetectietechnieken vanuit satellieten beproefd worden en men plannen maakt voor operationele systemen is de vraag hoe de samenleving deze aarverspiedingstechnieken soepel kan verwerken zeker op zijn plaats. Hierbij moet niet slechts aan nationale inpassing gedacht worden, maar ook aan de internationale aspecten van het inwinnen, verspreiden, gebruiken, en eventueel misbruiken, van de beelden en banden met gegevens. Aardobservatiesatellieten draaien

hun baantjes immers over praktisch alle landen en kunnen weldra tamelijk gedetailleerde beelden opnemen van geselecteerde gebieden en deze informatie doorsturen naar de opdrachtgever !

Deze ruimte technologie ontwikkelt zich op kosten van de belastingbetalers helaas bijna autonoom, vrijwel onafhankelijk van potentiële gebruikers en praktisch zonder parlementaire controle, net zoals dat in de vijftiger jaren met de kernenergie gebeurde. "Atoms-for-Peace" van toen en "Satellites-for-Peace" van nu; het mag de bedoeling zijn, maar het gaat niet vanzelf ! Waar men vijf jaren geleden met de Landsat-1 nog enthousiast was over de staaltjes van technisch vernuft, daar kijken de autoriteiten in verscheidene landen nu al bezorgd wanneer er weer fijnere beelden beloofd worden door de satelliet-ontwerpers. Toch zal de Amerikaanse slagzin "technisch kan het, dus moet het ook" hier wel opgaan, ook al holt de technologie de sociale én politieke aanpassing voorbij.

Regeringen staan onder druk van wetenschapsmensen, van potentiële gebruikers, van industrieën en van multi-nationals. Ze willen wel iets doen maar het ontbreekt hun aan realistische concepten. Daarom komt er weinig bruikbaar uit een algemeen literatuuronderzoek en levert een commissie eerder frustraties dan resultaten op. Moeten regeringen dan tot daden overgaan en elk voor zich een nationale aardobservatiesatelliet financieren en door de

eigen industrie laten bouwen ? De industrie dringt er in verschillende landen wel op aan; de wetenschapsmensen ondersteunen hen, maar de gebruikers worden niet gehoord, want die zijn er nog niet. En bij gebrek aan inzicht beseft men niet dat één zwaluw geen zomer maakt, dat één satelliet geen operationeel systeem is. Hoe moet het dan wel ? Staan er voor regeringen nog wegen open ?

Dat er mogelijkheden lijken te zijn blijkt uit een verklaring van het "Comité voor het vreedzaam gebruik van de ruimte" van de Verenigde Naties, dat in supplement No. 20 (A/33/20) van 7 augustus 1978 in punt 29 constateert dat "verscheidene toekomstige operationele systemen (voor aardobservatie vanuit de ruimte) met geheel verschillende wijzen van functioneren en met onderscheidene karakteristieken opgezet zouden kunnen worden door verscheidene landen of organisaties". Deze verklaring, die recentelijk aangeboden werd aan de algemene vergadering van de Verenigde Naties, heeft het nodige gewicht omdat de problematiek en de mogelijkheden van het gebruik van de ruimte al vele jaren bestudeerd worden door het technisch-wetenschappelijk en door het juridische subcomité van de bovengenoemde UNCOPUOS. Eigenlijk legt deze verklaring bij aanvaarding door de V.N. de landen de morele verplichting op om bij hun aardobservatie-activiteiten andere werkwijzen te beproeven dan die van de Amerikanen, de Russen en de Fransen. Daar het duidelijk is dat de wezenlijke problemen te maken hebben met het begrip soevereiniteit (m.a.w. of

de regering van een land het wel zo fijn vindt dat er door anderen gedetailleerde opnamen van gemaakt worden) en met acceptatie door de gebruiker (d.w.z. of de gebruiker de dienstverlening en het geleverde produkt fijn vindt), is een politieke stellingneming nodig t.a.v. de opzet en werkwijze van een internationaal acceptabel operationeel aardverspiedingssysteem. Bij het onderzoek naar mogelijke systemen en vooral bij de keuze van een na te streven concept zal blijken dat de problemen in de alpha- en gammahoek zitten. De techniek zal vanuit de bètakant als hulpmiddel moeten dienen voor mogelijke oplossingen en niet als dwangmiddel om maatschappelijke of politieke ontwikkelingen te forceren.

Tot slot van dit college, geachte toehoorders, wil ik U één zo'n concept schetsen, om U te laten zien hoe ver wij zijn. In mijn afdeling aan het ITC hebben wij deze zomer specificaties opgesteld, gebaseerd op ervaringen in de ontwikkelingslanden, voor een "user-friendly" teledetectie-systeem vanuit satellieten. We zijn daarbij uitgegaan van, U raadt het nooit, de telefoon en de televisie. De telefoon is een eeuw geleden opgezet zonder dat de gebruikers gehoord werden, met de televisie ging het zestig jaar later net zo. Beide systemen hebben t.g.v. de goede keuze van het concept in één generatie een zo grote groep van gebruikers weten te binden dat ze financieel voldoende sterk staan om de al betrouwbare service continu te kunnen verbeteren en de kwaliteit van het produkt te verhogen.

Dit alles zonder de gebruiker lastig te vallen, maar ook zonder hem op kosten te jagen. De apparatuur bij de gebruiker thuis, de telefoon en de TV, is slechts heel geleidelijk gewijzigd, onafhankelijk van de weg waarlangs de boodschap overgebracht werd: via kabel, radioverbinding of communicatiesatelliet.

Deze en andere punten zijn in een iets andere vorm ook bij een teledetectiesysteem essentieel voor succes. Verschillen zijn er met name in de rol die de regering toekomt. Zo is de telefoon een communicatiemiddel tussen twee individuen, is de televisie een in één richting werkend communicatiekanaal tussen regering en bevolking en zal de teledetectie voornamelijk de communicatie dienen van regeringsdiensten met het nationale grondgebied en de territoriale wateren.

Gelijktijdig met het leren-van-de-telefoon/visie hebben we een pakket van eisen opgesteld die de gebruikers aan een operationeel teledetectiesysteem kunnen stellen, en tevens hebben we de specificaties geformuleerd voor de instantie die t.z.t. moet toezien op de werking van het systeem en belast zal worden met de bedrijfsvoering. Ons algemene concept gaat er van uit dat elk land zelf de over haar grondgebied komende satellieten opdracht kan geven voor het maken van die opnamen van het eigen gebied waaraan het op dat moment behoefte heeft, binnen de technische mogelijkheden van het systeem. De opnamen worden dan onder

strikte geheimhouding gemaakt en direct exclusief uitgezonden naar het nationale grondstation van het betrokken land. Hierdoor heeft de organisatie die het satelliet-systeem beheert geen enkele bemoeienis met de door een bepaald land opgenomen beelden. De organisatie biedt slechts een dienstverlening aan, net als bij de telefoon, en streeft geen macht na. Hiermee wordt waarschijnlijk een conflict vermeden tussen de internationale afspraken over het open gebruik van de ruimte en de nationale soevereiniteitsopvattingen van de afhankelijke landen. Immers de verspreiding van de opgenomen beelden is geheel een zaak van het betrokken land: de nationale kaarteringsdiensten kunnen snel de gewenste opnamen krijgen terwijl het land slechts die beelden voor internationale verkoop aanbiedt die het vrijgegeven heeft.

Ik zal U niet vermoeien met gedetailleerde eisen en specificaties, laat het genoeg zijn als ik U vertel dat gebruikers drie soorten eisen kunnen stellen. Teen eerste aan de algemene dienstverlening, ten tweede aan de radioverbinding tussen het nationale grondstation en de overkomende satelliet, en ten derde aan het produkt: de ingewonnen gegevens. Eén karakteristiek technisch detail wil ik hier noemen. Een remote sensing satelliet is in dit concept ook uitgerust met een soort televisie-camera waarmee hij, enigszins vooruitkijkend, een grof beeld opneemt van het land en de bewolking. Het wolkenbeeld wordt zichtbaar gemaakt op een TV-scherm in het grond-

station. De operateur heeft dan 10 sec. de tijd om te beslissen welke strook van het land met de remote sensing instrumenten opgenomen moet worden, afhankelijk van de bewolking en de wensen van de gebruikers. Hiermee zal het opnemen efficiënt gestuurd kunnen worden, terwijl het station zelf een grote inspraak heeft t.a.v. de remote sensing van en voor het eigen land. Uit dit detail hebt U een idee kunnen krijgen van het onderzoek naar mogelijke concepten voor toekomstige teledetectiesystemen.

Samenvattend zie ik de ontwikkeling zo: De huidige pogingen om satelliet remote sensing van de grond te krijgen zijn technisch bewonderenswaardig, maar politiek onvoldoende doorgedacht. Zonder een, vooral voor de ontwikkelingslanden fijnere opzet komen we zo niet verder. Zelfs bij een duidelijke politieke stellingneming, het aanvaarden van een realistisch concept, het ter beschikking stellen van de fondsen en het aanbesteden van de bouw, zal het nog een tiental jaren duren voor er sprake kan zijn van een operationele teledetectie-dienst. En pas wanneer zo'n internationale aardobservatiedienst zodanig geaccepteerd en benut wordt in de afhankelijke landen van onze planeet dat hij, in analogie met de TV, door de gebruikers TD genoemd wordt, pas dan zal de Teledetectie niet meer bijzonder zijn.

Dames en Heren,

Aan het einde van deze rede dank ik Hare Majesteit de Koningin voor de bekrachtiging van het voorstel voor mijn benoeming tot bijzonder hoogleraar aan de Landbouwhogeschool.

Het College van Bestuur van de Landbouwhogeschool ben ik erkentelijk voor het in mij gestelde vertrouwen.

Het Bestuur van het Landbouwhogeschoolfonds dank ik voor het voordragen van mij voor het vervullen van de leeropdracht behorend bij de door hem gevestigde bijzondere leerstoel in de teledetectie.

De vakgroep Natuur- en weerkunde ben ik dank verschuldigd voor de bereidheid om mij onderdak te bieden, het Internationaal Bodemkundig Museum voor de geboden colleggeruimte, en beiden voor de praktische steun, de professionele contacten en de puike koffie.

De andere vakgroepen waar ik contacten mee heb, dank ik voor de samenwerking in ons gemeenschappelijk vakgebied. Ik reken op verdere uitbreiding van de contacten, waarbij ik - dit ter geruststelling - ervan uit ga dat het onderricht in het praktische gebruik van de teledetectie slechts in de betreffende vakgroepen kan geschieden.

Dierbare Leermeesters,

Mijn peet- en grootvader wekte de nieuwsgierigheid naar

de verschijnselen in de natuur bij mij op, mijn vader liet mij deze in Delft bevredigen, en U, hooggeleerde Prins kon daaraan voldoen door mij natuurkundig te leren denken.

Mijn eerste baas, Dr. W. Schermerhorn, die ik hier net zo sterk mis als mijn vader, gaf mij de kans het geleerde uit te dragen en mij verder te bekwamen, en U, hooggeleerde Van der Weele, hebt als volgende rector van het ITC mij ruimschoots de mogelijkheid gegeven mijn creativiteit op het gebied van de remote sensing vorm te geven én zelf vorm te vinden.

Dames en Heren medewerkers op het ITC,

Van U heb ik ondermeer geleerd dat de natuur zelf ons, natuurkundigen, op afstand houdt als we in onze hoogmoed denken haar louter met de teledetectie te lijf te moeten gaan. De uitspraak van één van U, dat je, om een goede vegetatiekaartering uit te kunnen voeren minstens een paar keer in die vegetatie geslapen moet hebben, onderschrijf ik letterlijk voor deze discipline.

Dames en Heren studenten,

Wanneer U uit het voorgaande mocht concluderen dat ik U op het college Teledetectie in slaap tracht te brengen, hebt U de essentie niet door, want hypnose en bovennatuurlijke perceptie vallen beslist niet onder remote

sensing. Veeleer zal ik trachten U de ogen te openen voor de fysische en operationele aspecten van de tele-detectie en U te leren Uw eigen weg te vinden door de veelheid van aangeboden technieken, beelden en geschriften. Diegenen onder U die later iets met surveying and monitoring te maken krijgen, hier of in de ontwikkelingslanden, zullen dan niet met grote ogen staan te kijken naar de alledaagse produkten van de tele-detectie.

Zeer gewaardeerde toehoorders,

Ik dank U voor Uw aandacht.

Afkortingen en verklaringen.

- Airborne - Vanuit de lucht; evt. door de lucht gedragen.
- CCD - Charge coupled devices, gebruikt voor linear array sensoren, b.v. in pushbroom scanners.
- EM-spectrum - Elektro-magnetisch spectrum, waarin voor de teledetectie van belang zijn: licht, nabij infrarood, midden infrarood, korte en heel lange radiogolven.
- Geostationair - Een satelliet op circa 36.000 km, die in het vlak van de evenaar oostwaarts beweegt heeft een omwentelingstijd van 24 h minus 4 minuten en blijft daarmee stationair boven een punt op de evenaar staan, omdat de aarde evensnel draait in dezelfde richting: geo-stationair.
- HCMM - Experimentele Heat Capacity Mapping Mission kunstmaan van NASA, die op het heetst van de middag en op het koudst van de nacht overkomt (1978 -).
- Hoogleraren - Gewone : volledige aanstelling aan universiteit of hogeschool.
Buitengewone: gedeeltelijke aanstelling b.v. 2 dagen in de week.
Kerkelijke : aanstelling aan Theologische hogeschool of universiteit.

Bijzondere : aanstelling door stichting
die leerstoel financiert;
1 uur à 1 dag per week.

- ITC
 - Internationaal Instituut voor Lucht-
kaartering en Aardwetenschappen te
Enschede.
- Landsat-1
 - Oorspronkelijk ERTS-1 genoemd; eerste
NASA aardobservatiesatelliet met MSS-
scanner en RBV-camera's (1972 - 1976).
- Landsat-2
 - Zelfde instrumenten als -1, eens in de
18 dagen overkomend (1975 - 1979).
- Landsat-3
 - Return-Beam Vidicon camera's zijn een
faktor 2 beter dan van -1 en -2, maar
werken slechts in één band, de nieuwe
thermische MSS-band werkte slechts kort
(1978 -).
- Magnetometry
 - Het meten van sterkte en richting van
aardmagnetisch veld.
- MSS
 - Multi Spectral Sensing = Multispectraal
aftasten.
- NASA
 - National Aeronautical and Space Adminis-
tration van de Verenigde Staten.
- NIWARS
 - Nederlandse Interdepartementale Werkgroep
Applicatie-onderzoek Remote Sensing
(1970 - 1977).
- NOAA-5
 - Weersatelliet No. 5 van de National Oceanic
and Atmospheric Administration van de
Verenigde Staten (uit een bepaalde serie).

- PIXEL - Picture Element, kleinste zinvolle beeldpunt uitgedrukt in vierkante meters op de grond.
- Radar - Side-looking Radar vanuit een vliegtuig of satelliet; kijkt zijwaarts naar beneden en neemt het terrein op.
- R.S. - Remote Sensing.
- Seasat-1 - Eerste met synthetische apertuur side-looking radar uitgeruste NASA aardobservatie-satelliet (1978 -).
- SPOT - Franse experimentele aardobservatie-satelliet met CCD-sensoren, vanaf 1984.
- TD - Teledetectie in analogie met TV.
- UNCOPUOS - United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space = VN Comité voor het vreedzaam gebruik van de ruimte.
- Vuurtuig - Allitererend en in analogie met vliegtuig: raket en eventueel ook voor de daarmee gelanceerde kunstmaan.