

## PHOTOGRAMMETRIE EN BOSCHSTATISTIEK

door

Ir. L. H. RIKKEN.

Nog altijd moet boschbouwend Nederland het stellen zonder behoorlijke, juister gezegd heelemaal zonder boschstatistiek, want de cijfers, die in het Verslag van den Landbouw elk jaar trouw vermeld worden, zijn dien naam niet waard. De Commissie voor de Boschstatistiek, onder Voorzitterschap van Prof. te Wechel heeft het tot dusver, bij gebrek aan middelen, moeten laten bij enkele oriënteerende onderzoekingen, welke voornamelijk ten doel hadden, kostenberekeningen te kunnen opstellen. Door het Kadaster werden o.a. de houtvoorraden van de Gemeente Wageningen geïnventariseerd, waarbij de bereikte nauwkeurigheid zeer groot was, doch de kosten naar verhouding. Terecht heeft men dan ook uitgezien naar goedkoopere werkwijzen en een onderzoek naar de bebossingstoestand van enkele gemeenten laten instellen door landbouwkundige ingenieurs, waarbij voor het meetwerk in ruime mate gebruik werd gemaakt van topografische kaarten. Hierbij bleek, dat weliswaar de nauwkeurigheid geringer was, doch dat de kosten slechts een twaalfde deel beliepen van die bij de eerste opnemingswijze.

Het gemis aan exacte gegevens maakt, dat alles, wat omtrent den Nederlandschen Boschbouw geschreven wordt, voorzover het niet betrekking heeft op houtteelt, een zeer speculatief karakter heeft. Bij het nemen van maatregelen, die den boschhuishoudkundigen toestand van Nederland op eenigerlei manier kunnen beïnvloeden, kan men niet anders dan tastend te werk gaan, omdat de wegwijzer, die een goede statistiek zou zijn, ontbreekt. Ieder, die zich op eenigszins intensieve manier met den economischen kant van den Nederlandschen Boschbouw wil bezig houden, stuit op deze moeilijkheid, en betreurt den op dit gebied ten onzen heerschenden prae-historischen toestand.

In verband daarmee heb ik mij de vraag gesteld, of het niet mogelijk zou zijn, met zeer geringe kosten een boschstatistiek te vervaardigen, indien gebruik werd gemaakt van luchtphoto's; de photogrammetrische wetenschap is in de laatste jaren zoo ver gevorderd, dat te verwachten was, dat dit inderdaad het geval zou zijn. Teneinde dit na te gaan, werd aan den Topographischen Dienst te 's Gravenhage verzocht, een oriënteerend onderzoek te mogen instellen, het-

geen werd toegestaan. Voor de verleende toestemming en niet minder voor de in ruime mate ondervonden, hulp, betuig ik van deze plaats nog eens mijn dank.

De topographische kaarten van ons land, werden oorspronkelijk, uit den aard der zaak, vervaardigd aan de hand van terrestrisch opgenomen gegevens. Alhoewel deze kaarten reeds voldeden aan hooge eischen van nauwkeurigheid, was het toch, o.a. door de overal in het terrein ingetreden veranderingen, noodig de kaarten te herzien ofwel geheel te vernieuwen; de nieuwe triangulatie van ons land maakte het ook wenschelijk, de bladen voortaan in het nieuwe driehoeksnet te oriënteren. Dit alles gebeurt tegenwoordig langs photogrammetrischen weg. Omstreeks 1945 zal men zoover zijn, dat van het heele land herziene of nieuwe topographische kaarten aanwezig zijn, hetgeen dus insluit, dat dan ook van het heele land photo's beschikbaar zullen zijn.

Het voornaamste voordeel van de photogrammetrische methode is in het algemeen gelegen in de zeer aanzienlijke vermindering van het terreinwerk. Dit is vooral van belang, als men, bijv. bij expeditie's, slechts weinig personeel beschikbaar heeft, of waar het terrein zeer moeilijk begaanbaar is. Weliswaar zijn de toestellen, die voor de uitwerking van het photomateriaal noodig zijn, kostbaar, en is ook het vliegen zelf duur, doch bij topographische werken van eenigen omvang heeft dat betrekkelijk weinig te beteekenen. De automatisering van het heele systeem brengt verder, niet in het minst door practisch algeheele uitschakeling van persoonlijke fouten, een zeer hooge algemeene nauwkeurigheid mede. Indien men op de kaart tranche's noodig heeft, kunnen deze langs photogrammetrischen weg veel natuurgetrouwer geteekend worden, dan met de vroeger gebruikelijke methoden, waarbij gewoonlijk zeer veel geïnterpoleerd moest worden, uitvoerbaar was.

Een verder voordeel, dat vooral in ons geval van belang is, schijnt mij hierin gelegen, dat gewoonlijk de photo's nog veel meer gegevens bevatten, dan voor het maken van de kaart noodig zijn. Wanneer later blijkt, dat de kaart voor een bepaald doel te weinig gegevens bevat, kunnen deze in veel gevallen nog aan de photo's ontleend worden. Zoo zouden photo's belangrijke diensten kunnen bewijzen, bij het ontwerpen en bestudeeren van streekplannen, bij archaeologische onderzoekingen, en, naar het mij voorkomt, bij het opstellen van een boschstatistiek (misschien ook nog voor het opstellen van de landbouwstatistiek).

Men heeft reeds getracht, de photogrammetrie dienstbaar te maken aan de boschinrichting, waarbij men er niet alleen in geslaagd is, de grenzen der perceelen, nauwkeuriger dan bij terrestrische meting mogelijk is, op te nemen, doch zelfs de houtmassa te bepalen. Voor dit doel schijnt het overigens

voorloopig nog noodzakelijk, de photo's vanuit een kleinere vlieghoogte op te nemen dan gewoonlijk vereischt is, omdat in dit geval ook détails, die anders van weinig belang zijn, zichtbaar moeten worden. Intusschen is voor een statistiek een veel geringere nauwkeurigheid vereischt dan voor het ontwerpen van een bedrijfsplan, waar ook kleine verschillen van de opstanden van belang geacht worden. In het eerste geval toch, gaat het in hoofdzaak om de betrouwbaarheid van de eindcijfers, waardoor het mogelijk is, om ook met niet speciaal voor boschbouwkundige doeleinden vervaardigde opnamen, voldoende nauwkeurigheid te bereiken.

In ons land gebruikt men tegenwoordig opnamecamera's, waarvan de as verticaal naar beneden gericht is. In gevallen, waar men voor de verkenning van het terrein met zoo weinig mogelijk vluchten wil volstaan, gebruikt men ook wel koppelingcamera's, waarvan de optische assen een hoek maken. Het door beide camera-assen gaande vlak staat dan meestal loodrecht op de vliegrichting. Het voordeel hiervan is, dat men met een enkele vlucht een veel bredere strook bestrijkt, hetgeen natuurlijk vooral in zeer uitgestrekte gebieden van groote beteekenis is. De in ons land gebruikelijke verticale opname's (tennaastebij verticaal), bedekken elkaar in de vliegrichting voor meer dan 50 % (z.g. overlap) waardoor van elk terreinpunt minstens twee, van verschillende punten genomen, photo's aanwezig zijn. Het voordeel hiervan zal nog nader worden verklaard.

Vroeger gebruikte men voor photogrammetrische doeleinden uitsluitend glasplaten. De reden hiervan was, dat photographische films, o.a. tengevolge van de ontwikkeling en de fixeering, onregelmatige krimpelingen vertoonden, die het onmogelijk maakten, op de daarmee vervaardigde positieven betrouwbaar meetwerk te verrichten. Sinds de photographische industrie er echter in geslaagd is, lichtgevoelige films te vervaardigen, waarbij de onregelmatige krimpelingen tot een minimum beperkt blijven, worden glasplaten vrijwel niet meer gebruikt. Daardoor is het mogelijk geworden veel meer lichtgevoelig materiaal op een vlucht mee te nemen. De vooruitgang van de emulsietechniek (fijnkorrelig materiaal) brengt mee, dat men vaak overgaat tot het gebruik van kleine formaten. De camera's werken reeds sedert jaren geheel automatisch, met bepaalde tusschenpozen gaat de sluiters van het toestel open en wordt de film getransporteerd. Daar de snelheid van het vliegtuig niet volkomen constant is, en o.a. beïnvloed wordt door de wisselende windsterkte, moet de overlap tijdens de vlucht geregeld worden, waarvoor men speciale toestellen ontworpen heeft.

De verschillende voorzorgsmaatregelen kunnen echter niet voorkomen, dat de photo's afwijkingen vertoonen, zoowel in richting als in schaal. Men kan deze afwijkingen o.a. corri-

geeren door de photo's te onthoeken. Deze werkwijze is alleen mogelijk wanneer het terrein geen groote hoogteverschillen vertoont. Het is hierbij noodig een aantal terreinpunten, die op de photo's herkenbaar zijn in coördinaten vast te leggen. Men brengt het negatief in een projectietoestel (vergelijkbaar met een vergrootingstoestel) dat zoodanig is ingericht dat zoowel de projectietafel als de lens in alle richtingen neigbaar zijn. Daardoor is het mogelijk, de geprojecteerde fotografische afbeelding van de in coördinaten bekende punten te doen samenvallen met de op het projectiescherm geteekende punten, welke in coördinaten bekend waren. Maakt men in dezen stand van het toestel een copie op licht-



Fig. 1.

Bovenstaande photo is genomen vanuit een hoogte van 2000 m met een schaal van 1 : 10.000. In werkelijkheid hoort bij deze photo nog een tweede, die het zelfde terrein voorstelt, doch van een ander standpunt genomen is. Door zoo'n photopaar te bekijken door een stereoscoop kan men de hoogteverschillen van het terrein zien en bijv. ook boomhoogten meten. Bij de clichéering gaan echter de fijnere details, die voor het stereoscopisch zien noodzakelijk zijn, grootendeels verloren, zoodat hier slechts één photo wordt afgedrukt, waarop dus ook geen hoogteverschillen zichtbaar zijn.

gevoelig papier, dan is de photo onthoekt en op schaal. Om fouten te vermijden, is het voor te onthoeken photo's noodig, dat zij vanuit groote hoogte en met slechts geringe afwijking uit de verticale richting gemaakt zijn. Het onthoeken van photo's, die gemaakt zijn met een koppelcamera, is dan ook in het algemeen onmogelijk. Voor het vervaardigen van nauwkeurige kaarten kan men tegenwoordig echter uitgaan van willekeurig geöriënteerde photo's, zoodat het onthoeken alleen in enkele bijzondere gevallen wordt toegepast.

Meestal worden dus van de negatieven gewone afdrukken, ofwel diapositieven vervaardigd. Twee aan elkaar grenzende photo's van een opnamereeks (*run* genoemd), bevatten dus tengevolge van de overlap, een afbeelding van hetzelfde terrein, daardoor wordt het mogelijk, de photo's paarsgewijze stereoscopisch te bekijken. De moderne werkwijzen maken hiervan een dankbaar gebruik.

Onze luchtphoto's zijn eigenlijk niet anders dan *centrale* projectie's van het te kaarteeren terrein, waarbij in het algemeen de ligging van het projectiecentrum en de orienteering niet zonder meer nauwkeurig bekend zijn. Een kaart daarentegen is een *rechtthoekige* projectie van een terrein op een plat vlak in een bepaalde maatstaf. De verwerking van onze photo's tot een kaart is dus niets anders dan de herleiding van meerdere centrale projectie's tot een enkele orthogonale. Om deze herleiding duidelijker uiteen te kunnen zetten wordt eerst een omvormingssysteem beschreven, waarbij men niet gebruik maakt van het stereoscopische effect (afzonderlijke beschouwing van twee photo's met rechter en linker oog), doch de beide, — niet onthoekte — photo's *over* elkaar op een scherm projecteert. Dit systeem — genoemd naar den uitvinder *Scheimpflug* — wordt bij mijn weten niet meer toegepast, doch de uiteenzetting ervan is zeer instructief. De projectiecamera's kunnen t.o.v. het scherm zoo gesteld worden, dat zij dezelfde stand hebben als de opnamecamera's t.o.v. het terrein tijdens de opname. Het heele systeem komt dus eigenlijk neer op een omkeering van de stralengang, zooals die was tijdens de opname, alleen met dit verschil, dat thans de schaal gekozen wordt, die men voor de kaartering gewenscht acht. De projectietafel is in verticale richting evenwijdig verplaatsbaar. Bij een bepaalden stand van deze tafel, vallen de beide projectie's van sommige punten samen, van andere niet. Bij den juisten stand van de camera's t.o.v. de projectietafel (op te zoeken aan in coördinaten bekende punten) coïncideeren de projectie's van alle punten welke op een tranche gelegen zijn. Door de verticale verschuifbaarheid van het projectiescherm, dat tevens dient als teekentafel, kan de orthogonale projectie van de tranche, met alle daarop gelegen terreinpunten, in zijn natuurlijke vorm, geteekend worden. Verbindt men nu bij verschillende standen van de tafel,

de coïncideerende puntprojectie's met elkaar, dan is aan de opgave voldaan. Wegen, perceelscheidingen e.d., welke men in kaart wil brengen, kan men natuurlijk construeeren door verbinding van de punten, waarin zij de tranche's snijden. (Zie fig. 2).

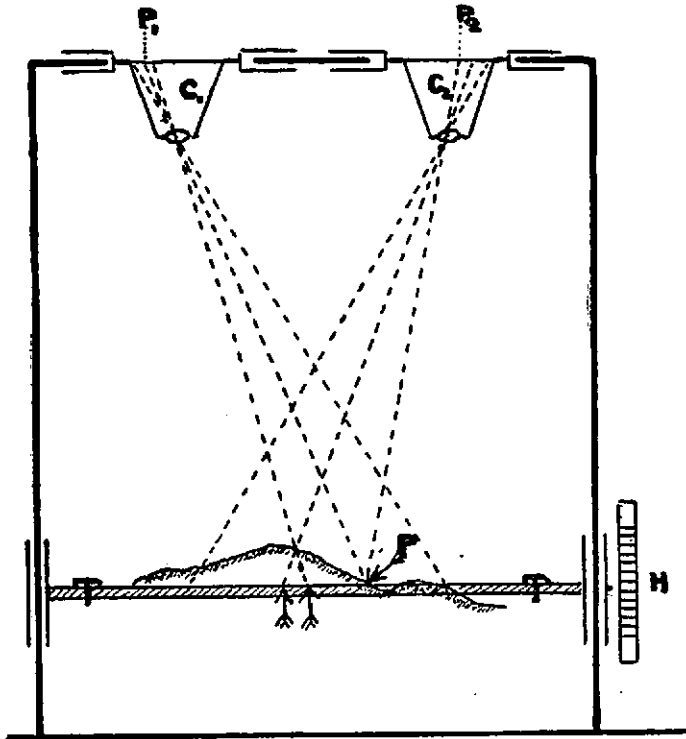


Fig. 2.

- T. Verticaal verplaatsbare projectietafel.
  - C. Verstelbare camera's.
  - H. Hoogteschaal.
  - P. Punt waarvoor Coïncidentie optreedt.
- Dubbelpjector volgens Scheimpflug.*

De moeilijkheid van deze methode is vooral hierin gelegen, dat de beoordeeling van de coïncideering der puntprojectie's, vooral bij een terrein met weinig markante punten, zeer moeilijk is. Bij projectie op een scherm gaan namelijk veel fijnere details van de opname verloren, zijn althans moeilijk zichtbaar.

Door de evenwijdige verplaatsbaarheid van de projectietafel, konden we in het hierboven genoemde geval spreken van een reëel ruimtemodel. De moderne methoden en toestellen verschillen hiervan in zooverre, dat niet gebruik wordt gemaakt van een reëel, doch van een virtueel ruimtemodel,

men krijgt den indruk, a.h.w. een maquette van het terrein te zien. (Fig. 1).

Evenals bij bovengenoemde werkwijze worden de diapositieven die de gewenscht overlap bezitten in projectiecamera's gebracht waarin zij van achteren belicht worden; door middel van spiegels en/of prisma's ontstaan dan twee op oogafstand naast elkaar gelegen beelden. In het beeldvak bevinden zich twee, vast met elkaar verbonden merken, waarvan de verbindingslijn, door middel van een parallogramconstructie evenwijdig verplaatsbaar is. Met de beide merken is een tekenstift verbonden, veelal nog onder tusschenkomst van een soort pantograaf, die de maatstaf van de photo's vergroot of verkleint.

De geprojecteerde reële beelden, en dus ook de beide merken worden door oculairen bekeken. Er ontstaat dan een virtueel ruimte-model, waarin de beide merken schijnbaar versmelten tot een enkel merk, dat t.o.v. het virtueele terreinbeeld een bepaalde diepteligging (d.i. dus niveau) heeft. Men brengt nu de photo's in een zoodanige stand, dat het merk in het terrein komt te liggen. Door het waargenomen virtueele merkbeeld (d.i. dus in werkelijkheid de door de parallogramconstructie verbonden merken) zoo te verplaatsen, dat het steeds het terreinoppervlak raakt, beschrijft de tekenstift een tranche. Door wijziging van den *afstand* der beide photo's tot de merken, kan een willekeurig aantal tranches continue geteekend worden. De op de tranches gelegen punten worden weergegeven in orthogonale projectie, waarmee aan de opgave is voldaan. Deze methode komt in feite hierop neer, dat de reële coïncidentie bij het toestel van Scheimpflug — in het projectietafelvlak — vervangen is door virtueele coïncidentie — in het virtueele niveau, dat door de stand der merken is bepaald. (Zie fig. 3 Aerosimplex van H u g e r s h o f f).

Men heeft diverse, meestal zeer gecompliceerde toestellen ontworpen, die van het vraagstuk een meer algemeene oplossing geven, en waarbij gewoonlijk de bereikte nauwkeurigheid zeer groot is. Voor ons doel kunnen wij volstaan met zeer eenvoudige toestellen, daar wij, behalve de reeds in kaart gebrachte lijnen, welke perceelscheidingen enz. aangeven, slechts enkele, aanvullende gegevens aan de photo's hoeven te ontleenen. Juist daarom kan de inventarisering langs photogrammetrische weg bijzonder goedkoop worden, omdat het meeste werk reeds voor ons is gedaan.

De meting van *boomhoogten* en *opstandshoogten* is bijv. mogelijk met een eenvoudige stereomicrometer, dat is een toestel, waarmee de afstand tusschen op de onderzijde van twee glasjes aangebrachte meetwerken, zeer nauwkeurig (op  $\frac{1}{100}$  mm) kan worden gemeten. De meetmerken (kruisjes of nulletjes) kunnen in de overeenkomstige punten van

de photo's, welke het stereoscopisch effect vertoonen, gelegd worden, en door een vrij eenvoudige stereoscoop worden bekeken. Zoowel van de beide merkteekens als van de beide photo's ontstaat dan een virtueel ruimtemodel. Brengt men de beide (reële) merken naar elkaar toe door draaiing aan

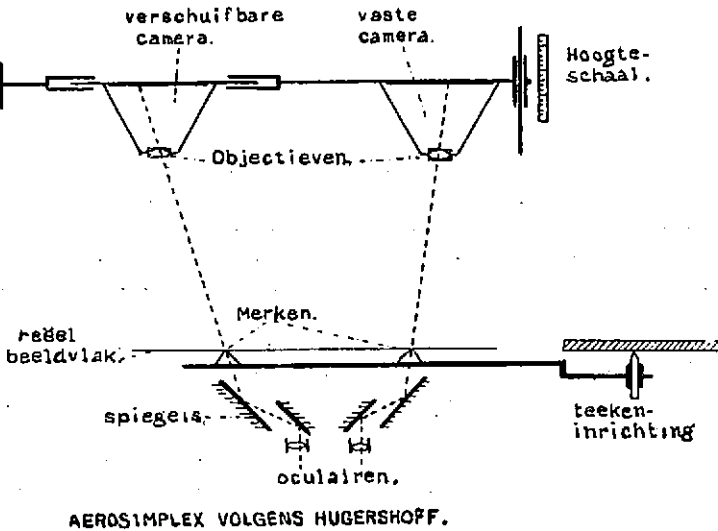


Fig. 3.

de micrometerschroef, dan ziet men het virtueele beeld van het merk stijgen, bij draaiing in tegengestelde richting ziet men het merk dalen. Men „legt” nu eerst het merk naast de boom op den grond, en daarna brengt men het op gelijke hoogte met den top. Het verschil tusschen de aflezingen der micrometerschroef in beide gevallen is maat voor het niveauverschil. De waarde van de betreffende maateenheid kan o.a. gevonden worden, door meting van een bekend niveauverschil, bijv. een kerktoren, een huis enz. Hierbij wordt dus stilzwijgend verondersteld, dat er evenredigheid bestaat, tusschen aflezingsverschillen der micrometerschroef en niveauverschillen in het terrein, weliswaar is dit niet volkomen juist, maar de benadering, die aldus verkregen wordt, is in ons geval voldoende. In oudere opstanden is altijd wel hier en daar een stukje grond tusschen de boomen door op de photo's te zien, in jonge dichtgesloten opstanden kan men de meting bijv. vlak bij een sleuf uitvoeren.

De houtsoort is vrijwel steeds met gemak op de photo's te onderscheiden. Fijnere onderscheidingen, als bijv. tusschen fijnspar en douglas, zijn natuurlijk niet altijd door te voeren, doch voor een statistiek is dit ook van ondergeschikt belang.

De sluitingsgraad is nergens zoo goed te taxeeren als juist op de luchphoto's, omdat men een ideaal overzicht heeft van de opstanden. Aan de hand van hoogte, sluitingsgraad



en houtsoort, zal het ongetwijfeld mogelijk zijn, zich een beeld te vormen van de opstandsmassa's. Hieraan moet men natuurlijk geen hooge nauwkeurigheidseischen stellen, maar voor statistische doeleinden schijnt mij de bereikbare nauwkeurigheid alleszins voldoende. Bij vluchtige terrestrische taxering is de belangrijkste foutenbron de onvoldoende bekendheid met de sluitingsgraad, die in de verschillende deelen van den opstand vaak zeer varieert, vooral op ouderen leeftijd. Deze foutenbron kan bij gebruik van luchtphoto's grotendeels geëlimineerd worden.

Culturen met eenigszins wijd plantverband hebben op de photo het voorkomen van kale zandvlakten, de plantjes zijn te klein om zelfs met een sterk vergrootende stereoscoop zichtbaar te zijn. Intusschen is op de kaart aangegeven, of we met loof- of naaldhout te doen hebben, zodat ook in dit geval een bezoek aan het terrein gewoonlijk overbodig zal zijn.

Wanneer men nog niet vertrouwd is met de interpretatie van de photo's, verdient het m.i. aanbeveling, een uitvoerig vergelijkend onderzoek in het terrein in te stellen, om zich met de typische beelden, die opstandstypen en houtsoorten op de photo's teweeg brengen, vertrouwd te maken.

Het werken met luchtphoto's is vooral daar van voordeel, waar het boschbezit zeer versnipperd is, zooals in ons land. Met zeer geringe moeite kunnen ook de kleinste boschperceeltjes, laanboomen etc. gemeten worden. In het bijzonder is dit van beteekenis, als men in een boschstatistiek ook de populieren en wilgen, welke houtsoorten in ons land van belang zijn, in de statistiek zou willen vermelden. Het komt mij zelfs voor, dat *uitsluitend* langs photogrammetrische weg een bevredigende inventarisering van deze houtsoorten bereikbaar is. Bij terrestrische taxering is men tengevolge van *coulissenwerking* steeds geneigd, de houtmassa van in meer of minder los verband voorkomende houtsoorten te overschatten, de luchtphotogrammetrie is hier dan ook veel meer betrouwbaar.

Men zal wellicht opmerken, dat het opnemen van gegevens als opstandhoogte, sluitingsgraad enz. voor een statistiek niet strikt noodig is. Wij zouden in ons land voorloopig reeds tevreden zijn, wanneer de oppervlakte van de bosschen, ingedeeld volgens houtsoort, opstandvorm (hakhout) bekend zou zijn. Hiertegen kan men aanvoeren, dat het al of niet opnemen van hoogte en sluitingsgraad, eventueel ook opstandsmassa, alleen een kwestie van kosten is. Het is wel zeker, dat met de hier voorgestelde werkwijze, de opneming van deze gegevens met een minimum aan moeite, tijd en geld doorvoerbaar zou zijn. Mocht men t.z.t. tot de hier voorgestelde inventariseringswijze overgaan, dan zou het mij volkomen verantwoord lijken, om bedoelde gegevens in de statistiek op te nemen.

De oppervlakte van perceelen, de lengte van boomrijen enz. kunnen direct op de kaart gemeten worden. De nieuwe kaarten, die uitsluitend hiervoor in aanmerking komen, zijn buitengewoon nauwkeurig; fouten tengevolge van krimpingen van het papier, kunnen op zeer eenvoudige wijze, door meting van de kaartranden, geëlimineerd worden. Planimeetreingsfouten moeten natuurlijk zooveel mogelijk vereffend worden, door planimetreeing van de totaal-oppervlakte van grootere complexen.

Vanzelfsprekend kunnen periodieke wijzigingen in de statistische gegevens met de boven aangegeven middelen niet opgespoord worden. Men zal dus t.z.t. moeten uitzien naar andere werkwijzen. Heeft men echter eenmaal betrouwbaar cijfers, die op de uitgestrektheid enz. van ons boschbezit betrekking hebben, dan zullen fouten, gemaakt bij meting of schatting van ingetreden veranderingen, op het totaal voorloopig van ondergeschikten invloed zijn.

Het zou aanbeveling verdienen, als statistische eenheid niet de gemeente, doch de topographische kaart te kiezen, daar dit m.i. de overzichtelijkheid zou bevorderen. De gemeenten hebben vaak een zeer grillige vorm, de grenzen veranderen soms, terwijl het trouwens toch ten allen tijde mogelijk blijft, de publiekrechtelijken toestand, in tabellen aan te geven, en voor gemeenten en provincie's te recapitulieren.

De publiekrechtelijken toestand kan aan de topographische kaarten, waarop de gemeentegrenzen staan, ontleend worden. Voor de eigendomstoestand, voorzoover deze in de statistiek vermeld behoort te worden, is men aangewezen op de medewerking van het kadaster.

Naar mijn schatting zou een enkel boschbouwkundige, die zich op dit werk specialiseert, gemakkelijk de gereedkoming van de nieuwe kaartbladen kunnen bijhouden, zoodat met het uiterste minimum aan jaarlijksche kosten, de statistiek in 8 à 10 jaar voor het heele land gereed zou zijn.

Welke methode men ook voor het maken van een statistiek het meest geschikt acht, in ieder geval is het een dringende eisch, dat aan den thans heerschenden onmogelijken toestand, waarbij uitgestrektheid en productie van ons nationale boschbezit niet dan in uiterst ruwe trekken bekend zijn, door de autoriteiten spoedig een eind wordt gemaakt.