

## Algemene Bijdragen

### HET GEBRUIK VAN LUCHTFOTO'S IN DE BOSBOUW. STUDIÉREIS NAAR WEST-DUITSLAND

[585 (43)]

door

A. J. GRANDJEAN

Mit deutscher Zusammenfassung: Die Verwendbarkeit der Luftbilder im Forstwesen.  
Studienreise nach West-Deutschland.

#### *Inleiding.*

Van 31 Augustus tot 12 September 1953 werd door Ir A. van Laar en ondergetekende een bezoek gebracht aan de bosinrichtingsdiensten van de landen Nordrhein-Westfalen, Hessen en Rheinland-Pfalz, en aan het Institut für Forsteinrichtung und Forstliche Ertragskunde van Prof. Schober te Hann.-Münden. In het belang van een verdere ontwikkeling van de bosinrichting in Nederland, is het nuttig, in het bestek van dit artikel nader in te gaan op het gebruik van luchtfoto's in de bosbouw.

In dit verslag zal het gebruik van luchtfoto's in het algemeen en in de West-Duitse bosinrichting in het bijzonder worden besproken, voor zover deze in Düsseldorf (Nordrhein-Westfalen) en Koblenz (Rheinland-Pfalz) kon worden bestudeerd.

Het gebruik van luchtfoto's in de bosbouw is een onderdeel van het gebruik van luchtfoto's in het algemeen. In dit algemene gebruik van luchtfoto's kan men onderscheiden:

1. een landmeetkundig gedeelte, de z.g. fotogrammetrie, waaronder wordt verstaan het vervaardigen van kaarten in de ruimste betekenis (b.v. topografische kaarten, kadastrale kaarten, waterstaatskaarten, bosbedrijfskaarten, hoogtekaarten).
2. een niet-fotogrammetrisch gedeelte, de z.g. foto-interpretatie, waaronder het „lezen” van de luchtfoto's wordt verstaan (b.v. ten behoeve van landbouw, bosbouw, historie, geologie, stedenbouw, wegenbouw, mijnbouw).

#### *Historie.*

Na de uitvinding van de fotografie door Daguerre en van het stereoscopisch beginsel door Elliot, beide omstreeks 1835, werd in 1852 door Laussedat een toestel gebouwd, waarmee voor het eerst terrestrische fotogrammetrie werd beoefend met behulp van overlappende foto's van een berglandschap. De volgende stap was het vervaardigen van foto's vanuit een ballon in 1858, waarmee de luchtfoto een feit was. In 1893 werd in Amerika door Adams het eerste patent op luchtfotokartering verkregen. Tijdens en na de eerste wereldoorlog beleefde de luchtfotografie met de ontwikkeling van het vliegwezen een snelle vooruitgang. De luchtfotocamera en haar optiek werden verbeterd, het gebruik van filtersystemen uitgewerkt en nieuwe lichtgevoelige emulsies ontdekt.

Evenzo vond een grote ontwikkeling plaats in de apparatuur ter uitwerking van de luchtfoto's, welke van de eenvoudigste tekenstereoscoop voert tot het meest ingenieuze toestel, de beeldenpaarmachine of stereoplanigraaf, ook autograaf geheten.

Aanvankelijk hulpmiddel voor de landmeter, is de luchtfoto steeds meer de basis van de moderne karteringstechniek geworden. Het vervaardigen van kaarten aan de hand van luchtfoto's, de fotogrammetrie, heeft zich tot een afzonderlijke wetenschap ontwikkeld. Al zal het meten op aarde, de terrestrische meting, wel altijd nodig blijven, zij zal voor een steeds groter deel worden vervangen door fotogrammetrische werkwijzen, welke tijd en geld sparen.

In Nederland dateert de eerste toepassing van de fotogrammetrie door het Kadaster van 1931—1932, toen de 1000 ha grote Biesbosspolder aan de hand van luchtfoto's op schaal 1 : 6000 werd gekarteerd. Nadien werd in 1937 de omgeving van Dordrecht bevolgen en gekarteerd, terwijl in 1938 de ruilverkaveling Eemnes met behulp van luchtfoto's werd uitgewerkt. Deze ontwikkelingsgang werd door de tweede wereldoorlog verstoord.

Een apart gebied in het gebruik van luchtfoto's is de fotointerpretatie, het z.g. lezen van luchtfoto's. Deze interpretatie is van jongere datum dan de fotogrammetrie, zij heeft zich eerst in de tweede wereldoorlog ten volle ontplooid. De Verenigde Staten zijn hierin voorgegaan. De eerste onderzoeken op het gebied van de toepassing van luchtfoto's voor bosbouwkundige doeleinden zijn in Duitsland (Tharandt) in de dertiger jaren verricht. De grote betekenis van de luchtfoto voor de bosbouw, met name voor het opstellen van bosbedrijfsplannen werd immers reeds in 1927 onderkend door Weissker, die de woorden schreef: „Der Einrichter muss gewissermassen mit einem Auge luftphotogrammetrisch, mit dem anderen forstlich sehen”.

Sedert 1945 is in de V.S. de techniek van de luchtfotografie een wezenlijk bestanddeel van de bosbouwwetenschap geworden. Zij wordt aan 30 Amerikaanse hogescholen als vak gedoceerd. Hierbij moet als baanbreker de hoogleraar S. H. Spurr worden genoemd; zijn handboek „Aerial photographs in forestry” dateert van 1948. West-Europa heeft door de oorlog een achterstand op dit gebied gekregen, welke men bezig is in te lopen. In verband hiermede is het voor ons land een grote voldoening, dat enkele jaren geleden in Delft het „International Training Center for Aerial Survey”, afgekort I.T.C., onder leiding van Prof. Schermerhorn werd gevestigd.

#### *Beginselen der fotogrammetrie.*

De luchtfoto is een centrale projectie van het landschap, d.w.z. alle punten in het landschap worden via het middelpunt van de cameraleens op de film geprojecteerd. Als gevolg hiervan geeft alleen een zuiver loodrechte opname van vlak land een juiste voorstelling van het object. Wijkt de optische as van de camera af van de verticaal, of vertoont het land hoogteverschillen, dan geeft de luchtfoto perspectivische vertekeningen in de vorm van radiale verplaatsingen. De schaal van de foto wordt bepaald door de verhouding van de brandpuntsafstand en de vlieghoogte. Zowel door een scheve opname als door de terreinconfiguratie

vertoont de schaal van de luchtfoto afwijkingen, welke groter zijn naarmate een punt verder van het beeldmiddelpunt (z.g. hoofdpunt van de foto) is verwijderd en naarmate het terrein meer geaccidenteerd is. Daar de schommeling van de camera (z.g. „tilt”) door cardanisch ophangen zo gering mogelijk wordt gehouden, is de hierdoor veroorzaakte radiale verplaatsing gering. De radiale verplaatsing, veroorzaakt door het terreinrelief, is veel groter; deze is moeilijker vast te stellen en te corrigeren.

Teneinde een kaart op fotogrammetrische basis te vervaardigen moeten de beeldfouten in de luchtfoto worden geëlimineerd. Men doet dit veelal door bij de vervaardiging van de positieve contactafdrukken de negatieven gelijktijdig te onthoeken (ontschranken). Een kaart is immers een verticale of orthogonale projectie van het land op een denkbeeldig vlak, in ons land het N.A.P.-vlak, terwijl de luchtfoto een centrale projectie is. Het onthoeken van luchtfoto's van vlak land is zeer eenvoudig. Moeilijker wordt het als het foto's van bergland betreft. Voor het onthoeken is in beginsel nodig, dat in iedere luchtfoto vier punten, z.g. paspunten, bekend zijn. Deze paspuntbepaling vormt de meetkundige grondslag, zij geschiedt vooraansnog door terrestrische meting. Het onthoeken berust op het corrigeren van de fouten in het negatief, door deze te kantelen in 2 richtingen, te draaien en te schuiven, alsmede door hoogtewijziging (in totaal 5 veranderlijken, de z.g. 5 graden van vrijheid). Het direct gebruik van niet onthoekte verticale luchtfoto's is voor de kartering ook mogelijk, maar dan dienen bijzondere werkwijzen te worden ingevoerd. Evenzo kunnen scheve luchtfoto's, z.g. oblique's, worden gebezigd. Behandeling van de alsdan te volgen karteringsmethoden valt buiten het bestek van dit artikel.

De luchtfoto's worden zodanig vervaardigd, dat de achtereenvolgende foto's in de vliegrichting, de z.g. run of fotoserie, elkaar voor 60% overlappen. Deze overlapping is nodig om de foto's stereoscopisch te kunnen bekijken. Voor de onderlinge aansluiting van de runs wordt een overlapping van 30% in de richting loodrecht op de run genomen. Als gevolg hiervan bedraagt de nuttige oppervlakte van een luchtfoto slechts 28 %.

De stereoscopie berust op de gelijktijdige beschouwing van twee elkaar voor 60% overlappende foto's, die tezamen een beeldenpaar of stereopaar vormen. Eenzelfde object, b.v. een boom, staat op beide foto's dusdanig afgebeeld, dat het voorwerp onder verschillend perspectiefisch zicht staat. Het stereoscopisch bezien van iedere foto van het beeldenpaar met één oog, welke foto zich voor elk oog afzonderlijk twee-dimensionaal voordoet, wordt in de hersenen samengesteld tot een drie-dimensionaal beeld, dat diepte vertoont. De stereoscopische indruk is versterkt, daar de afstand tussen de ogen kunstmatig is vergroot.

De instrumenten, welke voor de fotogrammetrie zijn ontwikkeld lopen in aard en nauwkeurigheid sterk uiteen. Het meest eenvoudige toestel is de hiervoor ontworpen lichtbak met verstelbare inrichting (Procota-apparaat). De luchtfoto-ervormer (in Duitsland „Luftbildumzeichner” geheten) is eveneens zeer eenvoudig. In eenvoudige gevallen kan de pantograaf worden gebruikt. Een verder ontwikkeld toestel is de tekenstereoscoop, waarvan de stereotoop een verbeterde uitgave is; deze wordt gerekend tot de apparatuur van de 3e orde. In de V.S. zijn gelijksoortige toestellen, zoals de multiscoop, ontwikkeld. Het meest geperfectionneerd

is de apparatuur van de 1e orde, de beeldenpaarmachine, waartoe de stereoplanigraaf behoort. Voor het onthoeken zijn volautomatische toestellen geconstrueerd, waarbij ieder punt van het negatief bij alle manipulaties met het toestel steeds scherp wordt gereproduceerd.

Een bijzondere werkwijze is de vervaardiging van een fotomosaïek, waarbij veelal alleen de middengedeelten van de luchtfoto's worden gebruikt.

### *De interpretatie van luchtfoto's in het algemeen.*

Onder de interpretatie van luchtfoto's wordt verstaan het ontlene van gegevens aan de luchtfoto, welke op niet-fotogrammetrisch gebied liggen. De interpretatie wordt in het kort ook wel het „lezen" van luchtfoto's genoemd. De enkele luchtfoto geeft reeds waardevolle gegevens, doch deze hebben aan duidelijkheid ingeboet, daar het driedimensionale voorwerp tot een tweedimensionaal beeld is gereduceerd. Om het volle profijt van een luchtfoto te trekken is dan ook de stereoscopische beschouwing van een beeldenpaar voorwaarde. De luchtfoto geeft het beeld weer in alle tinten grijs, welke uiteenlopen van wit tot zwart. Het is een gelukkige omstandigheid, dat een goede fotografische weergave de contrastverschillen in dezelfde mate weergeeft als de natuurlijke indruk, die het voorwerp op ons maakt.

Het interpreteren van luchtfoto's vindt steeds meer in verschillende takken van wetenschap plaats, terwijl ook de dagelijkse praktijk zich in toenemende mate van luchtfoto's bedient. Het grote voordeel van de luchtfoto is niet in de eerste plaats gelegen in het directe overzicht van het gefotografeerde aardoppervlak, doch in het scherp weergeven van de details en het onderlinge verband dezer details. Hierdoor zijn de luchtfoto's van grote betekenis voor de bestudering van het landschap, de begroeiing, de bodemtoestand, de waterhuishouding, de verkaveling, de bebouwing enz., alsmede voor de exploratie, wegenbouw en exploitatie; voor laatstgenoemde toepassingen wordt vooral in tropische gebieden dankbaar gebruik gemaakt van luchtfoto's. Naast de details van het tegenwoordige landschap geeft de luchtfoto vele details uit het verleden, reden waarom de geografie, geologie, historie en praehistorie van de luchtfoto een nuttig gebruik kunnen maken.

In Amerika heeft men de luchtfoto het meest uitgebuit. De volgende bosbouwkundige metingen worden aan de foto verricht: metingen van boomhoogte en kroondiameter, stamtellingen en bepaling van de kronensluiting, op grond van welke gegevens de leeftijd, stamdiameter, grondvlak en houtmassa van de opstand worden afgeleid (luchtfoto-opbrengst-tabellen). Daarenboven worden aan de hand van de luchtfoto's houtsoorten of houtsoortgroepen onderscheiden, alsmede een globale bonitering en bostypering uitgevoerd. Hiervoor heeft Spurr een infrarood-opnametechniek ontwikkeld, welke nuttig is om bepaalde verschillen te accentueren. De grenzen der begroeiingsvormen worden uiteraard fotogrammetrisch bepaald. Deze vergaande interpretatie heeft zin in landen met uitgestrekte, min of meer maagdelijke bosgebieden, zoals de Verenigde Staten. In Nederland, met zijn vrij kleine, goed ontsloten bosgebieden, welke uit veelal eenvormige bossen zijn samengesteld en zijn intensievere werkwijzen, heeft de luchtfoto minder betekenis voor de inventarisatie. Het is gebleken, dat ook in Duitsland van de luchtfoto als

hulpmiddel een dankbaar en nuttig gebruik wordt gemaakt. De luchtfoto en het veldwerk vullen elkaar goed aan, maar de luchtfoto blijkt het veldwerk niet te kunnen vervangen.

#### *De luchtfotomethodiek in West-Duitsland.*

Deze methodiek verschilt in de landen Rheinland-Pfalz (Koblenz) en Nordrhein-Westfalen (Düsseldorf) principiëel, zodat beide werkwijzen in het onderstaande naast elkaar worden beschouwd.

#### *A. De werkwijze in Koblenz.*

Het doel van de toepassing van de luchtfoto is hier tweeledig :

- I. hulpmiddel voor de landmeetkundige opname en
- II. hulpmiddel voor de bosbeschrijving, kartering en inventarisatie (luchtfoto-interpretatie).

#### *ad. I. Werkwijze bij de kartering.*

Op grond van de reeds aanwezige kaarten (kadastrale kaarten, bos-bedrijfskaarten e.d.) worden met behulp van recente luchtfoto's de nieuwe basiskaart (Forstgrundkarte) en bedrijfskaart vervaardigd. Men neemt daarbij steeds aan, dat de aanwezige min of meer verouderde kaarten voldoende nauwkeurig zijn. De nieuw verkregen oppervlakten worden dan ook herleid op de kadastrale grootten. Nieuwe inmeting of bepaling van paspunten vindt niet plaats, daar de middelen hiertoe ontbreken. Ten behoeve van het gebruik van luchtfoto's voor de kartering beschikt de Inrichtingsdienst te Koblenz over de film, welke veelal op een schaal van 1 : 15.000 wordt gevlogen. Op dezelfde schaal als die van de film, worden positieve contactafdrukken op fotopapier vervaardigd, welke veelal 18 x 18 cm groot zijn. In Koblenz wordt aan matte en halfmatte afdrukken de voorkeur gegeven boven glanzende foto's, daar op laatstgenoemde afdrukken minder goed kan worden getekend.

De fouten in de schaal van de luchtfoto, veroorzaakt door de hoogteverschillen in het terrein, zijn niet van systematische aard. Om de luchtfoto's van het heuvel- en bergland toch met vrucht te kunnen gebruiken past men in Koblenz een eenvoudige benaderingsmethode toe, de zône-gewijze-onthoeking. Hierbij wordt het heuvelland in 50 meter hoogtezônes (overgenomen van de stafkaart) verdeeld en iedere zône op zichzelf als vlak beschouwd en onthoekt. Deze methode heeft voor ons vlakke land weinig betekenis en kan buiten beschouwing blijven. Voor het onthoeken en het gelijktijdig wijzigen van de schaal van de luchtfoto heeft de houtvester Von Laer een lichtbak met verstelbare inrichting (vergelijkbaar met de Procota in Nederland) geconstrueerd, welk apparaat nog in een experimenteel stadium verkeert.

Van de film, meestal op schaal 1 : 15.000, worden vervolgens onthoekte vergrotingen gemaakt op schaal 1 : 5000; deze worden onthoekt op grond van bestaande kaarten, welke voor dit doel als juist worden aangenomen, waardoor de afwijking van de loodrechte opname wordt gecorrigeerd. Deze vergrotingen op fotopapier dienen ter aanvulling en verbetering van de bestaande kaarten.

Een goedkoop procédé is in Koblenz uitgewerkt in de vorm van luchtfoto-lichtdrukken. Voorwaarde voor deze werkwijze is, dat men over de film zelf kan beschikken. Hiertoe wordt van de film een vergrote ont-

hoekte positieve afdruk vervaardigd op een doorzichtige film, een diafolie. De vervaardiging van deze diafoliën geschiedt door de firma H. Richter te Koblenz, welke haar werkwijze als fabrieksgeheim bewaart. De diafolie, op schaal 1 : 5000 en formaat 60 x 60 cm, dient als calque voor het lichtdrukken. De lichtdruk kan bij het veldwerk met veel nut worden gebruikt. Ook worden gedeelten van lichtdrukken ter vervanging van schetskaartjes gebezigd bij de tekst van de bosbeschrijving. De lichtdrukken zijn vrij grof van structuur en daardoor minder geschikt om stereoscopisch te worden gebruikt.

Voor het karteren op grond van de luchtfoto worden de volgende vier werkwijzen afzonderlijk of in combinatie met elkaar toegepast:

1. in de eenvoudigste gevallen het copiëren.
2. overname der gegevens van de luchtfoto, waarbij de afwijkingen evenredig worden verdeeld.
3. met behulp van hoogtecorrecties, welke op grond van de hoogtekaart in tabelvorm zijn verkregen, worden de uit het beeldmiddelpunt gaande lijnen op de luchtfoto (radiaallijnen of stralen) gecorrigeerd, waarna de betreffende punten op de kaart worden overgedragen.
4. met de triangulatiemethode, waarbij met behulp van 2 dusdanig georiënteerde luchtfoto's wordt gewerkt, dat ieder gewenst punt op de kaart wordt bepaald als snijpunt van twee of meer stralen vanuit beide middelpunten. Voorwaarde is, dat beide luchtfoto's op zulk een wijze zijn georiënteerd, dat de afstand tussen de beeldmiddelpunten volgens de schaal juist is. Deze werkwijze vereist het gebruik van een triangulatioestel.

Ter eenvoudige controle van de nauwkeurigheid van een aanwezige kaart wordt ook gebruik gemaakt van de richting van de stralen vanuit het beeldmiddelpunt op de foto, in vergelijking met de kaart.

#### *ad. II. Luchtfoto-interpretatie.*

De luchtfoto fungeert daarnaast als hulpmiddel bij de bosbeschrijving. Het grootste nut wordt bereikt door de luchtfoto in het veld stereoscopisch te bekijken. Men gebruikt hiertoe :

- a. overlappende luchtfoto's (60% in de vliegrichting en 30% in de dwarsrichting),
- b. een plankje om de luchtfoto's en de stereoscoop te bevestigen,
- c. een zakstereoscoop met een gezichtsveld van 6 x 6 cm.

Behalve bij de bosbeschrijving wordt de luchtfoto gelijktijdig gebruikt als hulpmiddel bij de inventarisatie. Daar men op de foto zowel de leeftijd als de verspreiding der opstanden overziet, is het mogelijk in het veld metingen te verrichten op de daartoe meest geschikte plaatsen. Het nut van de luchtfoto's is uiteraard groter naarmate de foto's recenter zijn.

De kosten van de kartering met behulp van luchtfoto's kunnen aldus per ha bosoppervlakte worden gespecificeerd:

- a. het fotografisch gedeelte:  
de vlieggkosten bedragen voor foto's op schaal 1 : 15.000

gemiddeld .....	DM 0,45
de vervaardiging van 2 contactafdrukken op fotopapier (DM 1,50 per stuk) kost .....	DM 0,02
Idem van onthoekte vergrotingen (1 : 5000) op diafolie .....	DM 0,13
Idem van 10 lichtdrukken .....	DM 0,05
Idem van onthoekte vergroting (1 : 5000) op fotopapier .....	DM 0,09

Totaal DM 0,74

b. de vervaardiging van de basiskaart (1 : 5000):	
karteringswerkzaamheden aan de hand van de luchtfoto .....	DM 0,75
kartografisch werk voor netkaart .....	DM 0,55
vervaardiging van lichtdrukcalque .....	DM 0,15

Totaal DM 1,45

c. de vervaardiging van de bedrijfskaart (1 : 10.000):	
overbrenging op schaal 1 : 10.000 .....	DM 0,12
kartografisch werk .....	DM 0,25

Totaal DM 0,37

In totaal bedragen de kosten DM 2,56 per ha. Dit is de helft van de kosten voor terrestische meting en kartering, welke in Koblenz worden geschat op DM 5 per ha.

#### B. De werkwijze in Düsseldorf.

De luchtfoto's worden op een schaal 1 : 10.000 vervaardigd door een Engelse firma in Londen. De film blijft Engels eigendom, hetgeen, zoals hier nog zal blijken, een nadeel is.

De luchtfoto's op schaal 1 : 10.000 worden in opdracht van de inrichtingsdienst door een Duitse firma te Münster onthoekt en gelijktijdig vergroot op schaal 1 : 5000, op welke schaal positieve contactafdrukken op glanzend papier worden vervaardigd. Ten behoeve van deze werkwijze worden, hetzij door de bosinrichtingsdienst paspunten ingemeten, indien geen betrouwbare kaarten voorhanden zijn, of de onthoeking geschiedt op basis van reeds aanwezig kaartmateriaal, meestal kadastrale, ook wel topografische of oude boskaarten. De aldus verkregen, onthoekte, maatvaste foto's op schaal 1 : 5000 worden gebruikt voor het te vervaardigen fotomosaïek (Bildplan), welke wordt samengesteld uit de middengedeelten van een aantal luchtfoto's (in verband met het bergland worden de nog vertekende buitenste gedeelten niet gebruikt). Hiertoe worden deze fotogedeelten uitgeknipt, aaneen geplakt, wederom gefotografeerd en op dezelfde schaal afgedrukt. Het formaat bedraagt 40 x 40 cm, zodat bij een schaal van 1 : 5000 een oppervlakte van 400 ha op dit fotomosaïek wordt afgebeeld. Eenzelfde afdruk wordt vervaardigd op dun fotografisch papier ten behoeve van het veldwerk van de inrichtingshoutvester. Op de fotomosaïek kunnen met witte inkt de wegen, opstandsgrenzen, grenzen van houtsoortengroepen e.d. worden aangegeven. Deze foto vormt de grondslag van de te vervaardigen basiskaart op schaal 1 : 5000. De aangegeven lijnen worden hiertoe op doorzichtig tekenpapier, astralon, overgenomen, waarna de originele basiskaart gereed is en kan worden gedrukt, na aangevuld te zijn met de vaknummers en kadastrale per-

celen. Deze basiskaarten zijn aan het nieuwe Duitse coördinatennet aangepast. Op grond van aaneengevoegde basiskaarten wordt op schaal 1 : 10.000 de bedrijfskaart gemaakt, die wordt gekleurd en voorzien van een uitvoerige legenda.

De luchtfoto's (contactafdrukken op schaal 1 : 10.000) worden na gebruik door de inrichtingsdienst, aan het bosbeheer ter beschikking gesteld, zodat het beheer deze foto's voor stereoscopisch gebruik kan bezigen. Het onthoekte fotomosaïek op schaal 1 : 5000 wordt door de bosinrichtingsdienst behouden. Hoewel bij gebruik van het fotomosaïek uiteraard geen stereoscopie mogelijk is, wordt deze foto in Düsseldorf als ideaal voor de bosinrichting beschouwd. Vooral voor vlak land wordt deze werkwijze zeer voordelig geacht, temeer, daar de gehele foto bruikbaar is en men zich niet alleen tot de middengedeelten behoeft te beperken. Het vervaardigen van fotomosaïeken wordt in Koblenz verworpen, daar deze werkwijze duur is en voor het heuvel- en bergland een slecht kaartbeeld zou geven. Volgens Von Laer geven ook de middengedeelten der afzonderlijke foto's in een mozaïekbeeld van een bergterrein aanleiding tot onregelmatige en willekeurige fouten, welke in de stootkanten van de fotodelen tot uiting komen. In vlak land kan volgens Von Laer een fotomosaïek nuttig zijn, hoewel het door het aaneenlijmen van fotogedeelten kan voorkomen, dat eenzelfde bosgesteldheid door verschillende belichtingen op de verschillende foto's een ander beeld vertoont, hetgeen tot verwarring aanleiding kan geven.

De inrichtingsdienst voorziet elke foto van een nummer (run- en serienummer), welke wordt overgebracht op een overzichtskaart. In een bepaalde houtvesterij kan direct op deze kaart worden afgelezen, op welke foto's een zeker onderdeel voorkomt, hetgeen het zoeken van luchtfoto's vermijdt.

De vlieggkosten en de kosten voor het samenstellen van het fotomosaïek bedragen in totaal 0,82 DM per ha. Bij het vliegen door een Duitse firma, wat men in de toekomst mogelijk acht, zullen de kosten nog kunnen dalen.

De kosten van fotoreproductie kunnen worden gedrukt door te werken met leesbare negatieven (het Schwarz-Weiss Verfahren), waarbij de foto op zwart fotopapier wordt afgedrukt (wit wordt zwart en omgekeerd). Daar het vervaardigen van een duur negatief overbodig wordt, bedragen de kosten  $\frac{1}{10}$  deel van de kosten van een normale contactafdruk.

Als hulpmiddel bij het gebruik van luchtfoto's wordt in Düsseldorf de „Luftbildumzeichner" gebruikt. Met behulp van dit instrument is het op eenvoudige wijze mogelijk, vanaf een luchtfoto een kaart te tekenen op een andere schaal, op voorwaarde dat een goed raam of een net van paspunten aanwezig is. Door dubbele breking ziet men met dit toestel gelijktijdig het rechtopstaande fotobeeld (dat in alle richtingen draaibaar en verschuifbaar is) en het horizontale liggende kaartblad, waarop wordt getekend. Von Laer in Koblenz beschouwt dit instrument als onnauwkeurig, terwijl het werken ermede zeer vermoeiend voor de ogen moet zijn.

De kosten voor de vervaardiging van het benodigde kaartmateriaal bedragen thans in Düsseldorf:

DM 5 per ha, indien alles terrestrisch wordt gemeten,

DM 3 per ha, indien luchtfotogrammetrisch wordt gewerkt, waarbij, in



het gunstigste geval, slechts weinig paspunten terrestrisch behoeven te worden gemeten. Ook hier blijkt de grote kostenbesparing, welke door het gebruik van luchtfoto's kan worden bewerkstelligd.

#### *Conclusies voor Nederland.*

In de bosbouwkundige praktijk in Nederland wordt de luchtfoto reeds in ruime mate gebruikt voor karteringsdoeleinden. Sprangers beschreef reeds in 1939 een eenvoudige en snelle methode om met behulp van luchtfoto's (toenmalige schaal 1 : 10.000) een bosterrein in kaart te brengen. De meetkundige grondslag werd daarbij verkregen van vergrotingen op schaal 1 : 10.000 van de topografische kaart 1 : 25.000. De aldus vervaardigde bebossings- en bedrijfskaarten voldeden aan redelijke nauwkeurigheidseisen, terwijl de kosten van kartering laag waren in vergelijking met terrestrische meting.

Na de oorlog heeft de eenvoudige en vrij nauwkeurige werkwijze met het eerder genoemde Procota-apparaat ingang gevonden. Deze methode lijkt momenteel vooralsnog de beste en goedkoopste, temeer daar in de regel een betrouwbare meetkundige grondslag door de kaarten van het Kadaster of de Topografische Dienst kan worden verkregen. Zo nodig kan terrestrisch een raam of net van hoofdwegen worden gemeten, waarna de overige gegevens uit de luchtfoto worden verkregen door inpassing. Het gebruik van de beeldenpaarmachine voor de kartering van bos wordt in Nederland slechts zelden toegepast. Het resultaat is een zeer nauwkeurige kaart, welke veelal een overmaat aan gegevens bevat. Uitvoeriger terrestrische aanvullende meting (naverkenning) is nodig, naarmate de luchtfoto's minder recent of van slechtere kwaliteit zijn.

Gezien de snelle en kostensparende resultaten van de toepassing van de luchtfoto in de boskartering is het van groot voordeel, bij de vervaardiging van kaarten van bosbedrijven zo veel mogelijk gebruik te maken van luchtfoto's.

Het gebruik van luchtfoto's voor interpretatie-doeleinden, zoals het herkennen van begroeiingsvormen en houtsoorten, het bepalen van mengings- en sluitingsgraden e.d. en daarop aansluitend het beoordelen van de opstand, vindt nog slechts bij uitzondering plaats. Vooralsnog wordt de luchtfoto slechts als systematisch hulpmiddel gebezigd bij de werkzaamheden van de bosstatistiek en ten behoeve van de opstelling van bedrijfsplannen. Het meerdere profijt, dat de bosinrichting in West-Duitsland van de luchtfoto's voor de bosbouwkundige interpretatie trekt, wordt door de omstandigheden aldaar bepaald.

Tot slot moge nogmaals worden opgemerkt, dat de luchtfoto het veldwerk niet kan vervangen. De gegevens uit de luchtfoto en de gegevens van de terreinopname vullen elkaar aan en als zodanig dient de luchtfoto als hulpmiddel dankbaar te worden aanvaard.

#### *Zusammenfassung.*

Die Verwendbarkeit der Luftbilder im Forstwesen unterscheidet man in Photogrammetrie (Aerophotovermessung) und Photo-interpretation (Ausscheidung der Bestände und phototaxatorische Arbeit). Forstingenieur A. van Laar und Verfasser besuchten im September 1953 die Forsteinrichtungsämter der Länder Nordrhein-Westfalen (Düsseldorf), Hessen (Giessen) und Rheinland-Pfalz (Koblenz). Die Forst-

photogrammetrie wird in der Praxis studiert in Düsseldorf und Koblenz.

Die ersten forstphotogrammetrischen und -taxatorischen Untersuchungen wurden in Deutschland (Tharandt) in den dreissiger Jahren ausgeführt. Nach dem zweiten Weltkrieg ist die Technik der Luftphotogrammetrie zu einem wesentlichen Bestandteil der Forstwissenschaft geworden, besonders in den Vereinigten Staaten. Auch in West-Deutschland verwendet man mehr und mehr die Luftbilder als Hilfsmittel, um Zeit und Kosten zu sparen. Das Forsteinrichtungsamt in Düsseldorf arbeitet mit entzerrten Bildplänen (Photomosaiken) im Massstab 1 : 5000. Man verwendet in Koblenz entzerrte Vergrößerungen von Luftbildern im Massstab 1 : 5000 als Grundlage von Forstgrundkarten und Betriebskarten. Eine billige Methode ist hier von Oberforstmeister Von Laer entwickelt worden — die Herstellung von Lichtpausen des Luftbildes. Man verwendet hier auch die Luftbilder für die Bestandesausseidung usw. mit grossem Erfolg. Die amerikanische Methodik der Bestandesinventur wird in Deutschland abgelehnt.

Die Forstphotogrammetrie wird in den Niederlanden eine immer wichtigere Rolle für die Kartenherstellung spielen. Das Luftbild wird auch für die Forsteinrichtungsarbeit immer mehr Anwendung finden. Diese Entwicklung wird durch die Erfahrungen dieser Studienreise gefördert.

#### Literatur

- P. Buringh : The analysis and interpretation of serial photographe in soil survey and land classification. Netherlands Journal of agricultural Science 2 (1), 1954 (16—26).
- C. A. J. von Frijtag Drabbe : Het lezen en interpreteren van verticale luchtfoto's. Tijdschrift Aardrijkskundig Genootschap 65, 1948 (452—462).
- A. J. Grandjean en A. van Laar : Actuele vraagstukken in de bosinrichting in Duitsland. Verslag van een desbetreffende studiereis. 1953.
- C. A. Hart : Air-photography applied to surveying. 1948.
- Luftbildmerkblatt : Erläuterungen zum Gebrauch des Luftbildes für den Forsteinrichter. 1952.
- Nederlandse Vereniging voor Fotogrammetrie.
- Ontdekkingsreizen in de luchtfoto. Voordrachten gehouden op een symposium over luchtfoto-interpretatie, d.d. 9 Dec. 1949.
- Nederlandse Vereniging voor Fotogrammetrie. Uitgave van de tekst van de lezingen van Ir G. F. Witt en Prof. Dr W. Schermerhorn, d.d. 16 Dec. 1953. 35 blz.
- K. Schidewsky : Grundriss der Photogrammetrie. 1950.
- Sonderheft „Forstliche Photogrammetrie“. Forstarchiv 23 (9/10), 1952 (177—197).
- A. A. C. Sprangers : Terreinkartering zonder meting, met behulp der luchtfotografie. Tijdschrift der Ned. Heidemij 51, 1939 (235—240).
- S. H. Spurr : Aerial photographs in Forestry. 1948.
- Die Luftphotografie in der Forstwirtschaft. Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen 103 (11), 1952 (431—446).
- M. Zeller : Lehrbuch der Photogrammetrie. 1947.