

DE NAUWKEURIGHEID VAN METINGEN MET EEN GEWIJZIGDE HOOGTEMETER VAN VORKAMPFF-LAUE

(avec résumé en français)

[522]

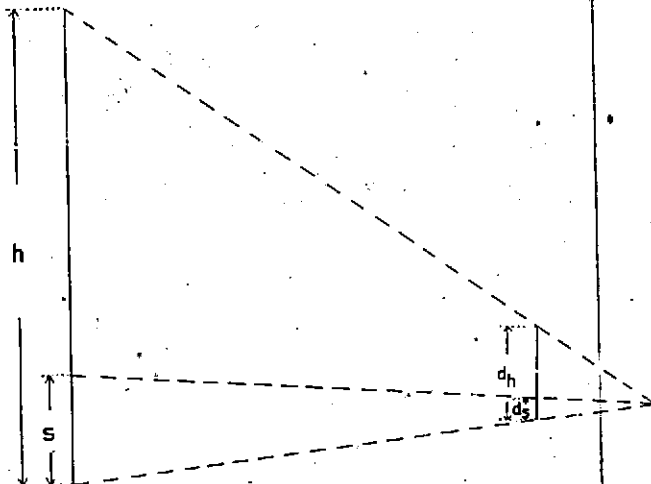
door

A. STOFFELS

1. Inleiding.

In onze praktijk hebben we de keuze uit een zeer groot aantal hoogtemeters. We kennen zowel eenvoudige instrumenten, die we desnoods zonder veel kosten zelf kunnen vervaardigen, als ook zeer fraaie hoogtemeters met statieven en lenzenstelsels. Het spreekt van zelf, dat men met een kostbaar instrument meestal betere resultaten zal verkrijgen dan met een eenvoudige hoogtemeter. Maar men moet ook bedenken, dat de meting met een nauwkeurig instrument veel meer tijd in beslag neemt.

Voor verschillende doeleinden, bijvoorbeeld voor het opstellen van een hoogtekromme, kan men zijn doel vaak beter benaderen door een groot aantal hoogtemetingen met een eenvoudig instrument te verrichten dan door een zeer beperkt aantal metingen te doen met een nauwkeurige hoogtemeter. Terecht heeft daarom ook VAN SOEST (2) gewezen op het belang van de eenvoudige hoogtemeters voor het opmeten van opstanden.



Figuur 1.

De hoogtemeters kan men indelen in twee groepen. Tot de eerste groep behoren de instrumenten, waarbij de meting van de afstand tot de boom één van de grootten is, waarop de hoogtemeting steunt. Tot de

tweede groep rekent men die instrumenten, die gebruik maken van een vertikale lengte op de boom en de projecties van deze lengte en de lengte van de boom op de hoogtemeter. Aangezien de meting van de afstand van het instrument tot de boom tijd vraagt, zullen in het algemeen de hoogtemeters van de tweede groep ons sneller een resultaat verschaffen.

In figuur 1 is de hoogte van de boom aangegeven door h , de bekende of te meten afstand op de boom door s en de projecties van deze op de hoogtemeter door d_h en d_s .

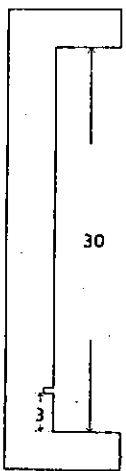
Nu is :

$$h : s = d_h : d_s$$

$$h = \frac{d_h}{d_s} \times s.$$

Van deze grootheden s , d_h en d_s kan men twee een vaste waarde geven en de derde door aflezing bepalen, waarna men uit de bovenstaande betrekking de hoogte van de boom kan berekenen.

Neemt men s en d_h constant, dan heeft men het beginsel van de hoogtemeter van CHRISTEN. Kiest men s en d_s als constanten, dan verkrijgt men een hoogtemeter, die in de praktijk het HUBSE meetlineaal of D-A-hoogtemeter wordt genoemd. Ook de hoogtemeter van HÜNI steunt op dit principe (3,4). Tenslotte kan men ook d_h en d_s constant nemen en een afstand s op de boom meten, welk beginsel de grondslag vormt van de hoogtemeter van VORKAMPPF-LAUE (6, 7).



Figuur 2.

Dit laatste instrument werd in 1905 bekend en is één van de eenvoudigste hoogtemeters, die we kennen. Het bestaat uit een eenvoudig plaatje met twee haken, waarvan de afstand 30 cm is met een inkeping op 3 cm van de onderste haak. De hoogtemeting is eveneens eenvoudig. Men houdt het instrument aan het bovendee vast en laat het vertikaal naar beneden hangen. Men tracht dan top en voet van de te meten boom tussen de haken te krijgen en zoekt vervolgens het punt op de boom, waarvan de projectie op de hoogtemeter in de inkeping valt. Heeft men dit punt gevonden, dan houdt men het goed in het oog en begeeft zich naar de boom. Vervolgens meet men de afstand van dit punt tot de voet van de boom en de hoogte van de stam vindt men door de gemeten lengte met tien te vermenigvuldigen.

KOHL (1) heeft een meetband ontworpen, waarbij deze hoogtemeter aan een einde is geconstrueerd, zodat men door het meenemen van een meetband tevens beschikt over een hoogtemeter. De afstand op de boom kan men terstond met de meetband meten.

Het werken met de hoogtemeter van Vorkampff-Laue is eenvoudiger dan met die van Christen of Hub (D-A-hoogtemeter), omdat men geen baak van 4 of 5 meter behoeft mede te nemen.

2. Berekening van de middelbare fouten.

Voor de hoogtemeters, die steunen op een bekende afstand op de boom (Christen, Hub of D-A, Vorkampff-Laue) heb ik vroeger in aansluiting op het werk van TISCHENDORF (5) de volgende berekening van de middelbare fout in de hoogtemeting gegeven (4):

$$\sigma_h = \frac{\sigma \times s}{d_s^2} \sqrt{2d_h^2 + 2d_s^2 - 2d_h \times d_s}$$

waarin σ_h de middelbare fout van de berekende hoogte en σ die bij de aanlegging of aflezing van de eindpunten van de projecties van boomhoogte en afstand op de boom voorstelt.

Aangezien bij het instrument van Vorkampff-Laue $d_h = 0.3$, $d_s = 0.03$ en $s = \frac{h}{10}$ is, kan men deze betrekking als volgt herleiden:

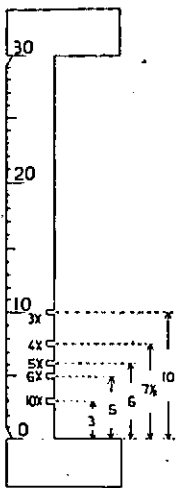
$$\sigma_h = \frac{\sigma \times s}{10 \times 0.03^2} \sqrt{2(0.3^2 + 0.03^2 - 0.3 \times 0.03)}$$

$$\sigma_h = 45 h \sigma$$

De grootte van σ_h hangt dus behalve van de lengte van de boom ook af van de waarde van σ , welke voor elke onderzoeker verschillend zal zijn. Ook wordt deze beïnvloed door de omstandigheden, waaronder de hoogtemetingen geschieden.

Uit een aantal metingen met de hoogtemeter van Christen werden voor 19 personen de waarden van σ berekend en deze bleken te schommelen tussen 0.0014 en 0.0030 met een algemeen gemiddelde van 0.0019 (4). Uit de beschouwingen bleek, dat de metingen met de hoogtemeter van Vorkampff-Laue grotere middelbare fouten moeten geven dan die met de instrumenten van Christen en Hub (D-A).

3. Verandering van de hoogtemeter van Vorkampff-Laue.



Figuur 3.

De grotere fouten met het instrument van Vorkampff-Laue worden veroorzaakt, doordat de projectie d_s en de lengte s vaak klein zijn. Teneinde dit te verbeteren is de in figuur 3 aangeduide verandering van het instrument gedacht, waarbij niet één inkeping op 3 cm van de onderste haak is aangebracht, doch een vijftal inkepingen op 10, $7\frac{1}{2}$, 6, 5 en 3 cm van deze haak.

Bij kleinere bomen kan men de bovenste inkeping gebruiken, bij hogere bomen een lagere. Dit hangt vanzelfsprekend af van de mogelijkheid om een bepaalde afstand op de boom gemakkelijk te kunnen opmeten. De gevonden afstanden moet men nadien met 3, 4, 5, 6 of 10 vermenigvuldigen.

Aan de andere zijde van het instrument is een centimeterindeling aangebracht, waardoor het mogelijk is de afstanden op de boom te meten. Het meenemen van een meetband is dus niet noodzakelijk.

4. Herleiding van de foutenvergelijking.

Voor de hier genoemde gevallen kan de algemene formule voor de middelbare fouten als volgt herleiden :

$$3 \times \sigma_h = \frac{\sigma \times h}{3 \times 0.01} \sqrt{2(0.09+0.01-0.3 \times 0.1)} = 12.5 h\sigma$$

$$4 \times \sigma_h = \frac{\sigma \times h}{4 \times 0.005625} \sqrt{2(0.09+0.005625-0.3 \times 0.075)} = 17.0 h\sigma$$

$$5 \times \sigma_h = \frac{\sigma \times h}{5 \times 0.0036} \sqrt{2(0.09+0.0036-0.3 \times 0.06)} = 21.6 h\sigma$$

$$6 \times \sigma_h = \frac{\sigma \times h}{6 \times 0.0025} \sqrt{2(0.09+0.0025-0.3 \times 0.05)} = 26.3 h\sigma$$

$$10 \times \sigma_h = \frac{\sigma \times h}{10 \times 0.0009} \sqrt{2(0.09+0.0009-0.3 \times 0.03)} = 45.0 h\sigma$$

We zien hieruit, dat het gebruik van de hogere inkepingen de fouten aanzienlijk verkleint. Bij het gebruik van de inkeping van 3 x is de fout minder dan een derde van die met de inkeping van 10 x. Bij het meten van de hoogten van hogere bomen zal het gebruik van de hogere inkepingen veelal niet mogelijk zijn en komt men daardoor tot grotere fouten.

5. Nieuwe onderzoeken.

Ten einde de waarde van σ nader te onderzoeken werden door drie personen, die over ervaring in de hoogtemeting beschikten, elk 50 hoogtemetingen met de hoogtemeter van Vorkampff-Laue verricht. Nadat de hoogtebepaling had plaats gevonden, werden de bomen geveld en de werkelijke lengte nauwkeurig gemeten. Voor elke waarnemer werden de t_1, t_2, \dots, t_{50} van de aanlegging en aflezing uit de bovenstaande betrekkingen berekend en daaruit de waarde σ volgens :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum t^2}{50}}$$

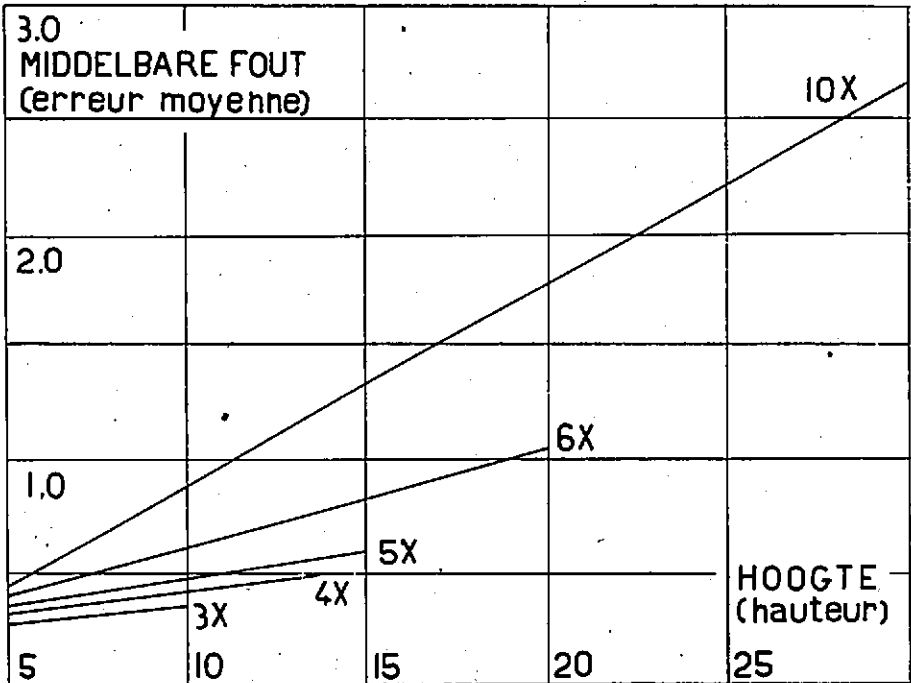
De berekening van σ gaf voor de waarnemers A, B en C de volgende resultaten :

A :	0.0016 cm
B :	0.0021 cm
C :	0.0024 cm.

Men ziet hier, dat de waarden van σ voor deze onderzoekers nog sterk wisselen, zodat het moeilijk is een algemeen gemiddelde op te geven. Dit gemiddelde ligt in de buurt van 0.0020 cm. Men zou dus deze waarde met enige restrictie kunnen aannemen.

6. Algemene waarden van de middelbare fouten.

Met behulp van de waarde $\sigma = 0.0020$ cm zijn algemene gegevens verzameld voor de verschillende wijzen, waarop de veranderde hoogtemeter van Vorkampff-Laué kan worden gebruikt. In de onderstaande grafiek zijn door enkele lijnen de middelbare fouten bij verschillende hoogten aangegeven.



Figuur 4.

De volgende tabel is tevens nog opgesteld voor deze middelbare fouten, waarmee men bij het werken met deze hoogtemeter rekening dient te houden. Nogmaals wijs ik er op, dat dit gemiddelden zijn en dat de middelbare fouten naar de geoefendheid en de persoonlijke instelling van de waarnemer vrij belangrijk uiteen kunnen lopen. Ook de omstandigheden, waaronder men meet, spelen een belangrijke rol.

hoogte (hauteur) m	3 x m	4 x m	5 x m	6 x m	10 x m
5 - 10	0.13 - 0.25	0.17 - 0.34	0.22 - 0.43	0.26 - 0.53	0.45 - 0.90
10 - 15		0.34 - 0.51	0.43 - 0.65	0.53 - 0.79	0.90 - 1.35
15 - 20				0.79 - 1.05	1.35 - 1.80
20 - 25					1.80 - 2.25
25 - 30					2.25 - 2.70

Gemiddelde fouten van metingen met de hoogtemeter van Vorkampff-Laué (Erreurs moyennes des mesurages à l'aide du dendromètre de Vorkampff-Laué).

7. Gevolgtrekkingen.

De hoogtemeter van Vorkampff-Laue behoort tot de eenvoudigste instrumenten, die we kennen. De fouten zijn voor de kleinere hoogten vrij aanzienlijk. Door het maken van verschillende inkepingen kunnen deze fouten worden verminderd. Voor ons land is deze verandering van belang.

De tijdsduur van een meting met de hoogtemeter van Vorkampff-Laue is vrijwel gelijk aan die voor een meting met de hoogtemeter van Christen. Bij hoogtemetingen b.v. voor het opstellen van een hoogtekromme zal men de voorkeur moeten geven aan het instrument van Christen.

De hoogtemeter van Vorkampff-Laue, voorzien van een centimeter-indeling aan de achterzijde, heeft het voordeel, dat men met het instrumentje, dat vrijwel geen plaats inneemt, toch op bevredigende wijze hoogten kan meten. Het meenemen van een baak en zelfs van een meetband is niet nodig. Het instrument is daarom zeer geschikt voor de praktijk, wanneer men zich plotseling voor een hoogtemeting geplaatst ziet.

Literatuur:

1. KOHL, W.: „Eine einfache und zweckmäßige Verbindung von Höhenmesser, Durchmessermeszband und Längenmasz". Der deutsche Forstwirt 1933, blz. 287—288.
2. SOEST, J. VAN: „Over den aanleg, het opmeten en de behandeling van proefvelden in den boschbouw". Nederlandsch Boschbouw-Tijdschrift 1944, blz. 79—86 en 123—133.
3. STOFFELS, A.: „Eenvoudige hoogtemeters, waarbij de afstand van het instrument tot den boom niet gemeten wordt". Nederlandsch Boschbouw-Tijdschrift 1938, blz. 18—24.
4. ——— „Über die Genauigkeit einfacher Höhenmesser mit indirekter Standlinienmessung (résumé: L'exactitude de quelques dendromètres avec lesquels la distance de l'instrument jusqu'à l'arbre n'est pas mesurée directement; summary: On the accuracy of some simple hypsometers working without measurement of the distance from the instrument to the tree)". Zeitschrift für Weltforstwirtschaft 1938, blz. 491—499.
5. TISCHENDORF, W.: „Lehrbuch der Holzmassenermittlung". Berlin 1927.
6. VORKAMPFF-LAUE: „Baumhöhenmesser". Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1905, blz. 36.
7. ——— „Schätzung stehender Holzbestände". Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1934, blz. 25—29.

L'EXACTITUDE DES MESURAGES À L'AIDE DU DENDROMÈTRE MODIFIÉ DE VORKAMPFF-LAUE

(résumé)

Le dendromètre de Vorkampff-Laue se compose d'une simple planchette munie de deux crochets placés à la distance de 30 cm. Une entaille est faite à 3 cm du crochet inférieur. On tient l'instrument verticalement et on cherche à obtenir l'arbre entre les crochets. Ensuite on cherche sur l'arbre le point dont la projection sur le dendromètre passe par l'entaille. Quand ce point est déterminé, on se rend vers l'arbre pour mesurer la distance du point fixé jusqu'au pied de l'arbre. La hauteur du tronc est le décuple de la distance mesurée.

L'erreur moyenne σ_h de la hauteur h est :

$$\sigma_h = 45 h\sigma ;$$

dans cette formule, σ représente l'erreur moyenne des projections diverses sur le dendromètre.

Des recherches précédentes (4) ont montré que la valeur σ change pour des observateurs différents et que la moyenne de ces valeurs pour 19 observateurs était de 0.0019 cm.

Pour les faibles hauteurs, ces erreurs sont assez grandes et pour en diminuer l'importance, une modification du dendromètre de Vorkampff-Laue est projetée avec cinq entailles à 10, 7½, 6, 5 et 3 cm du crochet le plus bas.

On peut employer les entailles inférieures pour les grandes hauteurs et les entailles supérieures pour les hauteurs moins grandes. Il faut alors multiplier les distances mesurées, respectivement par 3, 4, 5, 6 ou 10.

A l'autre face du dendromètre est gravée une division en centimètres, au moyen de laquelle on peut mesurer la distance sur l'arbre.

Les erreurs moyennes des mesurages à l'aide du dendromètre employé par les différentes méthodes sont :

3 x	$\sigma_h = 12.5 h\sigma$
4 x	$\sigma_h = 17,0 h\sigma$
5 x	$\sigma_h = 21,6 h\sigma$
6 x	$\sigma_h = 26,3 h\sigma$
10 x	$\sigma_h = 45,0 h\sigma$

Des recherches nouvelles ont démontré qu'on peut accepter la valeur $\sigma = 0.0020$ cm comme moyenne pour des observateurs quelque peu expérimentés. La figure 4 et la table suivante montrent les erreurs moyennes des mesurages avec ce dendromètre modifié.

Le dendromètre de Vorkampff-Laue est un instrument très simple, mais pour les petits arbres, les erreurs sont relativement grandes. On peut diminuer ces erreurs par une modification du dendromètre avec quelques entailles.