

NOTA 844

voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding
Wageningen

NN31545.0844

HOOGTEMETING VAN OPGAANDE BEGROEIING UIT VERTICALE LUCHTFOTO'S

ing. R. Kik

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

ISN 263141

I N H O U D

	blz.
INLEIDING	1
HOOGTEMETING UIT LUCHTFOTO'S	2
PROEFMETINGEN	5
MEETRESULTATEN	5
BEGROEIÏNGSKAART	9
CONCLUSIES	9
SAMENVATTING	11
LITERATUUR	12

INLEIDING

Voor het inventariseren van de opgaande begroeiing in het landschap zijn methodieken ontwikkeld of nog in ontwikkeling. Bij deze inventarisatie wordt voornamelijk gelet op de ligging en de vorm van de bepalende elementen. De hiervoor benodigde gegevens kunnen eenvoudig worden ontleend aan topografische kaarten en luchtfoto's.

Minder eenvoudig is de hoogte van de begroeiing te bepalen. Toch is deze hoogte van belang, zeker waar het heggen, houtwallen, bomenrijen of bosranden betreft die langs landbouwgronden zijn gelegen. Het opbrengstniveau van deze grond zal door de hoogte van de begroeiing worden beïnvloed.

Het in het terrein meten van de begroeiingshoogte is tijdrovend, maar in principe is de mogelijkheid aanwezig deze hoogte uit verticale luchtfoto's te bepalen. Hiervoor bestaan stereoscopische uitwerkingsinstrumenten die zeer kostbaar zijn. Het is echter ook mogelijk eenvoudige apparatuur te gebruiken en wel een spiegelstereoscoop en een parallax bar. Teneinde de nauwkeurigheid van de op deze manier bepaalde hoogten na te gaan is met een aantal soorten luchtfoto's een proef uitgevoerd. Hierbij is gebruik gemaakt van normale zwart-wit seriefoto's van de Topografische Dienst (schaal 1 : 20 000), zwart-wit foto's (schaal 1 : 10 000), infrarode false-colour foto's (schaal 1 : 5000) en infrarode false-colour diapositieven (schaal 1 : 3000).

Als voorbeeld voor de presentatie van de uit luchtfoto's verkregen gegevens is van een klein gebied een begroeiingskaart samengesteld. Op deze kaart is naast de soort begroeiing zoals houtwal, bomenrij, bos enzovoort tevens de begroeiingshoogte in

de vorm van een hoogteklasse aangegeven.

HOOGTEMETING UIT LUCHTFOTO'S

Het meten van de hoogte van een voorwerp uit een luchtfoto is mogelijk door het verschil in schaal waarmee de voet en de top van het voorwerp op de foto worden afgebeeld. De schaal van een luchtfoto wordt gevonden uit de verhouding van de brandpuntsafstand van de lens van de camera en de vlieghoogte ($s = F:H$). Bij gelijkblijvende brandpuntsafstand is er echter verschil in vlieghoogte tussen de voet en de top van een voorwerp, wat een schaalvergroting bij de afbeelding van de top tot gevolg heeft; de zogenaamde parallax. In fig. 1 is dit schematisch weergegeven.

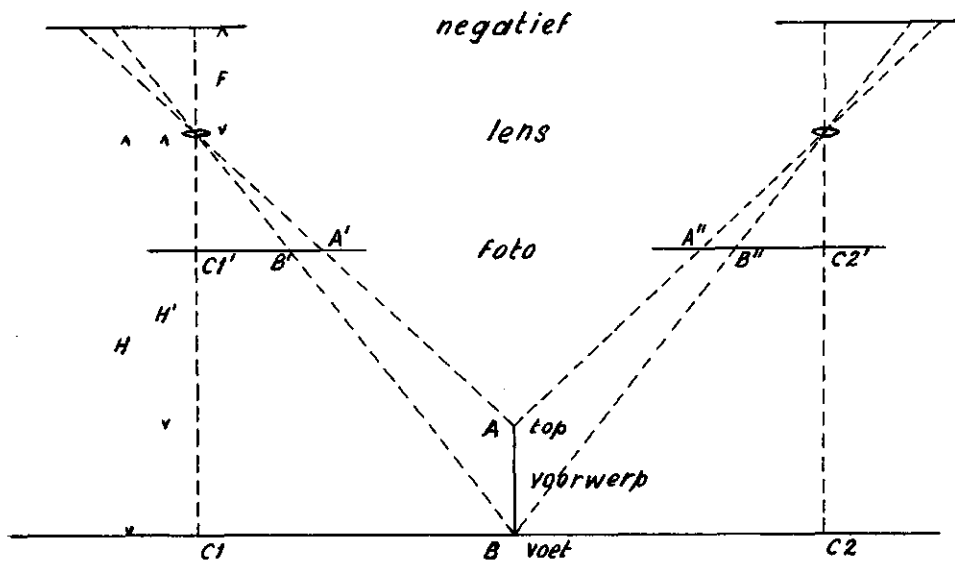


Fig. 1. Schematische weergave van een luchtfoto-opname

De voet van het voorwerp wordt op de foto afgebeeld als punt B' . Bij een lijnenkaart zou de top van het voorwerp eveneens als punt B' worden afgebeeld, op de foto wordt dit echter punt A' . De afstand van A' tot het hoofdpunt van de foto ($C1'$), gemeten evenwijdig aan de vluchtlijn, blijkt dus groter te zijn dan de afstand van B' tot dit hoofdpunt.

In de figuur zijn twee opnamen afgebeeld omdat luchtfoto's zodanig worden opgenomen dat opvolgende foto's elkaar $\pm 60\%$ overlappen waardoor elk vanuit de lucht zichtbaar voorwerp op tenminste 2 foto's staat afgebeeld. Voor de punten A'' en B'' geldt dus hetzelfde als voor de punten A' en B'.

Worden de overlappende foto's zodanig onder een stereoscoop gelegd dat een ruimtelijk model kan worden waargenomen, dan kan uit het verschil tussen de op de foto's gemeten afstanden A'A'' en B'B'' de hoogte van het voorwerp worden berekend, indien de vlieghoogte (H) bekend is.

Uit de figuur volgt, indien H' de vlieghoogte ten opzichte van de top van het voorwerp en F de brandpunts-afstand van de lens van de camera is:

$$(A'C1' + A''C2') : C1C2 = F : H'$$

$$(B'C1' + B''C2') : C1C2 = F : H$$

Hieruit volgt:

$$H(B'C1' + B''C2') = H'(A'C1' + A''C2')$$

$$H' = \frac{H(B'C1' + B''C2')}{A'C1' + A''C2'}$$

$$H - H' = H - \frac{H(B'C1' + B''C2')}{A'C1' + A''C2'}$$

$$H - H' = \frac{H\{(A'C1' + A''C2') - (B'C1' + B''C2')\}}{A'C1' + A''C2'}$$

$$H - H' = \frac{H(A'B' + A''B'')}{(B'C1' + B''C2') + (A'B' + A''B'')}$$

of:

$$h = \frac{H \times P}{SP + P}$$

waarin:

h = hoogte voorwerp in m

H = vlieghoogte in m

P = parallax in mm

SP = stereoscopische parallax of foto basislengte in mm

Deze waarde wordt gevonden door het hoofdpunt van de ene foto op de andere foto over te brengen. Op beide foto's wordt de afstand tussen de hoofdpunten bepaald, waarna het gemiddelde van deze waarden in de formule wordt gebruikt.

Bij voorwerpen waarvan zowel de voet als de top op de foto's duidelijk zichtbaar zijn, kunnen de afstanden tussen de beide afbeeldingen van de voet en de top met een schaallat worden gemeten. Vermindering van de afstand tussen de beide afbeeldingen van de voet met de afstand tussen de beide afbeeldingen van de top van het voorwerp geeft de parallax.

Indien de top en de voet van het voorwerp niet duidelijk zichtbaar zijn op de foto dan kan de parallax worden bepaald met behulp van een 'zwevend punt'. Hiervoor wordt gebruik gemaakt van een parallaxbar, een metalen staaf waaraan twee glazen plaatjes nabij de uiteinden zijn bevestigd. Op de glazen plaatjes zijn merktekens aangebracht, terwijl de lengte van de staaf met een stelschroef gewijzigd kan worden. De grootte van deze lengtewijziging kan met een aangebrachte schaalverdeling worden afgelezen. Door de parallaxbar op de beide luchtfoto's te leggen en het geheel door een stereoscoop te bekijken gaan de merktekens op de glazen plaatjes als 'zwevend punt' fungeren. Wijziging van de lengte van de staaf geeft de indruk dat het merkteken zich hoger of lager ten opzichte van het fotobeeld bevindt.

Wil men de hoogte van bijvoorbeeld een boom bepalen dan wordt de parallaxbar zodanig ingesteld dat het merkteken zich schijnbaar op gelijke hoogte met de bodem naast de boom bevindt. Door draaiïng aan de stelschroef wordt de schijnbare hoogte van het merkteken gewijzigd tot het op gelijke hoogte met de top van de boom is aangekomen. De parallax tussen voet en top van de boom wordt op de schaalverdeling van de parallaxbar afgelezen.

PROEFMETINGEN

Teneinde enig inzicht te krijgen in de betrouwbaarheid van het meten van de hoogte van opgaande begroeiing uit luchtfoto's, is een proefmeting uitgevoerd met vier soorten luchtfoto's.

In de eerste plaats is gebruik gemaakt van foto's die van het gehele land bij de Topografische dienst verkrijgbaar zijn. Deze foto's worden op \pm 4200 meter hoogte genomen en zijn op schaal 1:20 000. De voor de proef gebruikte foto's hebben betrekking op een gebied in de omgeving van de Bilt. Zoals gebruikelijk zijn deze foto's opgenomen in het voorjaar voordat de bomen in blad staan.

Van de ruilverkaveling Budel-Strijper waren foto's beschikbaar op schaal 1:10 000 die speciaal voor het verkrijgen van een inzicht in de begroeiing in de zomer zijn opgenomen. De vlieghoogte bij deze opnamen was \pm 1200 meter.

Vervolgens zijn infrarode false-colour foto's gebruikt van een gebied nabij Groenlo. Deze foto's zijn in het voorjaar opgenomen op een vlieghoogte van \pm 750 m op schaal 1:5000. De bomen zijn op deze foto's zonder blad.

Tenslotte is bij de proef gebruik gemaakt van infrarode false-colour diapositieven van een gebied nabij Bunnik. Deze opnamen zijn voor Rijkswaterstaat en Staatsbosbeheer gemaakt ten behoeve van de aanleg van rijksweg 27. De schaal van deze foto's is 1:3000 bij een vlieghoogte van \pm 920 m. De foto's zijn in de zomer opgenomen.

In alle vier gebieden zijn op de foto's begroeiingshoogten bepaald door dezelfde waarnemer met behulp van een spiegelstereoscoop en een parallaxbar. De controle van deze hoogten heeft plaatsgevonden door in het terrein met behulp van een hellingmeter dezelfde hoogten nogmaals te meten.

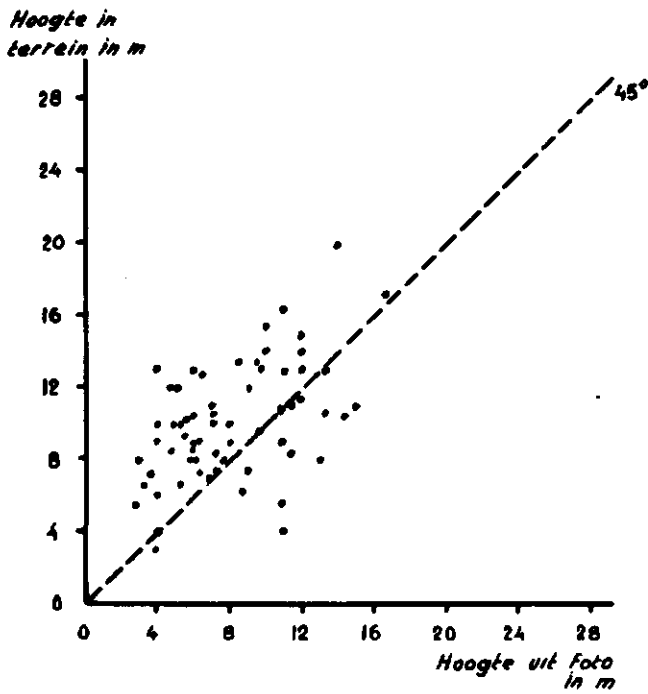
MEETRESULTATEN

De resultaten van de metingen zijn weergegeven in fig. 2. In deze figuur zijn de uit de foto's gemeten hoogten uitgezet tegen de in het terrein gemeten hoogten. Uit de figuur blijkt, dat alleen

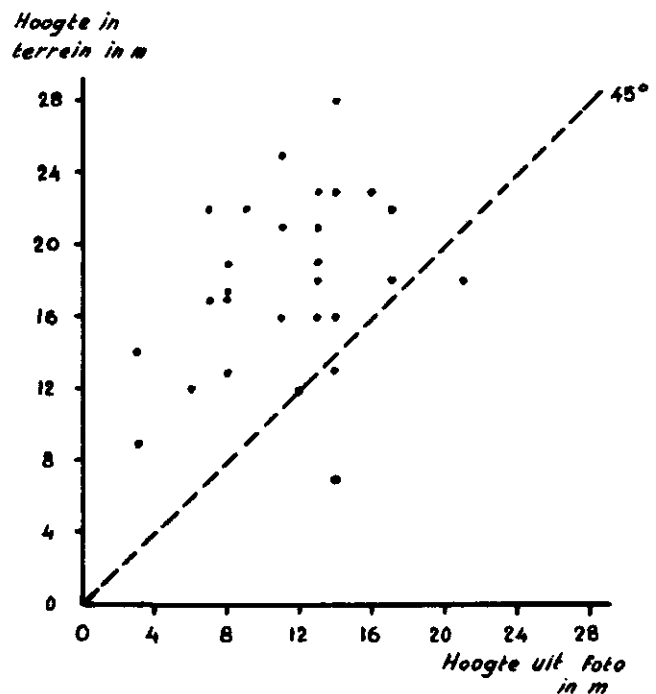
FIGUUR 2

**SPREIDING VAN DE OP LUCHTFOTO'S GEMETEN
BEGROEIJENSHOOGTEN t.o.v. DE WERKELIJKE HOOGTEN**

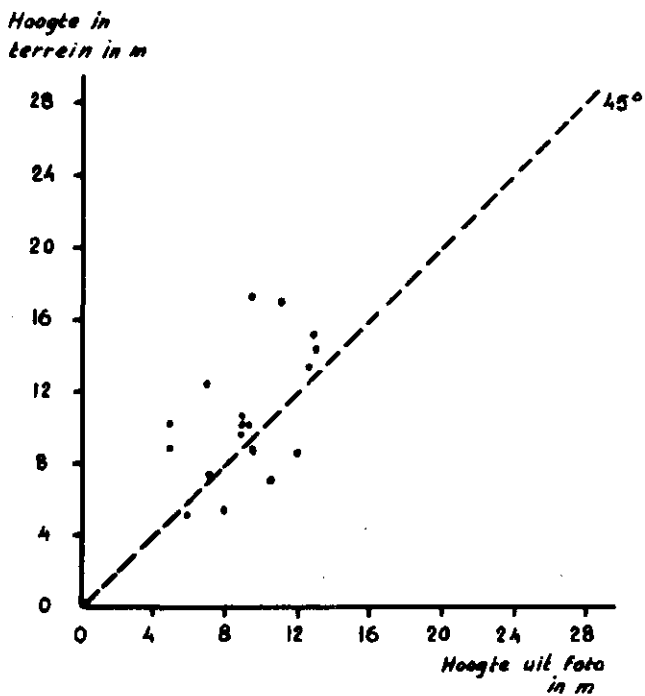
BUDEL-STRUPER AA (1:10.000)



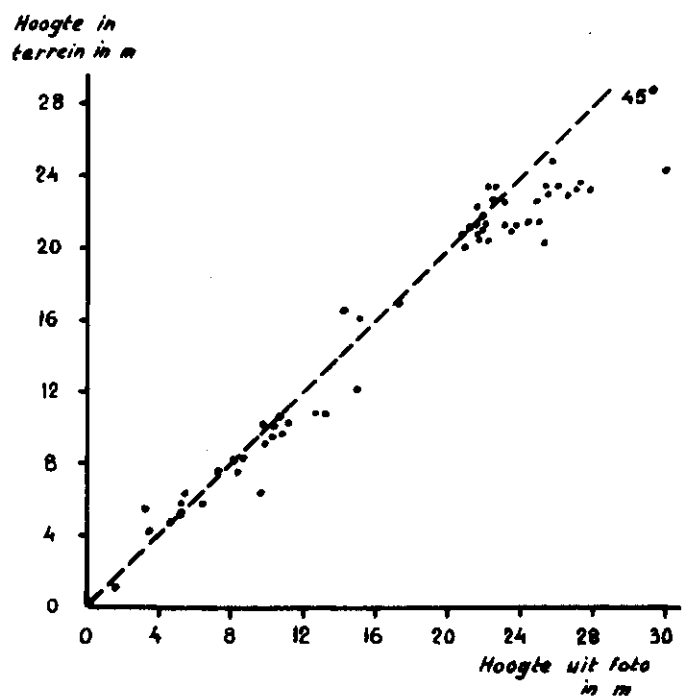
DE BILT (1:20.000)



GROENLO (1:5.000)



BUNNIK (1:3.000)



bij Bunnik goede resultaten zijn verkregen. De spreiding van de punten ten opzichte van de 45° lijn is in de andere gebieden dermate groot dat redelijk juiste hoogten blijkbaar slechts bij toeval zijn gemeten.

De goede resultaten bij Bunnik zijn verklaarbaar door de bijzonder goede kwaliteit van de gebruikte diapositieven en de relatief grote schaal (1:3000) waarop de opnamen zijn gemaakt. Bovendien is in de zomer gevlogen zodat de bomen vol in blad staan. Vooral dit laatste is belangrijk. Het ontbreken van het blad aan de bomen is de voornaamste oorzaak van de mindere resultaten bij Groenlo. In het ruimtelijk model dat door de spiegelstereoscoop wordt waargenomen zijn de kale takken te ijl om de boomtoppen goed te kunnen onderscheiden. In Budel-Strijper Aa en de Bilt verhindert de relatief kleine schaal het verkrijgen van betrouwbare resultaten.

Een overzicht van de afwijgingspercentages van de op de luchtfoto's gemeten hoogten ten opzichte van de werkelijke hoogten is gegeven in tabel 1.

Tabel 1. Frequentieverdeling van de afwijgingspercentages van de op luchtfoto's gemeten begroeiingshoogten ten opzichte van de werkelijke hoogten

Afwijkings- percentage	Gebied							
	de Bilt		Budel- Strijper Aa		Groenlo		Bunnik	
	aantal waarnemingen							
	abs.	%	abs.	%	abs.	%	abs.	%
< 10%	3	11	12	19	4	22	34	60
10-20%	3	11	6	9	6	34	17	30
20-30%	2	7	11	18	-	-	3	5
30-50%	8	28	20	31	6	33	1	2
50-100%	11	39	14	22	2	11	2	3
> 100%	1	4	1	1	-	-	-	-
Totaal	28	100	64	100	18	100	57	100

Uit de tabel blijkt dat in Bunnik 90% van de waarnemingen een afwijking vertoont die kleiner is dan 20%. In Groenlo blijft nog 56% van de waarnemingen onder deze grens, maar in Budel-Strijper Aa en de Bilt heeft slechts respectievelijk 28% en 22% van de waarnemingen een afwijking die minder dan 20% bedraagt.

De afwijkingpercentages zijn cumulatief weergegeven in fig. 3.

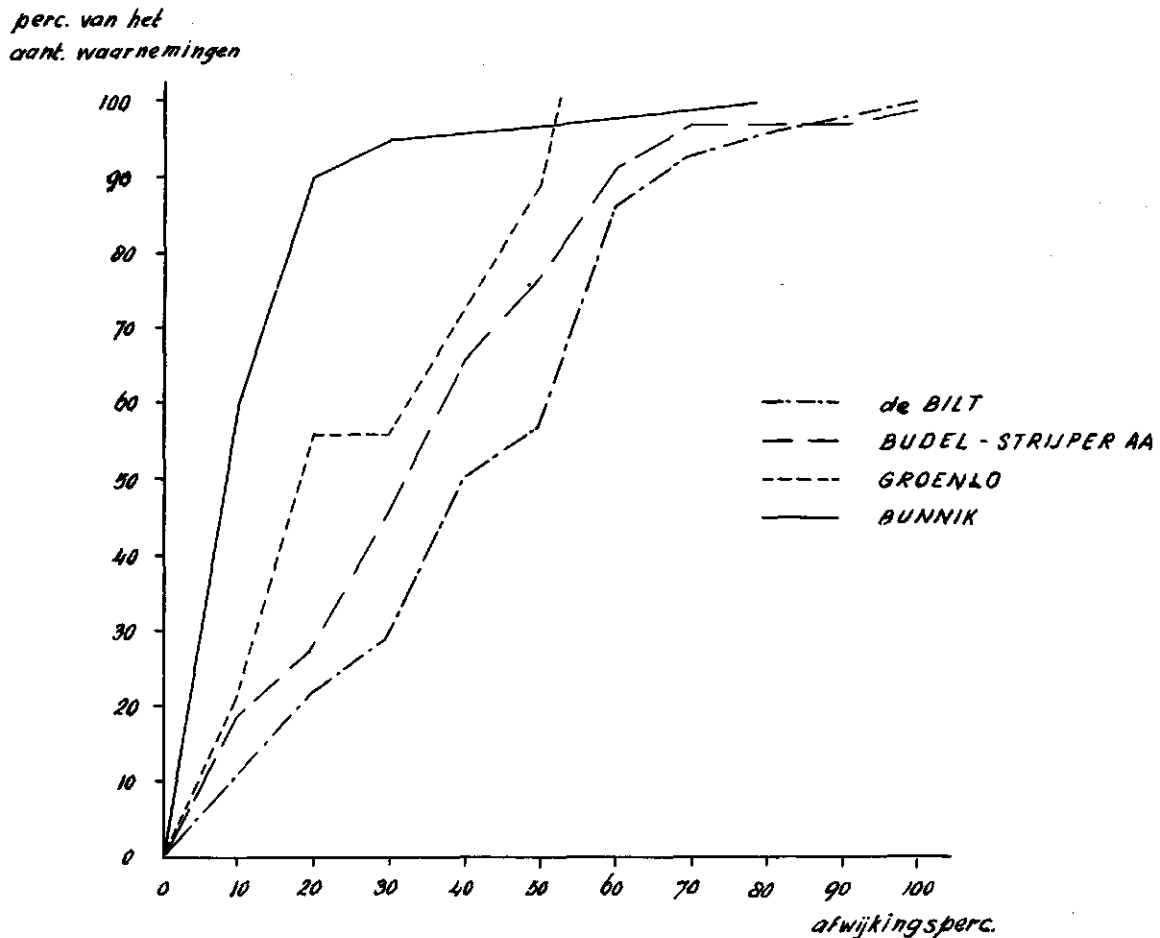


Fig. 3. Cumulatieve frequentieverdeling van de afwijkingpercentages van de uit luchtfoto's gemeten begroeiingshoogten t.o.v. de werkelijke hoogten in vier gebieden

Hoewel ook andere factoren een rol spelen, valt in de figuur toch op dat naarmate de foto's op een grotere schaal zijn opgenomen betere resultaten worden verkregen.

BEGROEIÏNGSKAART

Als voorbeeld voor de presentatie van de uit luchtfoto's verkregen gegevens betreffende de begroeiïng is een begroeiïngskaart samengesteld. Hiervoor is een gedeelte van het gebied bij Bunnik gekozen, gezien het gunstige resultaat dat het meten van begroeiïngshoogten op luchtfoto's in dit gebied heeft opgeleverd.

Voor het aangeven van de begroeiïng op de kaart is onderscheid gemaakt tussen solitair, bomenrij, heg, houtwal, bos en boomgaard. Naast de plaats van de begroeiïng is ook de hoogte aangegeven in de vorm van een hoogteklaas. Hiervoor zijn de volgende zes hoogteklassen onderscheiden: klasse 1: < 2 m, klasse 2: 2-5 m, klasse 3: 5-10 m, klasse 4: 10-15 m, klasse 5: 15-20 m en klasse 6: > 20 m. Op de kaart wordt bij de begroeiïng het nummer van de klasse aangegeven waarin de begroeiïng volgens zijn hoogte thuis hoort.

De betrouwbaarheid van de hoogtemeting uit luchtfoto's is met de voor dit gebied beschikbare foto's voldoende groot om de begroeiïng in de juiste klasse te kunnen indelen. Bij de proefmetingen voor dit gebied zijn 57 waarnemingen gedaan, waarvan er slechts zes in een verkeerde klasse zouden worden ingedeeld. Dit betref dan nog gevallen waarbij de uit de luchtfoto verkregen hoogte slechts weinig afweek van de werkelijke hoogte, maar de beide hoogten net aan weerszijden van een klassegrens waren gelegen.

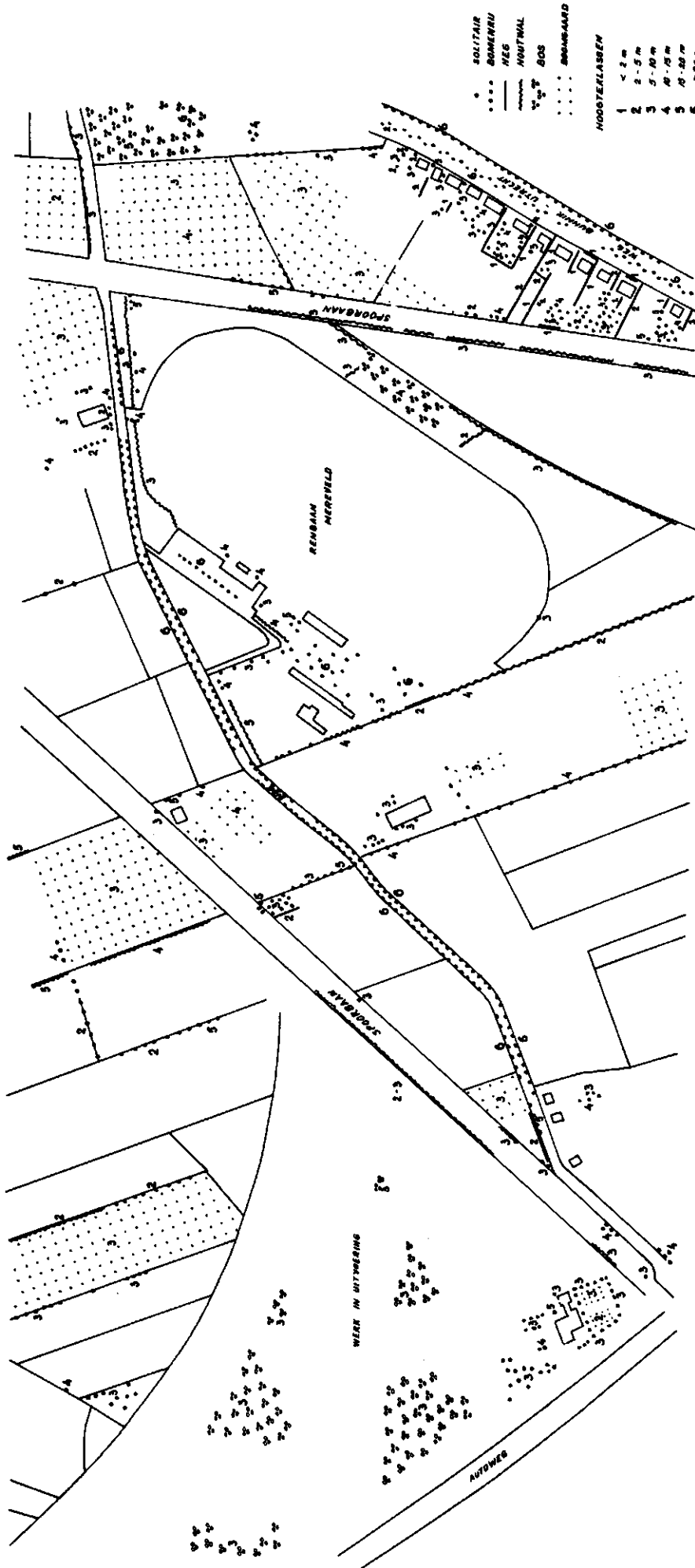
Fig. 4 geeft een beeld van de op deze wijze samengestelde begroeiïngskaart.

CONCLUSIES

Bij de uitgevoerde proeven zijn te weinig soorten luchtfoto's betrokken om uitgebreide conclusies te kunnen trekken. Wel is er voldoende variatie in de schaal waarop de foto's zijn opgenomen, maar voor een volledig inzicht is het gewenst dat per schaal zowel foto's als diapositieven beschikbaar zijn van zwart-wit en infrarode false-colour opnamen die in de zomer zijn gevlogen.

FIGUUR 4

BESROEIJINGSKAART



- SOLITAIR
- BOMENRIJ
- HES
- HOEFWAL
- BOS
- BRONSGAARD

HOOGTEKLASSEN

1	< 2 m
2	2 - 5 m
3	5 - 10 m
4	10 - 20 m
5	20 - 30 m
6	> 30 m

Uit de bij de proeven verkregen resultaten kunnen wel enige tendensen worden aangegeven.

Allereerst blijkt dat naarmate de foto's op een grotere schaal zijn opgenomen er betere resultaten worden bereikt. De op 1:3000 opgenomen foto's van het gebied Bunnik gaven goede resultaten te zien. De resultaten met de foto's van het gebied bij Groenlo (1:5000) waren aanzienlijk minder, maar dit was hoofdzakelijk te wijten aan het ontbreken van blad aan de bomen en de niet te beste kwaliteit van de foto's. Verwacht mag worden dat met op deze schaal in de zomer gevlogen foto's van een goede kwaliteit wel bruikbare resultaten zijn te behalen.

De resultaten met de op kleinere schalen opgenomen foto's van Budel-Strijper Aa (1:10 000) en de Bilt (1:20 000) waren dermate wisselvallig dat deze typen foto's voor het meten van begroeiingshoogten met eenvoudige apparatuur niet bruikbaar lijken te zijn.

Resumerend kan worden gesteld dat voor het verkrijgen van redelijke resultaten met het op de beschreven manier meten van begroeiingshoogten uit luchtfoto's, de opnameschaal van de foto's niet kleiner mag zijn dan ongeveer 1:5000, terwijl de opnamen in de zomer moeten worden gemaakt. Gezien de beeldkwaliteit zullen de beste resultaten vermoedelijk worden verkregen met infrarode false-colour diapositieven. Het type foto dat de voorkeur verdient wordt slechts incidenteel gebruikt. Dit betekent dat wanneer van een gebied met behulp van dergelijke foto's een inventarisatie van de begroeiing moet worden gemaakt, de foto's speciaal moeten worden vervaardigd. De vraag blijft dan in hoeverre de hieraan verbonden kosten aanvaardbaar zijn indien de foto's alleen voor dit doel worden gebruikt.

SAMENVATTING

In een viertal gebieden is een proef uitgevoerd met het meten van de hoogte van opgaande begroeiing uit verticale luchtfoto's met behulp van een spiegelstereoscoop en een parallaxbar. Voor de omgeving van de Bilt is gebruik gemaakt van zwart-wit foto's 1:20 000,

van de ruilverkaveling Budel-Strijper Aa waren zwart-wit foto's 1:10 000 voorhanden, voor een gebied nabij Groenlo zijn infrarode false-colour foto's 1:5000 gebruikt en voor een gebied nabij Bunnik waren infrarode false-colour diapositieven 1:3000 beschikbaar.

De resultaten van de hoogtemetingen op de foto's zijn gecontroleerd met in het terrein gemeten hoogten waarbij van een hellingmeter gebruik is gemaakt.

Alleen met de op relatief grote schaal (1:3000) opgenomen foto's van het gebied nabij Bunnik bleken bruikbare resultaten te kunnen worden gerealiseerd.

Van dit gebied is daarom als voorbeeld voor de presentatie van de uit luchtfoto's verkregen gegevens betreffende de begroeiing een begroeiingskaart (fig. 4) samengesteld.

LITERATUUR

EUGENE AVERY, T. Interpretation of aerial photographs, Burgess Publishing Company, Minneapolis.