

# HET BEREKENEN VAN DEN AANWAS BIJ GROVE DENNEN IN NEDERLAND

DOOR

DR. A. H. BERKHOUT.

Nu Nederland gelukkig een boschproefstation rijk is en de achterstand op het gebied van de onderzoekingen bij den Boschbouw, vergeleken bij die van den Landbouw, geleidelijk kan worden bijgewerkt, is het een zeer wezenlijke zaak, dat men in staat is, zuiver te meten.

Het is niet voldoende te weten, dat de toepassing van de één of anderen voorzorgsmaatregel gunstig werkt, maar men moet ook onder cijfers kunnen brengen de meerdere waarde, die daardoor wordt geproduceerd, tevens de kosten, die er mede gepaard gaan. Zijn die in gunstige verhouding, dan mag op een algemeene toepassing in de praktijk gehoopt worden. In het tegenovergestelde geval is de Directeur van het Rijksboschbouwproefstation verplicht, voor de toepassing te waarschuwen.

Het meten van den aanwas is bij den Boschbouw veel gecompliceerder dan bij den Landbouw.

De houtteler kan aan het einde van het jaar den aanwas niet op de weegschaal leggen. Deze vormt één geheel met den voorraad en is daarvan niet te scheiden.

In de Mededeelingen der Landbouwhoogeschool, jaargang 1920, deel XVII, aflevering 4 en 5, werd een artikel opgenomen onder den titel van: Het meten der boomen in verband met hun aanwas. Daarin werd een methode uiteengezet, die het den boschbeheerder mogelijk maakt, op eenvoudige wijze zijn houtvoorraad met voldoende graad van nauwkeurigheid te bepalen. Tevens werd de weg gewezen, die ingeslagen moet worden, om tot een zuiverder uitkomst te geraken. Tenslotte werd aangetoond, hoe de aanwas was te bepalen en welke graad van nauwkeurigheid aan die methode volgens de waarschijnlijkheidsrekening is toe te kennen.

1901509

Van het grootste belang is het echter, in de werkelijkheid na te gaan, hoe de uitkomsten zijn.

Het Afgebrande-Bosch in de nabijheid van Wageningen werd in 1916 opgemeten, en in 1921 wederom.

De resultaten dezer beide opnamen zullen hier in het kort worden besproken.

#### HOOGTE.

In 1916 werden van de 622 boomen, 154 stuks met hulp van de sectiemethode gecubeerd. Te voren was met hulp van een verbeterden hoogtemeter van BOSE de lengte dezer 154 boomen gemeten. Aan dit instrument werd de voorkeur geschonken boven de andere in de verzameling aanwezige, omdat er vlug mede gewerkt kan worden, en de graad van nauwkeurigheid voldoende mag geacht worden. Om die te kunnen beoordeelen waren 288 maal de hoogten van twee vaste teekens op den muur van het gebouw „Hinkeloord” bepaald. Met hulp van een stalen meetveer werden die hoogten gecontroleerd.

De middelbare quadratische fout in % uitgedrukt werd bepaald door twee waarnemers A en B, bij verschillende standhoeken.

STANDHOEK	A	B
23°	0,15 %	0,12 %
18°	0,17 %	0,14 %

Het is met den hoogtemeter van BOSE niet mogelijk onder den idealen standhoek van 45° te werken.

De gevonden middelbare quadratische fouten zijn zoo miniem, dat het onnoodig is, de Bosc door een nauwkeuriger instrument te vervangen. De fouten in de hoogtemeting van boomen toe te schrijven aan andere factoren zijn veel belangrijker.

Een wezenlijke fout ontstaat, doordat de boomen dikwijls niet zuiver verticaal staan en doordat de top excentrisch is. Deze fout is gedeeltelijk weg te nemen, door het instrument op 2 plaatsen op te stellen, maar de zuivere berekening is daarbij vrij gecompliceerd en kost veel tijd.

Bij de opname der boomen van het Afgebrande-Bosch in 1921 zijn de hoogten van alle proefboomen van 2 standplaatsen gemeten, maar bovendien is bij het beklimmen der stammen rechtstreeks de lengte bepaald. Zoodoende wordt de fout wel verminderd, echter niet volledig weggenomen.

De wind veroorzaakt mede afwijkingen, maar verder wordt menigmaal een verkeerde top aangepeild.

Te verwonderen is het niet, dat op grond van de 2e hoogtemeting, gedurende de 5-jarige periode, een deel der boomen een negatieven lengteaanwas volgens de berekening vertoont. De hoogteaanwas in de 5-jarige periode bedroeg gemiddeld  $2,9 \pm 4,9$  %, een zeer vage uitkomst, en dat is begrijpelijk, want aan de beide hoogtemetingen kleven fouten, en de berekening in procenten is mede niet zuiver.

Het een en ander wordt gedemonstreerd door het feit, dat 42 boomen van de 154 een negatieven hoogteaanwas aangaven. De gemiddelde lengteaanwas van alle 154 boomen bedraagt  $2,9 \pm 0,4$  %.

#### AANWAS DIAMETER.

Bij het meten van de diameters op borsthoogte worden natuurlijk ook fouten gemaakt. Nu eens wordt de klem wat sterker, dan wat lossier aangedrukt.

Door BÖHMERLE (C.f.d.g.F. 1898 p. 246) werd een beukenopstand opgenomen, waarvan alle stammen genummerd waren. Er werd gemeten over 't kruis in m.M. met een aluminium klem van ALDENBRÜCK en met een aluminium klem van HEYER-STAUDINGER. Met eerstgenoemde klem werd de opstand éénmaal, met de Heyer-Staudinger tweemaal opgenomen. Het aantal boomen bedroeg 288. De gemiddelde diameter uit de kruisklemming werd niet voor iederen boom berekend, maar de uitkomsten stuk voor stuk vergeleken.

Vergelijkt men de 2 opnamen met de Heyer-Staudinger-klem dan verkrijgt men:

255 gevallen of	44,3 %	een verschil van	0 m.M.
109	18,9 %	„ „ „	+ 1 „
113	19,6 %	„ „ „	— 1 „
44	7,6 %	„ „ „	+ 2 „
34	5,9 %	„ „ „	— 2 „
8	1,4 %	„ „ „	+ 3 „
4	0,7 %	„ „ „	— 3 „
2	0,3 %	„ „ „	+ 4 „
2	0,3 %	„ „ „	— 4 „
2	0,3 %	„ „ „	+ 5 „
2	0,3 %	„ „ „	+ 6 „
1	0,2 %	„ „ „	+ 7 „
<hr/>			
576	99,8 %		

Vergelijkt men de opnamen der Aldenbrücksche klem met die van Heyer-Ständering, dan vindt men:

123 gevallen of	21,3 %	een verschil van	0 m.M.
210	36,4 %	„ „	+ 1
52	9,0 %	„ „	- 1
125	21,7 %	„ „	+ 2
14	2,4 %	„ „	- 2
34	5,9 %	„ „	+ 3
5	0,9 %	„ „	- 3
7	1,2 %	„ „	+ 4
2	0,3 %	„ „	- 4
1	0,2 %	„ „	+ 5
2	0,3 %	„ „	+ 6
1	0,2 %	„ „	+ 7
<hr/>			
576	99,8 %		

De cirkelvlake der 288 boomen bedroeg:

1E KLEMMING	2E KLEMMING	3E KLEMMING
Heyer-Ständering klem		Klem v. Aldenbrück
6,4030 M. <sup>2</sup>	6,4103 M. <sup>2</sup>	6,4745 M. <sup>2</sup>

Het Afgebrande-Bosch werd 2 maal geklemd in 1916, ten einde een idee te krijgen van de afwijkingen.

130 boomen of	20,9 %	gaven een verschil van	0 m.M.
102	16,4 %	„ „	+ 1
113	18,2 %	„ „	- 1
56	9,0 %	„ „	+ 2
82	13,2 %	„ „	- 2
40	6,4 %	„ „	+ 3
35	5,6 %	„ „	- 3
19	3,1 %	„ „	+ 4
14	2,3 %	„ „	- 4
6	1,0 %	„ „	+ 5
7	1,1 %	„ „	- 5
6	1,0 %	„ „	+ 6
2	0,3 %	„ „	- 6
2	0,3 %	„ „	+ 7
5	0,8 %	„ „	+ 8
3	0,5 %	„ „	+ 9
<hr/>			
622	100,1 %		

38,4 % van de boomen van het Afgebrande-Bosch waren bij de 2e klemming dunner dan bij de eerste, 40,7 % dikker en 20,9 % gelijk. Het totaal verschil in cirkelvlakte tusschen de 2 klemmingen bedroeg slechts 2,053 d.M.<sup>2</sup> op de 3720 d.M.<sup>2</sup>

De toename in dikte van 1916—1921 van de 154 proefboomen bedroeg 2,7 %  $\pm$  1,8 % per individu en van het totaal 2,7 %  $\pm$  0,13 %, 7 boomen vertoonden schijnbaar een vermindering in diameter, 4 boomen namen schijnbaar noch in dikte toe, noch af en 143 boomen vertoonden een positieven dikte-aanwas.

Het resultaat is dus veel gunstiger dan bij de hoogtemeting.

#### VORMGETAL.

Voor het vormgetal werd een individueele vermindering geconstateerd van 1,7 %  $\pm$  6,4 % en voor het totaal 1,7 %  $\pm$  0,5 %. Bij 89 boomen nam het vormgetal af, bij 3 bleef het constant en bij 62 nam het toe.

Bij het hooger worden der boomen neemt het borsthoogte vormgetal af, ook al verandert de vorm niet. Om deze reden klemt men voor het bepalen der echte vormgetallen niet op 1,30 M. maar op  $\frac{1}{n}$  deel van de hoogte boven den grond.

#### AANWAS IN VOLUMEN.

Van de 154 boomen, die met hulp van de sectiemethode in 1916 en 1921 werden gekubeerd, vertoonden 16 stuks = 10,4 % een negatieven aanwas. Een resultaat, dat natuurlijk als onjuist moet worden aangezien:

Van een enkelen stam zou de aanwas schijnbaar negatief kunnen geweest zijn, doordat b.v. door storm, de top was uitgebrosen, maar dan was zulks ook bij de 2e opname opgevallen.

Er moeten dus bij de opmeting fouten zijn begaan.

Van sommige boomen vallen op de meetplaatsen schilfers af en ook al heeft men de meetplaatsen door verf op de boomen gemarkeerd, de klem zal toch niet steeds zuiver op dezelfde plaats, waar deze 5 jaar geleden was aangelegd, gehouden worden.

De boomen zijn gekubeerd door ze bij 1, 3, 5 enz. Meter over 't kruis te klemmen. Nu is zulks niet geschied aan de liggende, maar aan de staande stammen, die met het klimapparaat van Revierförster Zehnpfund werden beklommen. Die diktemetingen zijn uit den aard der zaak minder betrouwbaar, dan de meting op borsthoogte, waar de opnemer in gunstiger positie kan werken.

Bij diktemetingen van den stam kan echter gerekend worden op compensatie.

## AANWASPROCENTEN.

De aanwas in procenten werd op meerdere wijze berekend.

1. De boomen werden in 1916 en in 1921 gekubeerd met het inhoudstafeltje van het Afgebrande-Bosch, hetwelk in 1916 gemaakt was uit de 154 proefboomen. De zoo gevonden aanwas bedroeg 5,29 % in 5 jaar.
2. Alle boomen werden in 1916 gekubeerd met het inhoudstaatje van het Afgebrande-Bosch van 1916. In 1921 werden ze gekubeerd volgens een nieuw tafeltje, dat in 1921 toen op grond van de metingsresultaten der 154 proefboomen gemaakt was. De aanwas bedroeg 5,47 % in 5 jaar.
3. In 1916 en 1921 werden de boomen gekubeerd met de inhoudstafel van het Fijnbosch te Breda. De reductiefactor werd berekend uit 10 boomen. Er werd een aanwas van 3,64 % in 5 jaar gevonden.
4. Kubeering als in 3, maar de reductiefactor werd berekend uit de 154 proefboomen. De aanwas in 5 jaar bedroeg 5,64 %.

Berekent men het aanwasprocent der 154 *proefboomen* op verschillende manieren, dan vindt men:

1. De 154 proefboomen in 1916 en 1921 gekubeerd met inhoudstafel van het Afgebrande-Bosch 1916 gaven een aanwas van 6,61 % in 5 jaar.
2. In 1916 en 1921 resp. gekubeerd met inhoudstafel 1916 en 1921 gaf een aanwas van 6,58 % in 5 jaar.
3. De aanwas van de 154 proefboomen, gekubeerd volgens inhoudstafel van het Fijnbosch te Breda met reductiefactor uit 10 boomen bedroeg 4,90 % in 5 jaar.
4. Idem met reductiefactor uit 154 boomen 6,94 %.
5. Volgens de sectiemethode toegepast op de 154 boomen in 1916 en 1921 bedroeg de aanwas 6,28 % in 5 jaar. De aanwas der 10 boomen, waaruit de reductiefactor berekend is, was volgens de sectiemethode 5,73 %. De 154 proefboomen hebben een grooteren aanwas dan 't geheele bosch. Dit is echter verklaarbaar.
6. De aanwas in cirkelvlakte van de 154 proefboomen bedroeg 5 % in 5 jaar. Van het geheele bosch 4,4 %.

Neemt men ruwweg aan, dat de aanwas in cirkelvlakte evenredig is aan den aanwas in inhoud dan is:

Aanwas % cirkelvlakte 154 boomen : Aanwas % cirkelvlakte geheele bosch = Aanwas % massa 154 boomen : Aanwas % geheele massa, of

$$5 : 4,4 = 6,28 : X$$

$$X = \frac{4,4 \times 6,28}{5} = 5,53 \%$$

## CONCLUSIE'S.

Het vaststellen van den aanwas van één of van een klein aantal boomen is uiterst onzeker. Bij een groot aantal exemplaren heffen verschillende fouten elkaar min of meer op.

Theoretisch was aangetoond op pag. 88 van de vorige publicatie over het meten der boomen, dat de individueele afwijking bij het gebruik van het kubeeringsstaatje ongeveer 9 % bedraagt. Op het gemiddelde van 154 boomen dus  $9 \sqrt{\frac{1}{154}} = 0,73 \%$ . Bij den aanwas wordt dus de fout  $\sqrt{0,73^2 + 0,73^2} = 1 \%$ . In werkelijkheid was de fout geringer. Met zekerheid is deze niet op te geven, maar langs de hier te voren vermelde wegen werd voor totale aanwas over de 5 jaar gevonden:

	GEHEELE BOSCH	154 PROEFBOOMEN
1. Volgens tafeltje Afgebr.-Bosch 1916 .....	5,29 %	6,61 %
2. Volgens tafeltje Afgebr.-Bosch 1916 en 1921 .....	5,47 %	6,58 %
3. Volgens tafeltje Fijnbosch met reductiefactor uit 10 boomen ..	3,64 %	4,90 %
4. Volgens tafeltje Fijnbosch met reductiefactor uit 154 boomen	5,64 %	6,94 %
5. Sectiemethode .....		6,28 %
6. Evenredigheid aanwas der cirkelvlakte .....	5,53 %	

Deze cijfers komen goed overeen, behalve in 3. Ook voor den aanwas der 154 boomen volgens methode 3 vond men een te laag percentage.

Berekent men den aanwas uit de 10 proefboomen, die in 1916 en 1921 volgens de sectiemethode zijn gekubeerd, dan verkrijgt men een betrouwbaar percentage (5,73 %).

Het gemiddelde van 1, 2, 4 en 5 is  $5,48 \pm 0,15 \%$ . Er mag aangenomen worden, dat de aanwas in spilmassa in de 5 jarige periode bedroeg 5 à 6 %.

Blijkt het later, dat ook bij de overige proefvlakken dergelijke overeenstemmende resultaten worden verkregen, dan mag men met de methode zeer tevreden zijn.

Voorloopig is het geraden, de aanwas niet te bepalen met gebruikmaking van een reductiefactor uit een gering aantal (10) boomen. Beter is het aan te nemen, dat de reductiefactor in de 5-jarige periode niet verandert.

In dat geval vindt men voor totale aanwas in het Afgebrande-Bosch met het tafeltje Fijnbosch 5,24 % met het tafeltje Afgebrande-Bosch 5,29 %, terwijl uit de 10 proefboomen afgeleid wordt 5,73 %

Het werken met de tafeltjes zonder reductiefactor geschiedt evenwel veel vlugger dan het berekenen uit proefboomen, die met de sectiemethode worden gekubeerd.

De aanwas uit de 10 proefboomen, wier inhouden met de sectiemethode in 1916 en 1921 werd vastgesteld, komt goed overeen met de totale aanwas, die gevonden werd met hulp van het tafeltje voor het Afgebrande-Bosch in 1916 en met het tafeltje Fijnbosch Breda. Respectievelijk werd gevonden 5,73 — 5,29 — 5,64 %.

De mogelijkheid wordt geopend den aanwas alleen door klemming over het kruis te bepalen, en zou dit een enorm gemak zijn voor de praktijk. Zulks zou niet insluiten, dat er geen verandering in hoogte en vormgetal tijdens de onderzochte periode plaats vond, maar wel, dat deze door het kuberings-tafeltje voldoende wordt weergegeven.

Grosso modo mag beweerd worden, dat:

- 1e. het niet doenlijk is den aanwas van een enkelen boom met voldoende graad van nauwkeurigheid te bepalen;
- 2e. dat men den totalen aanwas van een 200 à 300 boomen met hulp van een vooraf gemaakt kuberings-tafeltje kan vaststellen op  $\frac{1}{2}$  % na nauwkeurig, zoo men de periode slechts op zijn minst 5 jaar lang neemt.

De berekeningen, die tot deze conclusie's hebben geleid zijn geheel zelfstandig gemaakt door de heeren BÄHLER en BOSMAN, respectievelijk technisch ambtenaar Ie klasse en amanuensis Ie klasse aan de Landbouwhoogeschool.

De gedetailleerde cijfers zijn, om drukloon te besparen, niet mede afgedrukt, maar staan ter beschikking van belangstellenden.

*Wageningen, 17 Januari 1922.*



## ZUSAMMENFASSUNG.

Im Jahre 1916 wurden 154 Probebäume in einer Waldabteilung bei Wageningen mittelst des Sectionsverfahrens genau kubirt.

5 Jahre später wurden dieselben Bäume wiederum gemessen. Es stellte sich heraus dass die Höhe im Durchschnitt zugenommen war um  $2,9 \pm 0,4$  %. Die mittlere Abweichung der einzelnen Stämme betrug  $4,9$  %.

Es waren Bäume die vor 5 Jahren eine grössere Höhe besaßen als dies gegenwärtig der Fall ist.

Im Jahre 1916 wurden die Höhen nur einmal mit einem verbesserten Höhenmesser von BOSE, ein sehr empfehlenswertes Instrument, ermittelt. 1921 wurde von 2 gegenübereinander gelegenen Stellen gemessen und überdies noch durch Besteigung des Stammes mittelst Stahlmessband direkt die Länge festgestellt.

Größtenteils sind die Abweichungen dem nicht genau vertikalen Stand der Bäume zu zuschreiben.

Bei der über Kreuz Kluppirung der nummerirter Stämme fand man, dass der Zuwachs im Durchmesser durchschnittlich  $2,7 \pm 0,13$  % betrug. Der individuelle m.F. betrug  $1,8$  %.

Von den 154 Bäumen zeigten 143 einen positiven Zuwachs, 4 keinen und 7 einen negativen Zuwachs.

Die letzte Absurdität ist dem Umstände zu zuschreiben, dass dann und wann Borkenschuppen abfallen und die Kluppe auch, wenn die Stellen, woran diese angelegt wurde, durch Farbe is angegeben, nie genau zum 2te Male an der selben Stelle gehalten wird. Also ist der Druck, womit die Kluppe angeschoben wird, nicht immer eben gross.

Die Formzahl nahm in der 5-jährigen Periode im Durchschnitt ab mit  $1,7 \pm 0,5$  %, während die individuelle Abweichung (m.F.)  $6,4$  % betrug.

Wenn die Form der Bäume sich nicht ändert müssen beim Höherwerden der Stämme die Brusthöhenformzahlen niedriger werden.

16 Bäume zeigten einen negativen Schaftzuwachs. Die Probestämme waren nicht umgehauen doch mit dem Kletterapparat des Revierförsters Zehnpfund bestiegen.

Eine strenge Kontrolle ist dabei schwierig.

Der Zuwachs wurde auf verschiedene Weise berechnet.

1. Die Schaftmasse aller auf der Probestfläche vorhandenen Stämme wurde in 1916 und 1921 mit der selben Inhaltstabelle von 1916 kubirt \*).

2. Im Jahre 1921 wurde gearbeitet mit einer neuen Inhaltstabelle, die auf Grund der letzten Sektionskubirung der 154 Probestämme zusammen gestellt war.

3. Alle Bäume wurden kubirt mit einer Inhaltstabelle welche zusammengestellt war in einer ganz anderen Waldabteilung und mit Hilfe eines Reductionsfactors berechnet aus 10 Probestämmen.

4. Ebenso wie sub 3 aber der Reductionsfactor wurde berechnet aus 154 Probestämmen.

5. Es wurde angenommen, dass der Schaftzuwachs der 154 Probe-

\*) Cf. Mededeslingen der Landbouwhoogeschool 1920, Deel XVII, afl. 4 en 5.

bäume sich verhält zu demjenigen aller Bäume so wie der Kreissflächezuwachs der ersteren sich verhält zu dem der letzteren. Also:

$$5 : 4,4 = 6,28 : X$$

$$X = 5,53 \%$$

Die Resultate betragen:

totaler Schaftzuwachs in % in 5 Jahren:

1. 5,29	4. 5,64
2. 5,47	5. 5,53
3. 3,64	

Hieraus lässt sich der Schluss ziehen dass eine Bestimmung des Reductionsfactors aus 10 Stämmen nicht zuverlässig ist; dass die Methoden 1, 2, 4 und 5 gut übereinstimmen, sodass man behaupten darf dass ihr Fehler nicht grösser als  $\frac{1}{2}$  % ist.

Findet man später bei der 2ten Messung der übrigen Probeflächen eine eben so gute Uebereinstimmung, so ist die Zuwachsfeststellung eine sehr einfache Sache geworden.

Es bleibt weiter nichts übrig als alle Bäumen auf der Probefläche zu nummeriren, zu markiren und über Kreuz zu kluppen. 5 Jahre später wäre die letztgenannte Arbeit zu wiederholen.

Mittelst einer Inhaltstabelle wäre die gesammte Schaftmasse leicht zu Anfang und zu Ende der Periode fest zu stellen.