

FOTON EN PEDON

REDE

UITGESPROKEN BIJ DE AANVAARDING VAN HET AMBT VAN
BUITENGEWOON HOGLERAAR IN DE LUCHTFOTO-
INTERPRETATIE VOOR DE BODEMKUNDE
AAN DE LANDBOUWHOGESCHOOL TE WAGENINGEN
OP 26 FEBRUARI 1970

DOOR

Dr. Ir. J. BENNEMA

*Mijne Heren Leden van het Bestuur van de Landbouwhogeschool,
Mevrouw en Mijne Heren Hoogleraren,
Dames en Heren Lectoren, Docenten en Medewerkers van deze
Hogeschool,
Dames en Heren Studenten, en voorts Gij allen die mede aanwezig
zijt en van uw belangstelling blijk geeft,*

Zeer geachte toehoorders,

De taak aan de Landbouwhogeschool, die mij toebedeeld is, heeft betrekking op de toepassing van de luchtfotografie voor de bodemkunde. De vraag is wel gesteld of de beperking 'voor de bodemkunde' wel juist is; had deze taak niet veel ruimer gesteld moeten worden? Was het niet juister geweest iemand aan te stellen die de luchtfoto-interpretatie in algemene zin doceerde?

Het antwoord op deze vraag kan gegeven worden, indien men de plaats die de toepassing van de luchtfotografie bij het op kaart brengen van geografische gegevens van allerlei aard inneemt, eerst beschouwt. Gaarne wil ik op dit vraagstuk wat dieper ingaan.

De luchtfoto-interpretatie is nog betrekkelijk jong; in de bodemkartering is het systematisch gebruik van luchtfoto's pas in de laatste decaden tot wasdom gekomen, vooral ook door de toepassing in de ontwikkelingslanden. Hetzelfde geldt ook voor de toepassingen in de geologie, de bosinventarisatie, en de geomorfologie. Op vele andere gebieden, waarbij geografische gegevens een rol spelen, zoals b.v. in de landbouwstatistiek, de landschaps-architectuur, de sociografie, is deze techniek of methode nog maar nauwelijks ontwikkeld.

Er bestaat wel de neiging, nieuwe technieken en methoden in de wetenschap een speciale status te geven en ze te beschouwen als een apart vakgebied. Als voorbeeld hiervan mogen we b.v. de microscopie beschouwen. Zoals we op school leerden, was het vooral Van Leeuwenhoek, die in de 17e eeuw door zijn grote kundigheid in het slijpen van enkelvoudige lenzen vergrotingen tot 270x toe verkreeg en de reeds bestaande zogenaamde vlooienglazen zo zéér verbeterde, dat zich een gehele nieuwe wereld ontsloot.

De bezitters van zulk een microscoop en in de eerste plaats Van Leeuwenhoek zelf, wierpen zich op het nieuwe veld van onderzoek; we kunnen ze de 'microscopisten' noemen. Het gilde van microscopisten leeft nog voort in de amateurs die zich met de microscopie bezighouden, zoals uit sommige populariserende boekjes en tijdschrift-artikelen wel blijkt.

In de wetenschap kreeg echter de microscoop vooral zijn plaats

binnen de verschillende vakgebieden b.v. in de biologie, de medische wetenschappen, de botanie, de pedologie etc. Wel ziet men dat er binnen deze vakgebieden weer vaak een zekere specialisatie rondom de microscoop ontstaat: zo zou men b.v. kunnen zeggen, dat de micropedologen de microscopisten bij uitstek zijn in de bodemkunde.

Een nieuwe situatie ontstond in de microscopie door de ontwikkeling van de electronen microscoop. De electronen microscoop is een duur instrument: de behandeling van het instrument en het prepareren van de onderzoeksobjecten eist een zekere kennis en ervaring. Eén instrument zal, zoals dit hier in Wageningen gebeurt, onderzoekers van verschillende vakgebieden dienen bewijzen. Specialisten, fysici en technici, die voor de productie van de beelden zorg dragen, de verschillende mogelijkheden aangeven en ook ontwikkelen en de beelden op zekere technische aspecten beoordelen, zijn hierbij nodig. Mogelijk wil men bij de electronen microscopie het niet bij beelden laten, maar wil men de gegevens op een electromagnetische band zetten en deze via een computer verwerken. In dat geval zullen ook de mathematicus-computerdeskundige, en een programmeur hieraan te pas komen. We zien, dat bij de moderne ontwikkeling van de microscopie dus verschillende categoriën van technici en onderzoekers nodig zijn: specialisten, die zich vooral bezighouden met de instrumenten en die zorgen voor beelden, die verder bestudeerd worden door de vakman, de vakman-microscopist, die in zijn vakgebied vooral die delen van de wetenschap bestudeert, waarvoor de microscoop een vereiste is en de vakman, die de microscoop hanteert als het zo eens te pas komt.

Ik wil de ontwikkeling van de microscopie gaarne als voorbeeld nemen voor die bij de luchtfoto-interpretatie, omdat u vrijwel allen met de ontwikkeling van de microscopie vertrouwd zult zijn, ook degenen onder u voor wie de toepassing van de luchtfotografie vreemd is.

Zoals de microscopie in het begin de microscopisten in algemene zin kende, zo waren er bij de foto-interpretatie in het begin ook de algemene foto-interpretateurs. De foto-interpretatie speelde vooral in de wereldoorlog een belangrijke rol bij het militaire apparaat en het is te begrijpen, dat deze militaire foto-interpretatie een bijzonder wijd terrein omvatte.

Na de oorlog werd er echter vanuit de verschillende vakgebieden sterk de nadruk op gelegd, dat de foto-interpretatie in het vakgebied zelf gebruikt en ook ontwikkeld diende te worden. Zoals de microscopisten in algemene zin hun wetenschappelijke status grotendeels verloren, zo verloren ook de algemene foto-interpretateurs hun aanzien. Aan de andere kant kreeg de foto-interpretatie in verschillende vakgebieden een plaats. Dit ging niet zonder tegenwerking van vertegenwoordigers der vakgebieden, (speciaal in de veldbodemkunde).

De foto-interpretatie in algemene zin had deze techniek namelijk bij velen tijdelijk in een kwade reuk gebracht, vooral ook omdat de interpreteurs claimden op de fotos meer te zien dan door de vakmensen als verantwoord werd erkend. Door het toedoen echter van vakspecialisten, die zelf de foto-interpretatie gingen beoefenen, vond deze techniek haar juiste plaats. In de veldbodemkunde heeft vooral collega BURINGH, die toentertijd werkzaam was bij het ITC, een belangrijke bijdrage geleverd bij het invoeren van de foto-interpretatie in de pedologie.

Men ziet thans in grote kring in, dat bij allerlei karteringen en in het algemeen bij het verzamelen van allerlei geografische gegevens de *luchtfoto-interpretatie als een normale techniek binnen de opname-werkzaamheden beschouwd moet worden*. Zoals in de microscopie zijn er een aantal vakmensen, die zich in deze techniek specialiseren, terwijl anderen ze gebruiken als dat te pas komt. De foto-interpreteurs binnen een vakgebied houden zich speciaal bezig met de verdere ontwikkeling van de methode en met de overdracht van kennis op dit gebied.

De specialisaties in de foto-interpretatie van de verschillende vakgebieden hebben uiteraard wel brede aanrakingsvlakken. Dit is zeker zo in de Wageningse situatie, waarin de vakgebieden uit een sterke opsplitsing ontstaan zijn.

De foto-interpretatie zoals deze zich aan de Landbouwhogeschool ontwikkelt zal in hoofdzaak gebruik maken van de volgende aspecten van het luchtfotobeeld:

- het geomorfologisch aspect, d.w.z. het aspect, dat betrekking heeft op de vorm van het land en de ontstaanswijze ervan,
- het vegetatief aspect,
- het technologisch aspect, waartoe ik wil rekenen kanalen, wegen, dorpen, etc.

In de verschillende vakgebieden worden bij de foto-interpretatie alle drie aspecten gebruikt, maar met sterk wisselend accent en ook met een sterk wisselend doel. Doordat de aspecten die men gebruikt, dezelfde zijn, kan men in sterke mate op elkaar leunen. Vooral voor die aspecten, die bij eigen onderzoek minder centraal staan, kan men steun zoeken bij de foto-interpreteurs van aanverwante vakgebieden.

De foto-interpreteur heeft verder de hulp nodig van een aantal specialisten van geheel andere vakgebieden, de fotografie, de navigatie en de fotogrammetrie.

Het instrumentarium dat de foto-interpreteur tot nog toe gebruikt is betrekkelijk eenvoudig: de stereoscoop, waarmede het mogelijk is de derde dimensie, de diepte te zien, de parallax bar, waarmede hoogten worden gemeten en enkele instrumenten om de interpretatielijnen van de foto over te brengen op een kaart.

Bij toepassing van de mogelijkheden, die de nieuwe luchtopname

technieken nu bieden, is een veel uitgebreider instrumentarium vereist. Zoals bij de microscopie de komst van de electronen-microscoop een nieuwe toestand heeft geschapen, zo plaatsen de nieuwe ontwikkelingen in de opname technieken de interpretatie in een nieuwe situatie. Voordat ik hier iets verder op in wil gaan, wil ik u eerst in grote lijnen schetsen wat de klassieke technieken zijn en wat de moderne. Ik doe dit wel met enige schroom, daar deze onderwerpen reeds in verschillende intreeredes van mijn collega's aan het Internationaal Instituut voor Luchtkartering en Aardkunde, het ITC in Delft, belicht zijn en ook in verschillende andere voordrachten naar voren kwamen. De sterke ontwikkelingen van de opnametechnieken heeft alom grote belangstelling gewekt, vooral ook in Wageningen. Dit is de reden, waarom ik toch enige aandacht aan dit onderwerp wil besteden.

Bij de fotografie worden met behulp van lenzen beelden verkregen, die in grijstonen of in kleuren op een film worden vastgelegd. Het electromagnetische spectrum, dat hierbij gebruikt kan worden, omvat het zichtbare deel en gedeelten van het aansluitende ultraviolette en van de aansluitende infra-rode straling. Het gedeelte van het electromagnetische spectrum dat hierbuiten valt, komt dus niet in aanmerking voor de fotografie.

De fotografie heeft dus haar beperkingen. Dit wil echter niet zeggen, dat de mogelijkheden niet vele zijn. Er is een rijke keus uit filmtypen, terwijl bij elk filmtypen weer verschillende filters gebruikt kunnen worden.

Het meest gebruikt is de panchromatische film, waarvan de afdraken grijswaarden vertonen, die in sterke mate lijken op de grijswaarden, zoals het oog ze waarneemt. Deze conventionele fotografie heeft bij de foto-interpretatie een zeer belangrijke rol gespeeld en het mag verwacht worden, dat zij dat in de naaste toekomst ook zal blijven doen. De resultaten, die bereikt worden, zijn over het algemeen goed en de foto's zijn relatief goedkoop. Voor interpretaties, waarbij vooral de geomorfologie van het terrein een rol speelt, is er ook geen enkele andere methode, die meer algemene informatie verschaft.

Voor de zwart-wit fotografie staan ook andere filmtypen ter beschikking zoals de zwart-wit film, die behalve voor het blauwe deel van het spectrum, bovendien voor een deel van het infrarode gevoelig is, dus voor golflengten die niet door het oog kunnen worden waargenomen. Met het gebruik van een filter, waarbij het blauwe gedeelte van het spectrum afgeschermd wordt, verkrijgt men beelden, die alleen door het infrarode deel gevormd worden. Deze fotografie, die zich als techniek niet onderscheidt van de normale conventionele zwart-wit fotografie en die U zelf met een gewone camera kunt uitoefenen, is vooral belangrijk als er sprake is van vegetatie-verschillen of van belangrijke vochtverschillen in de bovengrond.

De reflectie van de infrarode stralen verschilt nogal bij verschil-

lende plantensoorten, vooral het verschil tussen naald- en loofbomen is belangrijk, terwijl er ook een duidelijk verschil is in de reflectie tussen planten met een sterke vitaliteit en planten met geringe vitaliteit. Natte plekken in de bovengrond zijn vaak goed te zien doordat water in belangrijke mate het betrokken infrarode licht absorbeert.

Een ander gebied van de luchtfotografie is dat van de kleurenopnamen. We zijn allen wel vertrouwd met de kleurenfotografie van vakantiefoto's e.d., zowel met de afdrukken die we meestal maken van kleuren-negatieven als met de foto's die we projecteren, de kleuren-diapositieven.

Bij de kleurenfotografie wordt meestal gebruik gemaakt van een film, die bestaat uit drie gevoelige lagen. Voor het registreren van licht van verschillende golflengten bij de normale kleurenfotografie worden de intensiteiten van het blauwe, het groene en het rode licht afzonderlijk geregistreerd; bij de zogenaamde 'false color'-fotografie zijn het de intensiteiten van het groene, het rode en het infrarode licht. De 'false color' film heeft door de gevoeligheid voor infrarood, onder meer dezelfde mogelijkheden voor foto-interpretatie die bij zwart-wit infrarood fotografie werden aangeduid.

Bij de kleurenfotografie worden dus verschillende delen van het spectrum afzonderlijk genoteerd in de verschillende lagen. De beelden van elke laag kunnen, indien dit gewenst wordt, ook afzonderlijk worden afgedrukt of in combinaties van twee aan twee.

Het is ook zeer goed mogelijk met zwart-wit film beelden te verkrijgen van de intensiteiten van het gereflecteerde licht uit verschillende delen van het 'optische spectrum'. Met filters kan men dat gedeelte, dat niet gewenst is, tegenhouden. De zwart-wit beelden, die zo verkregen worden, kunnen desgewenst afgebeeld worden in kleuren, waarbij, indien we ervoor zorgen dat de foto's, die in verschillende delen van het spectrum genomen zijn, verder identiek zijn, we ook weer verschillende combinaties kunnen afdrukken of projecteren. Men kan voor dit doel enkele camera's tegelijkertijd gebruiken. In wezen is dit niet zeer verschillend van de normale kleurenfotografie. In de verschillende lagen van de kleurenfilm worden bij de ontwikkeling ook eerst voor zwart-wit beelden van de intensiteiten van de afzonderlijke kleuren geproduceerd voorafgaande aan de kleurenontwikkeling.

Ik heb even stilgestaan bij de fotografie om U te laten zien hoe groot de mogelijkheden wel zijn. Vele van deze mogelijkheden zijn voor verschillende vakgebieden nog nauwelijks geëxploreerd, dit geldt zeker ook voor de bodemkunde.

In Nederland is het enige onderzoek op dit gebied dat betrekking heeft op de bodemkartering dat van Ir. VERMEER, waarbij de geschiktheid van verschillende filmtypen voor de luchtfoto-interpretatie ten behoeve van de bodemkartering worden vergeleken. De normale panchromatische film kwam hierbij nog als beste uit de bus.

De fotografie, hetzij in kleuren, hetzij in zwart-wit, heeft zoals we

zagen de belangrijke beperking dat alleen een gedeelte van het spectrum gebruikt kan worden. Hierbij moeten we echter wel bedenken, dat dit deel wel uiterst belangrijk is.

Voor het afbeelden van voorwerpen met behulp van fotografie zijn we aangewezen op straling die door het voorwerp gereflecteerd wordt, of die door het voorwerp zelf wordt uitgezonden (emissie). Indien we over gereflecteerde straling spreken, veronderstellen wij dat er een stralingsbron aanwezig is buiten het voorwerp zelf. De stralingsbron bij uitnemendheid is natuurlijk de zon. De intensiteit van de zonnestraling vertoont een uitgesproken maximum in het gedeelte van het spectrum, dat voor de fotografie gebruikt kan worden. Verder is, zoals we weten uit ervaring, de reflectie van licht uit dit spectrum zeer verschillend voor verschillende stoffen: vandaar de grote verscheidenheid in kleuren. We mogen hieruit concluderen, dat voor een onderscheiden van een veelheid van objecten en verschijnselen op het aardoppervlak, het deel van het spectrum dat voor de fotografie gebruikt kan worden, wel bijzonder gunstig is.

Van de andere delen van het spectrum valt zonder meer een groot gedeelte uit voor de luchtopname, omdat de atmosfeer, of anders gezegd, de ruimte tussen vliegtuig en aarde voor vele golflengten ondoordringbaar is. Straling met kleinere golflengten dan die, die voor fotografie gebruikt kunnen worden, komen praktisch niet in aanmerking. Wel zijn er goede mogelijkheden bij de langere golflengten, al worden ook in dit gebied van het spectrum sommige banden door de atmosfeer tegengehouden. Absorptie door CO_2 , NO_2 , en O_2 is hiervoor vooral verantwoordelijk.

We zagen, dat in het optische gedeelte van het spectrum de zon de lichtbron is, bij de langere golflengten zijn we aangewezen op de warmtestraling van de voorwerpen zelf, of op de electro-magnetische impulsen, die vanuit of van nabij de plaats van waarneming worden uitgezonden, waarbij de echo's geregistreerd worden.

Dat de beeldvorming bij het gebruik van de langere golflengten een eigen aspect aanneemt, is duidelijk: optische beeldvorming is immers niet meer mogelijk. Bij gebruikmaking van de therma-infrarode straling vindt de beeldvorming plaats met behulp van een draaiend prisma. Dit prisma tast langs smalle lijnen, die meestal loodrecht op de vlieg-richting staan, het doel, gewoonlijk het aardoppervlak, af (z.g. scanning). De stralingsenergie afkomstig van de achtereenvolgende punten op het aardoppervlak wordt omgezet in een electricch signaal, dat of op een magneetband kan worden vastgelegd, of dat b.v. met behulp van een kathodestraalbuis op een film kan worden opgenomen. De beelden, die op deze wijze ontstaan, worden geen foto's, maar images genoemd.

Bij radar veroorzaken de echo's van de uitgezonden impulsen lichtpuntjes op een kathodestraalbuis, De sterkte van deze lichtpuntjes is afhankelijk van het signaal dat van een bepaalde plek van het object, dat wordt waargenomen, wordt opgevangen. Het zal duidelijk zijn,

dat deze lichtpuntjes ook weer geregistreerd kunnen worden op een film om zo een image te vormen.

De warmtestraling van de aardse voorwerpen valt vooral in het therma-infrarood, dat is het infrarood met de grootste golflengte, dus het electro-magnetisch spectrum zover mogelijk van het zichtbare deel verwijderd. Door de opname met behulp van de therma-infrarode straling kunnen voorwerpen of gebieden met verschillen in temperatuur van elkaar onderscheiden worden. Daar het om de straling gaat, die door de voorwerpen zelf wordt uitgezonden, is er geen stralingsbron van buiten nodig en kunnen er bijvoorbeeld ook 's nachts opnamen gemaakt worden. Het zal u duidelijk zijn, dat een geheel nieuw terrein ontsloten werd. Het ontdekken van warm-waterbronnen, het waarnemen van warmteverschillen in de bovengronden of in het bestaande gewas, het waarnemen van wolkenvelden in de nacht door de weersatelliet behoren tot de logische toepassingen. Bij oorlogsvoering is er de mogelijkheid de vijand ook in het donker waar te nemen.

Radar is ook niet afhankelijk van het zonnelicht, het vliegtuig voert zijn eigen stralingsbron. De grote golflengten hebben het bijzondere voordeel, dat ze zich niet veel van wolken en regen aantrekken. Dit verschaft de radar speciale toepassingsmogelijkheden. Gebieden, die altijd in de wolken zitten, kunnen zeer goed met radar gevlogen worden. Zo heeft men bv. geprofiteerd van deze methode om de steeds bewolkte gebieden in Panama en aan de Westkust van Colombia te vliegen. De radarfoto's van het laatste gebied worden bewerkt door o.a. de staf van het 'Centro Interamericano de Fotointerpretación' in Bogotá, een zusterinstituut van het ITC in Delft.

De gegevens, die met behulp van scanning opgenomen worden op de magneetband, kunnen met computers bewerkt worden. Dit opent vele nieuwe perspectieven, vooral ook omdat het niet nodig is deze methode te beperken tot de golflengten langer dan het zichtbare deel van het spectrum. Men kan, indien men dit wil, ook in het optische deel van het spectrum van scanning gebruik maken. Dit gebeurt bij de zogenaamde Multi-Spectral-Scanning. Hierbij worden in het spectrum van ultraviolet tot in het infrarood verschillende nauwe banden van het spectrum tegelijkertijd opgenomen en de gegevens omtrent de licht-intensiteiten op de magneetband genoteerd.

Deze ontwikkelingen in het meten en verwerken van licht-intensiteiten geven vele mogelijkheden ook buiten de gehele luchtfotografie om. Voor de Landbouwhogeschool is dit onderwerp ook bijzonder interessant, daar het betere mogelijkheden geeft de interacties van licht met plant, grond en lucht te onderzoeken.

Belangrijke onderdelen van het terrein van de moderne opname-technieken of van de moderne remote sensing technieken zoals ze nu vaak aangeduid worden zijn voor ons nog geheel nieuw: niet, dat er niet al lang aan gewerkt wordt, maar tot nog toe was het vrijwel geheel

in handen van de militairen. Dit is sinds kort sterk veranderd en de waas van geheimzinnigheid is nu ook in vele gevallen opgeheven, waardoor er een enorme belangstelling voor deze technieken is gekomen. Bij het ITC heeft vooral Ir. HEMPENIUS die zich een groot propagandist voor de nieuwe methode heeft getoond. Door de propaganda van de zijde van het ITC is ook de belangstelling in grotere kring gewekt in Nederland en ook Wageningen heeft zich geenszins onbetuigd gelaten. De moeilijke taak, die ons nu wacht, is om voor het zich zo sterk ontwikkelende onderzoek in Nederland de juiste vorm te vinden.

Bij de nieuwe opnametechnieken wordt zowel het instrumentarium voor de opnamen als het instrumentarium voor het verwerken van de gegevens omvangrijker en moeilijker te hanteren. De steun van fysici en technici komt hierdoor meer centraal te staan. Bij Multi-Spectral-Scanning zullen, zoals we reeds zagen, de opname gegevens met behulp van een computer verwerkt kunnen worden. Hierdoor krijgt de interpretatie een geheel eigen aspect: de mathematicus en de programmeur gaan hierbij een belangrijke rol spelen.

Wel moet hier aangetekend worden, dat bij het voorbereiden van programma's voor de computer, ter controle van resultaten en voor het onderwijs de beoordeling van beelden belangrijk blijft, evenals voor het bestuderen van de vraag, in welke gevallen de zoveel duurdere Multi-Spectral-Scanning de voorkeur verdient boven de luchtfotografie.

Afgezien van het feit, dat de moderne verwerkings technieken de interpretatie van beelden niet zullen vervangen, maar er meer een uitbreiding aan zullen geven, kan men toch wel stellen, dat een geheel nieuwe situatie is geschapen.

In het begin stelden wij reeds, dat ontwikkeling van nieuwe technieken er vaak toe leidt deze technieken als nieuwe vakgebieden te gaan zien zonder dat dit altijd gerechtvaardigd is. Er bestaat ten aanzien van de moderne remote sensing technieken ook weer het gevaar, dat deze in het begin te weinig geïntegreerd worden met de vakgebieden, waarbinnen surveys van allerlei aspecten van het aardoppervlak plaats vinden. Zoals fysici en mathematici zich van hun gebied uit specialiseren op dit gebied, zo zullen karteerders uit de verschillende vakgebieden dit ook moeten doen, om samen met hen een team te vormen, dat de nieuwe mogelijkheden ontwikkelt en gebruikt.

Tot nog toe heb ik vooral gesproken over de luchtopname-technieken, die van belang zijn voor interpretaties ten behoeve van de bodemkunde, waarbij het registreren van lichtintensiteiten d.w.z. van hoeveelheden lichtquanta of fotonen uit bepaalde delen van het spectrum, zoals deze door de materie gereflecteerd of uitgezonden worden, het essentiële kenmerk van deze technieken is.

Het tweede gedeelte van mijn rede zal ik wijden aan de vraag:

wáárvan verwacht de bodemkundige door middel van de interpretatie van de geregistreeerde fotonen uiteindelijk informatie te verkrijgen? Men zou deze vraag kortweg kunnen beantwoorden met 'van de bodem', maar wat is in dit verband de bodem?

Zoals de kleinste eenheid van het licht het foton is, zo is de kleinste eenheid, die de veldbodemkundige nog als bodem erkent, het pedon. De term pedon is nog niet lang geleden door de Soil-Conservation-Service in de Verenigde Staten van Amerika ingevoerd en wordt gedefinieerd als de kleinste eenheid die nog in pedologische zin de kenmerken van een bodem vertoont. Vele bodemkundigen hebben dit concept aanvaard, al blijft men in de praktijk meer met profielen werken. Een profiel is een verticale snede uit het bovenste deel van de aardkorst, waarbij de derde dimensie, de horizontale uitbreiding, zwak ontwikkeld is. De derde dimensie komt bij het pedon beter tot zijn recht. Men kan een pedon beschouwen als een steekmonster, te vergelijken met een steekmonster uit een Edammer of Goudse kaas. Het kan gezien worden als een bodemmonster, dat is niet een gewoon grondmonster, dat men in een zak kan doen en dat uit bodemmateriaal bestaat, maar een kolom grond, waarin de verschillende lagen en horizonten in hun onderling verband te velde bestudeerd kunnen worden. Men kan dit monster in een ton mee naar het laboratorium nemen, wat ook wel gedaan is.

Een pedon, en ook een profiel, is niet iets dat bestaat in de natuur. We kunnen pas over een bepaald pedon of over een bepaald profiel spreken, nadat het geprojecteerd of gegraven is. Men zegt wel, dat een pedon een kunstmatig individu is. Het onderscheidt zich hierin van het foton, de kleinste lichthoeveelheid, dat wel als een natuurlijk individu opgevat zou kunnen worden.

Indien we stellen, dat profielen en pedons monsters zijn, dan komt de vraag naar voren, waarvan het dan monsters zijn.

Indien we vele profielen of pedons in het veld bestuderen, dan kunnen we constateren, dat er gebieden zijn met slechts zwakke laterale veranderingen in de eigenschappen van profielen en pedons, tenminste als we plaatselijke afwijkingen in de grondgesteldheid buiten beschouwing laten. Deze gebieden worden begrensd door smallere of bredere zones, waarin de veranderingen in bodemgesteldheid veel groter zijn.

Aan de gebieden met slechts geringe veranderingen in de grondgesteldheid kan een zekere individualiteit toegekend worden. Ze worden immers begrensd door de overgangs-zones, terwijl aan de andere zijde van deze overgangs-zones gebieden met een andere grondgesteldheid voorkomen. Deze individualiteit komt niet alleen tot uiting in de eigenschappen van de profielen en pedons, maar ook in de landschapkenmerken en in de eigen ontstaanswijze. Deze gebieden met zwakke zijdelingse veranderingen in de grondgesteldheid kunnen we als de bouwstenen van het bodemlandschap of van de pedosfeer opvatten.

Men kan ze landschappelijke bodemlichamen of landschappelijke bodemindividuen noemen. De naam pedotoop is ook wel voor vergelijkbare landschappelijke bodemeenheden gebruikt.

Tussen de landschappelijke bodemlichamen, de bouwstenen, komen de overgangs-zones voor, de zones met snelle zijdelingse veranderingen in grondgesteldheid, die als het ware het cement vormen.

De landschappelijke bodemindividuen kunnen relatief klein zijn, maar ook veel grotere eenheden komen voor. Een voorbeeld van grote landschappelijke bodemlichamen treft men b.v. aan in de veenkomen, die in het West-Nederlandse riviergebied voorkomen. De kleien zavelruggen van de rivierlopen gaan zijdelings vrij snel over in klei op veen. Een vrij smalle overgangszone is hierbij de begrenzing. Het kleidek is vlak bij de rug vrij dik en wordt verder van de rug af geleidelijk dunner en tenslotte is er van een duidelijke kleilaag op het veen geen sprake meer. Er is alleen nog een venig kleilaagje onder de zode aanwezig, dat nog verder van de kleirug af in een kleilig veenlaagje kan overgaan. Ook de aard van de bovengrond verandert geleidelijk van de rug af. Het gebied dat binnen de kleiruggen ligt, kan als een zeer groot bodemlichaam opgevat worden. Dit gebied is echter, zoals we zagen, geenszins homogeen. Naast de kleirug ligt immers een heel andere grond dan verder er vanaf. Het individu omvat zowel een kleigrond als een veengrond. Natuurlijke grenzen zijn er binnen dit gebied echter niet meer aanwezig en als men grenzen trekt, kan men deze niet aan het landschap ontlenen. Het zullen arbitraire grenzen zijn.

In het hier geschetste sterk gesimplificeerde model van het bodemlandschap komen dus 2 categoriën van landschapseenheden voor, de landschappelijke bodem individuen, de bouwstenen van het bodemlandschap en de overgangszones, die we het cement noemden. De vraag die ik hiervoor stelde (waarvan zijn de profielen en pedons monsters), kan nu beantwoord worden. We kunnen ze zien als monsters uit deze bouwstenen en uit het cement van het bodemlandschap.

Men kan zich echter afvragen of voor de veldbodembodemkunde, bodemlichamen en overgangszones wel belangrijk zijn. Indien bodem-individuen altijd zeer groot zijn, dan zal de voornaamste activiteit van de bodemkarteerders vooral bestaan in het aanbrengen van arbitraire of conventionele grenzen binnen deze eenheden.

Ik noemde u: een voorbeeld van een groot bodem-individu: andere voorbeelden zijn de zeer grote bodemlichamen in de Zuiderzeepolders. Indien een karteerder een dergelijk groot bodem-individu verder moet onderverdelen, dan heeft hij praktisch te maken met bodem als een continuüm, en hij zal zijn methodiek daar op afstellen. Het is dan ook te begrijpen, dat de methodiek van bodemkartering zoals deze in de Zuiderzeepolders toegepast wordt een andere is, dan de methodiek die op het 'Oude Land' ontwikkeld werd. Op het 'Oude Land' komen vele gebieden met kleine bodem-individuen voor.

De activiteiten, die door de bodemkarterders van de school van EDELMAN daar werden uitgevoerd, bestonden in de eerste plaats in het karteren van de natuurlijke bodemlichamen en overgangszones, waarbij indien nodig, deze verder werden opgesplitst, veelal op praktische gronden.

Een bodemklassifikatie lag in de begintijd niet ten grondslag aan de kartering. Dat het mogelijk bleek op deze wijze goede bodemkaarten te vervaardigen is een interessant gegeven. De kaarten vertoonden op goede wijze de overeenkomsten en verschillen tussen de gronden van één kaart. Door het ontbreken van een bodemklassifikatie-systeem was een correlatie tussen de gronden op verschillende bodemkaarten echter afwezig en speciaal, indien deze kaarten door verschillende pedologen waren samengesteld.

Men zou misschien verwachten, dat de veldbodemkundigen het als een van de belangrijkste taken zouden beschouwen om de landschappelijke bodemeenheden, die in den beginne werden gekarteerd, verder te onderzoeken en ze in een systeem van bodemklassifikatie onder te brengen. Een dergelijk klassifikatie-systeem zou een goede grondslag vormen voor karteringen van landschappen, die opgebouwd zijn volgens het hiervoor vermelde structurele landschapsmodel bestaande uit bouwstenen en cement. Zo'n klassifikatie-systeem zou enerzijds gebaseerd kunnen zijn op van de voorkomende profielen of pedons en anderzijds op eigenschappen van het bodemlichaam als geheel zoals de topografie, de hydrologie, de vorm e.d.

Systematisch onderzoek van de bodem-individuen heeft, hoe vreemd dit ook moge klinken, echter maar in zeer beperkte mate plaats gevonden. Een moderne bodemklassifikatie, waarin deze bodem-individuen als zodanig geklassificeerd worden, bestaat dan ook niet: de bijbehorende theorie is niet uitgewerkt, en er wordt op bodemkaarten ook geen onderscheid gemaakt tussen begrenzingen van natuurlijke bodemlichamen en de andere grenzen.

De bodemkundigen hebben zich de laatste twee decaden sterk gericht op het bestuderen en klassificeren van profielen en pedons, dus van die eenheden die ik hiervoor als bodemmonsters heb beschreven. Bij deze klassifikatie worden o.a. de pedogenese, praktische overwegingen en ook de frequentie van voorkomen van de profielen als richtlijnen gebruikt. De klassifikaties hebben vooral ten doel, als grondslag voor de legendas van de bodemkaarten te dienen.

Hiervoor schetste ik U een model van het bodemlandschap bestaande uit bouwstenen en cement en we zagen dat de logische consequentie zou zijn deze bouwstenen en het cement te klassificeren en te gebruiken als de grondslag voor de legendas van de bodemkaarten. Indien dit niet wordt gedaan en de klassifikatie van profielen en pedons worden gebruikt als basis voor de legendas, dan past daarbij feitelijk een ander model van het bodemlandschap n.l. een waarbij de bodem als continuum opgevat wordt. De profielen en pedons zijn hierbij de

monsters uit dit continuum. Het begrip bouwsteen en cement vervalt en de gekarteerde gebieden worden nu beschreven als de som van de profielen of pedons en niet meer als gebieden met een eigen individualiteit.

De bodemeenheden in het veld, die bij dit model in de plaats treden, van de natuurlijke eenheden zijn de zg. polypedons. Een polypedon is een gebied, bestaande uit naast elkaar liggende pedons, die tot eenzelfde klasse van het klassifikatie-systeem behoren. Het is dus een brok grond met dezelfde gedefinieerde grondgesteldheid, een ander brok grond dus als het natuurlijk bodemlichaam, dat gedefinieerd was door geringe laterale veranderingen.

Men stelt wel, dat de polypedons, zoals deze in het veld voorkomen, de eenheden zijn die men klassificeert in het klassifikatie-systeem. Het is echter duidelijk dat dit een cirkel-redenering is. Een polypedon is niet een bestaand brok grond, dat geklassificeerd wordt, maar is afhankelijk van het klassifikatie-systeem zelf. Het ontstaat door het toepassen of projecteren van een klasse concept op het continuum bodem.

Bij een zuivere toepassing van het continuum-model van het bodemlandschap is het de opdracht van de karteerder de polypedons en de associaties van polypedons, zo zuiver mogelijk als schaal en aard der kartering dit toelaat, op kaart te brengen.

Vaak echter is de werkwijze een wat andere. Er wordt geprobeerd het gebruik van polypedons als grondslag van de kartering te verzoeven met het model bestaande uit natuurlijke bodemlichamen. De klassen van het klasifikatie-systeem worden dan zo gevormd dat de polypedons, dus brokken grond met een gedefinieerde grondgesteldheid, zo goed mogelijk samenvallen met de natuurlijke bodemlichamen.

Indien men een klassifikatie maakt voor een klein gebied, dan kan dit ook inderdaad op succesrijke wijze gebeuren. Voor grotere gebieden is het echter niet goed mogelijk. De grenzen die men vaststelt voor een bepaalde klasse beïnvloeden nl. ook de grenzen van andere klassen. De mate van vrijheid om grenzen van de klassen aan te passen aan natuurlijke grenzen is daardoor niet groot.

De discrepantie tussen polypedons en natuurlijke bodemlichamen zullen in de vele gevallen, waarbij de gekarteerde bodemeenheid slecht beschreven wordt, vaak niet naar voren komen. De moeilijkheden worden dan met de mantel der vaagheid bedekt. Ze worden echter des te belangrijker naarmate de gekarteerde eenheden beter bestudeerd worden en vooral als men deze statistisch gaat bewerken.

Willen we de bodemkartering een betere grondslag geven, dan is het mijn inziens noodzakelijk dat bij de bodemkarteringen de landschapseenheden meer aandacht krijgen als de laatste jaren in de pedologie vaak het geval is geweest. Op deze wijze zal ook een betere aansluiting worden gevonden bij de landschapsecologie, de landschapsarchitectuur en de hydrologie en ook bij die groepen van onder-

zoekers, die bodem schouwen als een bepaald aspect in de z.g. 'land-systems'.

Wel moet men goed begrijpen dat dit niet betekent dat de klassificatie van pedons en profielen overbodig wordt. De pedon-en profielklassifikatie heeft gedeeltelijk zijn eigen doeleinden en functioneert bovendien als een grondslag bij de klassifikatie van de landschapseenheden.

Op de vraag, welke eenheid in de eerste plaats aan de legendas van de bodemkaarten ten grondslag moet liggen, het polypedon of het natuurlijk bodemlichaam, ben ik wat dieper ingegaan, omdat dit ten nauwste de foto-interpretatie voor de bodemkartering raakt. Bij de foto-interpretatie wordt gebruik gemaakt van de eigen gearrdheid van de natuurlijke eenheden in het landschap. Deze gearrdheid uit zich zowel in de interne als in de externe eigenschappen. De externe eigenschappen, d.w.z. de landschappelijke kenmerken, kunnen gebruikt worden om de verschillende eenheden of associaties ervan te omgrenzen op de luchtfoto. Het model van een structureel bodemlandschap met natuurlijke bodem-individuen ligt hieraan ten grondslag.

Bij de systematische foto-interpretatie voor de bodemkartering is het niet in de eerste plaats de bedoeling om vast te stellen, wat voor bodemmateriaal of wat voor bodems aanwezig zijn in een bepaald gebied, maar wél om grenzen aan te geven. De aard van de grond wordt verder te velde vastgesteld. Toch heeft het nooit aan pogingen ontbroken om op grond van foto-interpretatie in absolute zin uitspraak te doen omtrent het bodemmateriaal of de bodemgesteldheid. Vooral door de weg en waterbouwkundige, die bodem meer als materiaal ziet, is deze zijde van de foto-interpretatie ontwikkeld. De pedologen hebben deze wijze van foto-interpretatie in zeer beperkte wijze toegepast. Men was er huiverig voor, omdat de uitspraken vaak op gissingen berusten. Dit deel van de foto-interpretatie werd dan ook als een minder essentieel onderdeel gezien bij de toepassing voor de bodemkunde.

De ontwikkelingen van de opname technieken geeft echter aanleiding om deze opvatting tot een zekere mate te herzien. Er zijn reeds meerdere voorbeelden die erop wijzen dat de mogelijkheden om tot quantitative uitspraken te komen omtrent de aard van de bovengronden, bij een toepassing van moderne technieken van remote sensing in belangrijke mate toenemen, vooral als de opname van een bepaald terrein meerdere malen herhaald wordt.

In dit geval hebben dus kleinere bodemeenheden de belangstelling, waarvan de grootte afhankelijk is van de schaal van de opname en in het algemeen van de resolutie, of het oplossend vermogen, die verkregen kan worden bij de opnames. Deze resolutie is bij niet te kleine schalen van die orde van grootte, dat gezegd mag worden, dat het de bovengronden van pedons en van groepen van pedons zijn, die hierbij onze aandacht hebben. Er wordt in dit geval informatie

over pedons verkregen met behulp van de meting van de intensiteiten van fotonen.

Met het sluiten van de cirkel foton-pedon-foton ben ik tevens gekomen aan het einde van mijn rede.

Het houden van een intreerede behoort tot de traditionele vormen, die aan de Nederlandse universiteiten leven. Er is op deze gewoonte wel kritiek geleverd, waarbij wordt gesteld, dat het de betrokkene veel tijd kost zijn rede voor te bereiden, terwijl het gehoor zijn tijd wel beter zou kunnen gebruiken dan een intreerede aan te horen.

Ik heb mij bezonnen of in mijn geval, een aanstelling tot buitengewoon hoogleraar, het houden van een intreerede wel gewenst was, vooral ook, omdat het nog maar kort geleden is, dat velen onder u uw tijd gaven om mijn intreerede bij de aanstelling tot hoogleraar aan het ITC te Delft bij te wonen.

Ik kwam echter tot de conclusie, dat ik toch wel gaarne de gelegenheid te baat zou nemen om mogelijkheden en problemen van de foto-interpretatie voor de bodemkunde te belichten, en tevens om mij aan diegenen in Wageningen, die mij niet kennen, voor te stellen. Wel zou ik er persoonlijk de voorkeur gegeven hebben de intreerede meer in een werksfeer te houden, met mogelijkheid tot discussie en vooral ook tot projectie.

Er is een tweede reden, waarom ik deze oratie toch gaarne heb gehouden. Zij geeft mij de gelegenheid in het openbaar al diegenen te bedanken, die mijn benoeming mogelijk hebben gemaakt.

Ik betuig mijn eerbiedige dank aan Hare Majesteit de Koningin, die mijn benoeming heeft willen bekrachtigen.

Mijne Heren Leden van het Bestuur van de Landbouwhogeschool,

Ik dank u voor het vertrouwen, dat u in mij stelt, door mij te hebben willen voordragen als buitengewoon hoogleraar. Ik aanvaard hierbij deze functie met de verzekering, dat ik naar beste vermogen zal trachten de plichten, die hieruit voortvloeien, te vervullen.

Mijne Heren Leden van het Bestuur van het ITC,

Gaarne spreek ik mijn dank uit voor uw toestemming naast mijn ambt aan het Internationaal Instituut voor Luchtkartering en Aardwetenschappen de functie aan de Landbouwhogeschool te vervullen. U heeft hiermede onderstreept, dat de band van het ITC met de Nederlandse Universiteiten in het algemeen en met de Landbouwhogeschool in het bijzonder voor u een belangrijke is. Hierin verheug ik mij.

Mevrouw Edelman,

Uw man heeft door de grote rol, die hij gespeeld heeft bij de tot standkoming van de richting foto-interpretatie aan het ITC ook de

recente ontwikkelingen op dit gebied aan de Landbouwhogeschool mogelijk gemaakt. Het is eens te meer een bewijs ervan, hoezeer hij de gave had ontwikkelingen te stimuleren, die na langere tijd nog van grote betekenis blijken te zijn.

U zult opgemerkt hebben, dat het tweede gedeelte van mijn rede een terugkeer tot het landschap betekent, het landschap, dat zowel u als uw man altijd dierbaar is geweest. Uw grote belangstelling is ook overgebracht op ons, zijn leerlingen, en is, ook al sluimert hij wel eens tijdelijk, nog altijd in sterke mate aanwezig.

Dames en Heren Hoogleraren, Lectoren en Docenten,

Voor de wijze, waarop u mij in uw kring op heeft willen nemen ben ik u zeer dankbaar. Als het zoeken van contact misschien op zich laat wachten, of als dit sporadisch is, dan wil ik wel bij voorbaat uw clementie vragen in verband met de weinige tijd, die hiervoor beschikbaar is.

Beste Buringh, Blokhuis en de Meester,

Het zijn vooral jullie die als oud-ITC ers op Duivendaal de foto-interpretatie in de belangstelling plaatsen. Bij onze werkzaamheden kan dan ook in belangrijke mate voortgebouwd worden op de grondslag, die door jullie gelegd is. Het prettige contact wordt ten eerste op prijs gesteld.

Beste Pons, Doeglas, Hoeksema, van Schuylenborgh, van Es en Havinga,

Wij zijn door vele banden in het verleden met elkaar verbonden. Dat ik mij zo goed thuis kan voelen op Duivendaal is niet in de laatste plaats aan jullie te danken.

Beste Hildebrand en Hoekstra,

Onze taakverdeling brengt met zich mede, dat jullie aanwezig zijn in Wageningen om het onderwijs in de luchtfoto-interpretatie te verzorgen, terwijl ik maar één dag in de week present ben. Ik besef, dat dit speciale eisen aan je stelt. Ik ben jullie dankbaar, dat je je zo met overgave wijdt aan je taak.

Dames en Heren van het Laboratorium voor Regionale Bodemkunde,

Niettegenstaande de foto-interpretatie wel eens als een wilde loot aan de stam van de bodemkunde wordt beschouwd, heeft u allen mij en de heren Hoekstra en Hildebrand op een zeer prettige wijze ontvangen en plaats voor ons ingeruimd. Ik ben u daar zeer dankbaar voor.

Dames en Heren Studenten,

De ontwikkelingen in de wetenschap verlopen tegenwoordig zo snel, dat u bij het afstuderen moderner en beter onderlegd bent dan de meeste oudere vakgenoten. U zult zelf echter met het verschijnsel

van het verouderen van kennis in nog sterkere mate geconfronteerd worden. Om in elk geval te zorgen, dat u bij het afstuderen zoveel mogelijk bij bent en om de mogelijkheid open te houden ook daarna niet te snel achterop te geraken, is het noodzakelijk, dat u enerzijds zo fundamenteel mogelijke kennis vergaard omtrent het vakgebied, en anderzijds, dat u zich een goede kennis van moderne technieken eigen maakt, die u kunnen helpen bij de uitvoering van uw taak. Vooral voor diegenen onder u, die zich voorbereiden op werkzaamheden in ontwikkelingslanden, waar de oppervlakte groot is en het geschoolde personeel schaars, kan foto-interpretatie tot zulk een techniek gerekend worden. Het is een techniek, die u zich allen goed eigen kunt maken door grote aandacht en volharding. Diegenen onder u, die zich deze opoffering willen getroosten, worden echter ruimschoots beloond door de mogelijkheden die zich openen. Allen onder u, die zich in de foto-interpretatie voor de bodemkunde willen bekwamen, zullen wij gaarne begeleiden.