

Eerste resultaten van gewasidentificatie in radarbeelden

Inleiding

Zoals in het artikel van Th. A. de Boer is vermeld, wordt in Nederland reeds gedurende een aantal jaren onderzoek verricht aan de radarreflectie van landbouwgewassen en kale gronden. Dit onderzoek geschiedt door de gezamenlijk inspanning van een aantal instituten, verenigd in de ROVE groep (Radar Onderzoek VEgetatie). Het onderzoek wordt gesteund door de BCRS (Begeleidings Commissie Remote Sensing).

Het uitgebreide onderzoeksprogramma met behulp van korte afstands meetradars (scatterometers) heeft een diepgaand inzicht in de radarsignatuur van landbouwgewassen en kale gronden opgeleverd (*De Loor*, 1982). Hierdoor kunnen modellen opgesteld worden, die de radarbackscatter als functie van de invalshoek en de tijd voorspellen. Deze kennis heeft het ook mogelijk gemaakt om een theoretische studie te verrichten naar de mogelijkheden van gewasidentificatie met behulp van een vliegend radarsysteem (*Smit*, 1979). Hierbij moet gedacht worden aan een SLAR (Side Looking Airborne Radar) aan boord van een vliegtuig of een radarsysteem aan boord van een satelliet.

De resultaten van de theoretische studie hebben aangetoond dat door toepassing van multitemporele classificatie (3 vluchten) meer dan 70% van het gebied correct geclassificeerd kan worden. Een voorwaarde hiervoor is wel, dat de radargegevens zeer nauwkeurig zijn en weinig speckle vertonen. Hieraan kan gelukkig voldaan worden dankzij de beschikbaarheid in Nederland van een SLAR-systeem met digitale data-opslag. Dit systeem wordt gekenmerkt door een hoge dynamische resolutie en nauwkeurigheid (*Hoogeboom*, 1982). Met dit systeem zijn gedurende een meetcampagne in de Flevopolder verscheidene malen beelden van het testgebied opgenomen. De vluchtdata werden mede bepaald aan de hand van de resultaten van de theoretische studie. De beelden werden vergeleken met de beschikbare groundtruth*). De mogelijkheden voor classificatie in radarbeelden zijn onderzocht. Hierbij is onder andere gebruik gemaakt van een Comtal Vision One beeldverwerkingsysteem dat op het Physisch Laboratorium staat opgesteld.

Het testgebied

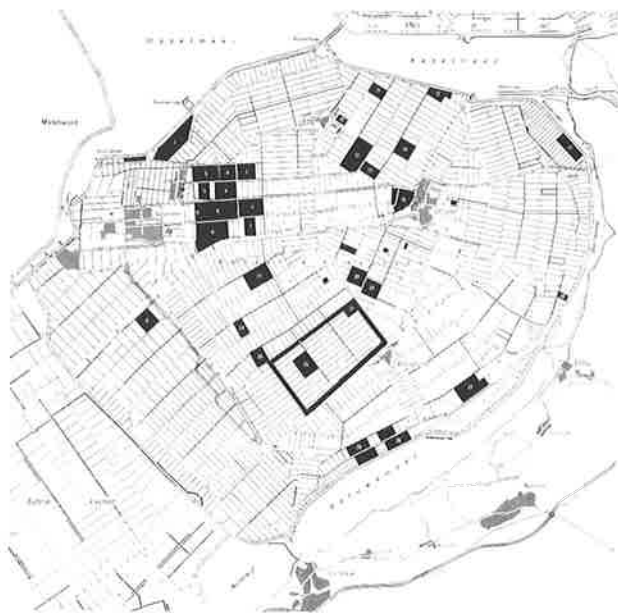
De radarmetingen aan landbouwgewassen zijn de laatste jaren uitgevoerd in de Flevopolder op proefboerderij „De Schreef”. Voor het classificatie-experiment is een gebied van ca. 3 x 6 km in de onmiddellijke nabijheid van de proefboerderij gekozen. Dit gebied is aangegeven in figuur 1. Dankzij de inventarisatie van de verbouwde gewassen, die jaarlijks door de Dienst IJsselmeerpolders gemaakt wordt, is er reeds een belangrijk onderdeel van de groundtruth aanwezig. De velden in het testgebied hebben redelijke afmetingen (enkele ha oppervlakte) en zijn nagenoeg rechthoekig van vorm. Deze elementen

*) groundtruth: waarnemingen in het terrein.

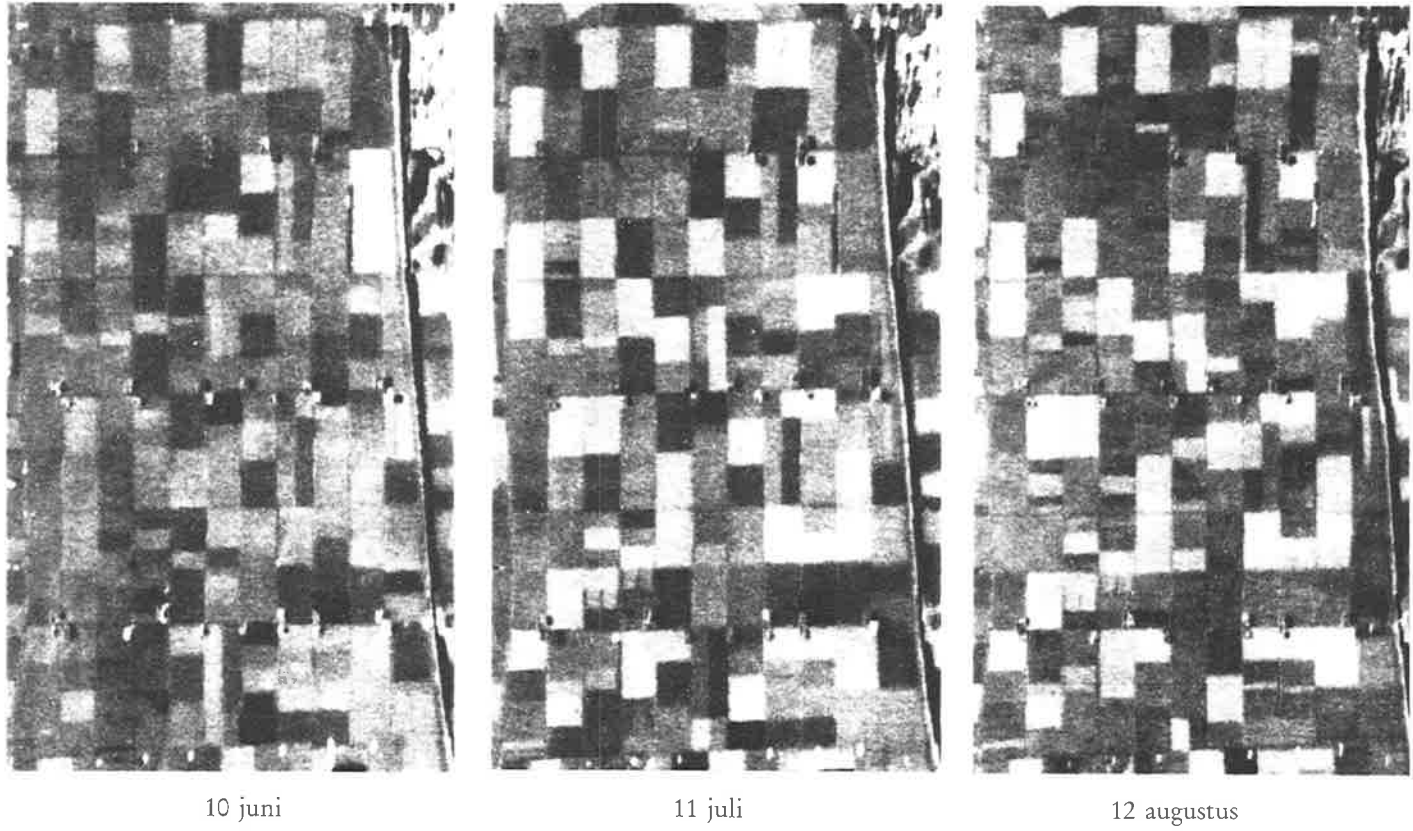
bij elkaar maken dit gebied zeer geschikt voor dit classificatie experiment. Voor de classificatie zijn 195 velden gebruikt. Tabel 1 geeft een overzicht van de verbouwde gewassen op deze velden. Suikerbieten, aardappelen en wintertarwe zijn de meest voorkomende gewassen in dit gebied.

Tabel 1. Verdeling van gewassen in het testgebied.

gewastype	opp. in ha	% van het proefgebied	aantal velden
suikerbieten	461,8	25,3	40
aardappelen	469,1	25,7	40
tarwe	573,1	31,4	58
uien	74,8	4,1	22
haver	71,2	3,9	5
erwten	80,3	4,4	12
bonen	31,0	1,7	5
overige	63,9	3,5	13
Totaal	1825,2	100,0	195



Figuur 1. Het proefgebied in de Flevopolder.



Figuur 2. Radiometrisch gecorrigeerde SLAR-beelden van het testgebied, getransformeerd naar dezelfde kaartschaal (resp. 10 juni, 11 juli en 12 augustus 1980)

Het meetprogramma

Gedurende het groeiseizoen van 1980 zijn scatterometermetingen verricht op de proefveldjes op de proefboerderij. Hierbij zijn ook gewasparameters vastgelegd. De meteorologische gegevens werden continu geregistreerd door een digitaal weerstation. Het testgebied nabij de proefboerderij werd regelmatig geïnspecteerd, met name rondom de vluchtijdstippen.

Voor de SLAR vluchten zijn 3 perioden van een week geselecteerd met behulp van de eerder genoemde simulatiestudie. De vluchten zijn uitgevoerd op de eerste geschikte dag binnen de geselecteerde periode. Dit lijkt in tegenspraak te zijn met de vaak geroemde „all weather capability” van radar, maar in dit geval wilden we de vluchten zo goed mogelijk langs tevoren uitgezette vluchtlijnen laten plaats vinden, hetgeen alleen goed mogelijk is door gebruik te maken van referentie-punten op de grond. Hiervoor is uiteraard een goed zicht noodzakelijk. Een vlucht bij buiig weer is overigens ook niet zinvol, omdat na een regenbui het contrast in het radarbeeld nog enige tijd kleiner blijft dan normaal. Het water op de vegetatie moet eerst verdampen. Een derde punt is, dat de beelden, opgenomen uit een ten gevolge van turbulentie slingerend vliegtuig ten tijde van dit experiment nog niet geometrisch en radiometrisch gecorrigeerd konden worden (*Hoogboom*, 1981 en *Binnenkade*, 1981).

De 3 vluchten vonden plaats op 10 juni, 11 juli en 12 augustus 1980. De voor deze studie gebruikte tracks¹⁾ zijn gevlogen op een hoogte van 660 m. De hoeken van inzien ten opzichte van de horizontaal lopen in het beeld dan van 7,5 tot 15,8 graden. De beelden zijn met behulp van referentiepunten alle omgezet naar dezelfde kaartschaal. Figuur 2 toont het resultaat.

Door de combinatie van deze 3 beelden in een kleur composiet ontstaat een vorm van presentatie die zeer geschikt is voor manuele interpretatie van de beelden. Ieder gewas krijgt zijn eigen specifieke kleur, terwijl het menselijk oog nauwelijks wordt gehinderd door de aanwezige speckle²⁾. Helaas kan deze methode in dit artikel niet gedemonstreerd worden, aangezien dit tijdschrift niet in kleur gedrukt is.

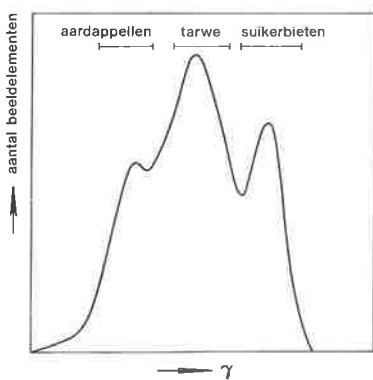
De mogelijkheden voor gewasidentificatie

Uit figuur 2 valt op te maken, dat de vlucht van 11 juli het meeste contrast biedt. Dit was ook verwacht op basis van de scatterometer-resultaten. De speckle-ruis en textuur die in de velden zichtbaar is, bemoeilijkt de classificatie, indien dit op pixelbasis geschiedt.

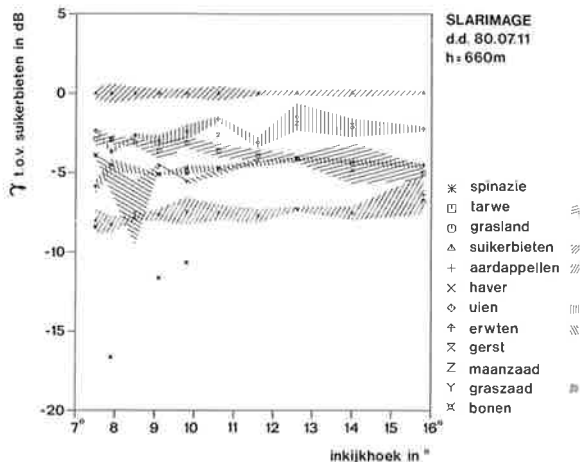
Figuur 3 toont een histogram van het beeld van 11 juli, waarbij steeds het gemiddelde over 3 x 3 pixels is bepaald, in plaats van gebruik te maken van de individuele pixelwaarden. Alhoewel er voor de 3 belangrijkste gewassen pieken zichtbaar zijn, blijkt duidelijk dat de verschillen tussen de gewassen te klein zijn om een volledig correcte classificatie mogelijk te maken. In het histogram op basis van de individuele pixels is dit effect nog sterker.

¹⁾ track: vluchtlijn

²⁾ speckle: korrelig beeld



Figuur 3 (linksboven). Histogram van het SLAR-beeld d.d. 11 juli, met toepassing van een laag doorlaatfilter.



Figuur 4 (rechts). Gemiddelde backscatter per gewassoort als functie van de invalshoek in het SLAR-beeld d.d. 11 juli.

Om deze effecten zoveel mogelijk te bestrijden, is per veld de gemiddelde backscatter-coëfficiënt bepaald. Hiermee is de invloed van speckle en textuur vrijwel geheel gereduceerd. Het Nederlandse SLAR systeem biedt nog niet de mogelijkheid om absolute metingen te verrichten. Teneinde de verschillende vluchten met elkaar te kunnen vergelijken, zijn de gegevens omgerekend naar relatieve waarden t.o.v. de backscatter van suikerbieten. Dit gewas geeft een zeer stabiele reflectie als functie van de tijd en de hoek, zodat het resultaat bijna het karakter van een absolute calibratie heeft.

Vervolgens is als functie van de invalshoek de backscatter-coëfficiënt per veld bepaald. De beelden zijn hiertoe in 10 sectoren verdeeld. Binnen deze sectoren is de invalshoek verondersteld constant te zijn. Per gewassoort en per sector (hoek) is nu het gemiddelde en de standaarddeviatie van de backscatter-coëfficiënten bepaald. Figuur 4 toont het resultaat.

De gearceerde gebieden komen overeen met 2x de standaarddeviatie. Uit figuur 4 blijkt dat enkele gewassen onderscheiden kunnen worden. De grenswaarden voor classificatie kunnen uit de figuur worden afgeleid. De beste resultaten worden verkregen als de hoekafhankelijkheid in rekening wordt gebracht. Ter wille van de eenvoud is hiervan bij dit experiment afgezien. De classificatie-grenzen bestaan dus uit horizontale lijnen.

In tabel 2 is het aantal goed geclassificeerde velden per gewassoort gegeven voor de vlucht van 11 juli. Figuur 5b laat het resultaat zien voor de 4 belangrijkste gewassen. In figuur 5a is ter vergelijking een gewaskaart op dezelfde schaal weergegeven. Bij 100% correcte classificatie zullen de 2 beelden aan elkaar gelijk zijn. De veldgrenzen en de boerderijen etc. zijn in zwart weergegeven en buiten de classificatie gehouden. Binnen de velden is ieder pixel door de gemiddelde waarde van dat veld vervangen en vervolgens geclassificeerd. Teneinde het aantal grijstinten beperkt te houden, is de classificatie alleen weergegeven voor suikerbieten (donkergrijs), wintertarwe (grijs), aardappelen (lichtgrijs) en uien (wit). Deze 4 gewassen hebben samen een bedekkingsgraad van meer dan 85%.

Tabel 2. Enkele classificatie resultaten voor 1, 2 en 3 vluchten.

gewastype	aantal velden	11 juli	11 juli, 12 aug.	10 juni, 11 juli en 12 aug.	
		goed geclass.	goed geclass.	goed geclass.	perc. van proefgebied goed gecl.
suikerbieten	40	40	40	40	100
aardappelen	40	12	32	39	97,1
tarwe	58	0	39	42	> 6,2
uien	22	5	18	19	88,5
haver	5	0	1	4	87,3
erwtten	12	3	5	5	45,1
bonen	5	3	4	5	100

Alleen suikerbieten en aardappelen kunnen goed onderscheiden worden in dit eendimensionale geval. De overige gewassen vertonen slechts geringe contrasten. Zij worden dikwijls vermengd in het classificatie proces. Een toewijzing aan meerdere klassen is het gevolg. De betreffende velden in fig. 5b zijn alle zeer licht grijs of wit.

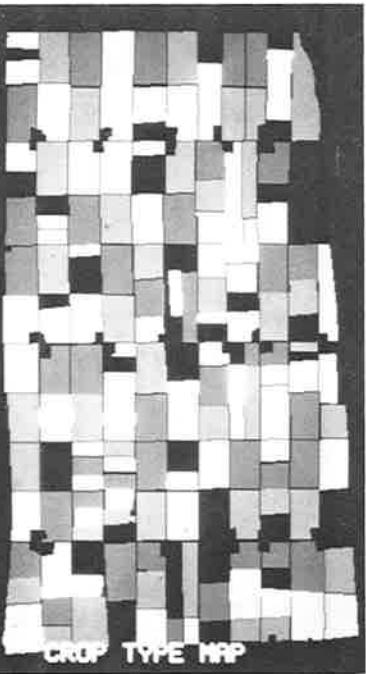
In tabel 2 zijn ook de resultaten van multitemporale classificatie (2 en 3 vluchten) opgenomen. Ten opzichte van de enkelvoudige classificatie zijn hierbij respectievelijk de vluchten van 12 augustus en 10 juni toegevoegd. Figuur 5c toont het resulterende geclassificeerde beeld. De overeenkomst met de gewaskaart (5a) is nu zeer sterk. In figuur 6 zijn de hoekcurves voor de vluchten van 10 juni en 12 augustus gegeven.

Hoewel de verschillen tussen de gewassen soms gering zijn in deze plots, is de classificatie toch verbeterd omdat de backscatter van ieder gewas een eigen karakteristieke tijdsafhankelijkheid vertoont, die identificatie mogelijk maakt. Uit tabel 2 valt op te maken dat door het toevoegen van extra vluchten de niet- of fout geclassificeerde velden geëlimineerd kunnen worden. In enkele gevallen blijkt het contrast ten opzichte van andere gewassen in 1 vlucht zo sterk te zijn dat hierdoor het classificatieresultaat bijna volledig wordt bepaald. Uit - hier niet gepubliceerde - tussenresultaten blijkt, dat het resultaat bij 3 vluchten vooral beperkt wordt doordat de tijdsafhankelijkheid van de backscatter van tarwe en erwtten weinig verschillen vertoont. Hierdoor voldoen een aantal velden aan de classificatie criteria van beide gewassen of van het andere gewas, waardoor geen of een foute classificatie volgt.

In het geval van 3 vluchten is op basis van geclassificeerd oppervlak 88% van het proefgebied goed geïdentificeerd. Hierbij moeten we wel bedenken dat het hele testgebied als trainingsset heeft gediend. Bij toepassing van dezelfde classificatie-grenzen op een ander gebied zal zeker een lager succespercentage optreden. Wellicht kan dit effect nog enigszins gecompenseerd worden door de hoekafhankelijkheid in rekening te brengen.

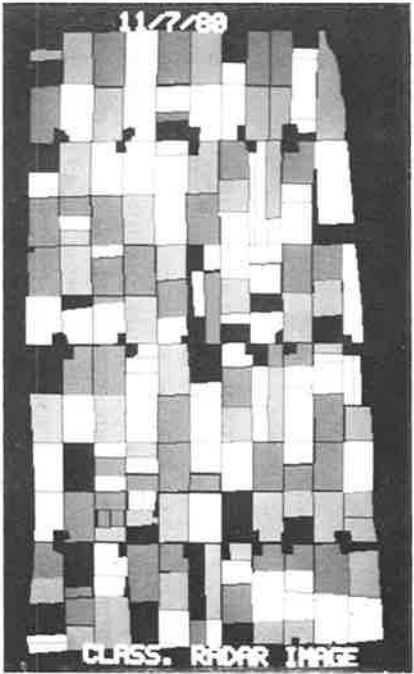
De relatieve backscatter-coëfficiënten (t.o.v. suikerbieten) worden in tabel 3 vergeleken met de scatterometer-metingen uitgevoerd op de proefboerderij.

SUGARBEETS
WINTERWHEAT
POTATOES
ONIONS



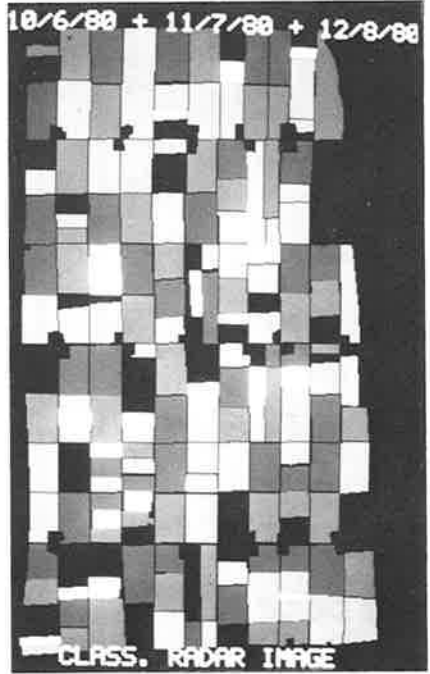
a

11/7/88



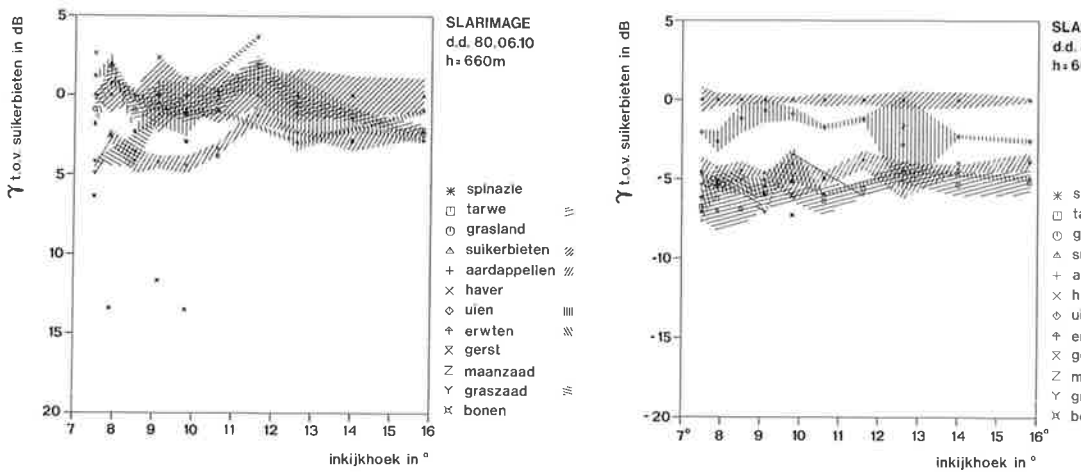
b

10/6/88 + 11/7/88 + 12/8/88



c

Figuur 5. Gewaskaart (5a) en classificatie-resultaat voor één vlucht (5b) en drie vluchten (5c).



Figuur 6. Gemiddelde backscattercoëfficiënt per gewassoort als functie van de invalshoek in het SLAR-beeld van 10 juni en 12 augustus.

Deze metingen zijn gedurende het hele groeiseizoen tenminste 1 keer per week uitgevoerd, o.a. op de vluchtdata. De vergelijking is gedaan bij een hoek van inzien met de horizontaal van 15° en horizontale polarisatie. De metingen zijn in dB gegeven. De meeste gewassen vertonen geen grotere afwijking dan ca. 1-2 dB, hetgeen nog kan worden verklaard uit de meetnauwkeurigheden. Voor tarwe is het verschil in juli en augustus aanzienlijk groter nl. 6 dB. Dit wordt vermoedelijk veroorzaakt doordat op de proefboerderij zomertarwe is verbouwd, terwijl in het proefgebied wintertarwe stond.

Tabel 3: vergelijking van SLAR- en scatterometermetingen in dB voor horizontale polarisatie en 15 graden invalshoek.

Gewastype	10 juni			11 juli			12 augustus		
	scatterometer absoluut	t.o.v. suikerb.	SLAR	scatterometer absoluut	t.o.v. suikerb.	SLAR	scatterometer absoluut	t.o.v. suikerb.	SLAR
suikerbieten	-8,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	- 0,5	0,0	0,0
aardappelen	-9,0	-1,0	-2,6	- 8,3	- 8,6	-7,1	- 3,5	- 3,0	-4,2
tarwe	-8,0	0,0	-1,7	-10,4	-10,7	-4,7	-12,0	-11,5	-5,3
uien	-7,5	0,5	-1,9	- 5,1	- 5,4	-3,7	- 3,4	- 2,9	-2,4
haver	-9,0	-1,0	-0,2	- 5,5	- 5,8	-5,1	- 6,6	- 6,1	-4,0
bonen	-4,5	3,5	-0,9	- 4,1	- 4,4	-4,4	- 4,3	- 3,8	-5,0
gerst	-9,5	-1,5	-3,0	-17,1	-17,4	-2,2	- 6,2	- 5,7	-4,6

Voor gerst treedt in juli een verschil op van 15 dB, dat in augustus weer is verdwenen. Dit verschil is vermoedelijk voor een deel het gevolg van verschil in groeistadium. De backscatter-coëfficiënt van gerst verandert in dit stadium namelijk zeer sterk in betrekkelijk korte tijd. De mogelijkheden om de scatterometer-gegevens rechtstreeks te gebruiken voor het aangeven van de classificatie-grenzen werden hierdoor in eerste instantie echter wel beperkt.

Conclusies

In dit artikel is duidelijk aangetoond dat radar gebruikt kan worden als gewassenidentificatie. Bij multitemporale classificatie met gebruikmaking van 3 vluchten is een succespercentage van meer dan 85% bereikt. Om deze resultaten te kunnen behalen dient men te beschikken over een radarsysteem met een meetnauwkeurigheid in de orde van 1 dB. De dataverwerking verdient speciale aandacht, onder andere in verband met de in radarbeelden aanwezige speckle. De grootste verschillen, die in de backscatter-coëfficiënten van gewassen voorkomen, liggen in de orde van 7 dB, hetgeen zeer gering is.

Er is nog meer onderzoek nodig om het operationele gebruik mogelijk te maken. In verband met de toepassing vanuit satellieten zijn andere invalshoeken van belang. Een airborne scatterometer die verschillende hoogten en onder verschillende hoeken kan meten, is voor dit aanvullende onderzoek van groot belang.

Literatuur

- Binnenkade, P.* 1981, Preprocessing of airborne remote sensing data, part 2: new developments, Proc Ninth Annual Conf of the Remote Sensing Society, London 16-18 Dec 1981, blz. 419-426.
- Hoogeboom, P.* 1981, Preprocessing of airborne remote sensing data, part 1: the present situation, Proc Ninth Annual Conf of the Remote Sensing Society, London 16-18 Dec 1981, blz. 411-417.
- Hoogeboom, P.* 1982, On the design and operation of a SLAR system with digital recording, Proc Int Geoscience and Remote Sensing Symp, Munich 1-4 June 1982, Vol 1 WP-9, 4.1-4.5.
- De Loor, G. P. et. al.* 1982. The Dutch ROVE program, IEEE Trans Geosci Electron Vol GE-20, 3-7.
- Smit, M. K.* 1979, Preliminary results of an investigation into the potential of applying X-band SLR images for croptype inventory purposes, IEEE Trans Geosci Electron Vol GE-17, blz. 303-308.



VOOR ALLE HORIZONTALE DRAINAGEWERKEN

B.V. DRAINEERBEDRIJF BARTH

POSTBUS 5150 3295 ZH 's-GRAVENDEEL
TEL. 01853-33 00

Aannemersbedrijf van
Grond-, Weg- en
Waterbouwkundige werken

MIDDEN-BETUWE B.V.

DALWAGENSEWEG 51
OPHEUSDEN

Kantoor:
Dalwagenseweg 51, Opheusden,
telefoon 08887 - 1724 *

Contacten:
A. v. d. Pol, Bathmen, telefoon 05704 - 1824
J. G. H. Pannekoek, Apeldoorn, telefoon 05763 - 468

Specialist in:

**ruilverkavelingen,
waterschapswerken,
bekenplannen,
dijkverzwaringen,
overlaten, stuwen en
bruggen e.d.,
wegenaanleg,
erfverhardingen,
rioleringen,
persleidingen,
uitbreidingsplannen,
sloopwerkzaamheden,
verhuur grondverzet-
machines.**



gevestigd te

EDE

Reehorsterweg 29
Correspondentie-adres:
Postbus 19
6710 BA EDE
Tel.: 08380-3 21 21
Telex: 37014

- Moderne wegenbouw
- Aanleg en reconstructie van vliegvelden
- Aanleg parkeerterreinen, industrieverharding en bedrijfsvloeren
- Tijdelijke verhardingen op bouwplaatsen
- Recycling van verhardingsmaterialen
- Levering prefab. betonnen vloerelementen
- Levering van trottoir- en opsluitbanden, tegels en overige betonartikelen met KOMO-garantiemerk
- Utiliteitsbouw; alle bouwkundige objecten
- Levering betonmortel en metspecie
- Verpompen van betonmortel
- Containerdienst voor afvoer van afvalstoffen