

DENDROMETER III Gebrauchsanleitung

Dr. Lutz Fehrmann

© 2024 Abteilung Waldinventur und Fernerkundung, Georg-August-Universität Göttingen

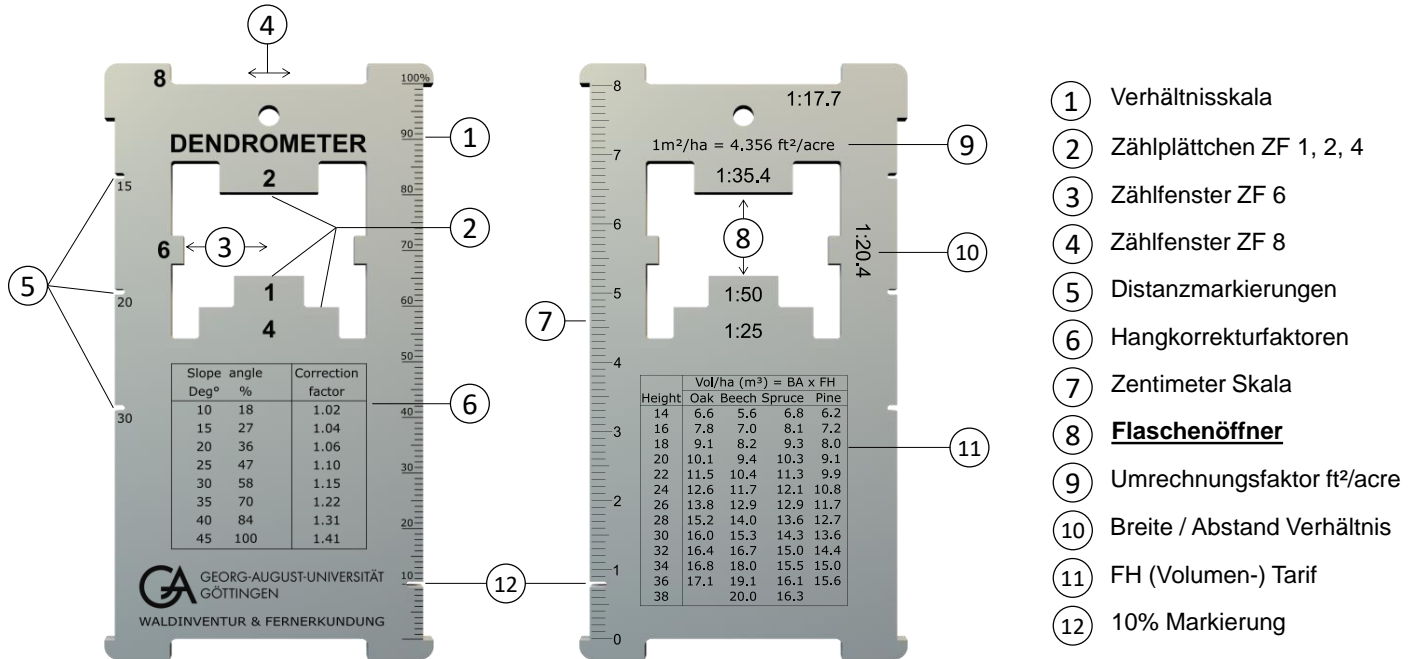


Abbildung 1. Vorder- und Rückseite des Dendrometer III.

1 Beschreibung des Dendrometers

Das Dendrometer III (ab 2024) ist eine Weiterentwicklung des Dendrometer II, das in den frühen 1980er Jahren von Prof. Dr. Horst Kramer an der heutigen Abteilung Waldinventur und Fernerkundung der Universität Göttingen entwickelt wurde [1]. Die Hauptanwendung des Dendrometers liegt in der Bestimmung der Bestandesgrundfläche (G/ha) nach dem Prinzip der von Walter Bitterlich 1947/48 vorgestellten Winkelzählprobe (WZP) [2,3]. Der „Göttinger Flaschenöffner“, einstmals als kostengünstiges Gerät für Studierende und zum Einsatz in Forschungsprojekten entwickelt, hat sich in den letzten 40 Jahre als nützliches Taschengerät für viele forstliche und ökologische Anwendungen im Wald bewiesen. Die Neuauflage des Dendrometers soll die lange Tradition dieses Gerätes an der Forstfakultät der Universität Göttingen fortsetzen.

2 Messungen mit dem Dendrometer

Die meisten Messungen, die mit dem Dendrometer angestellt werden können, beruhen auf dem Strahlensatz bzw. einfachen geometrischen Prinzipien. Um Messungen mit definierten Verhältnisskalen durchzuführen (z.B. die Winkelzählprobe) wird das Dendrometer in einem festen Abstand zum Auge (50 cm) gehalten. Hierfür ist ein einstellbarer Schnurstopper vorhanden, der bei Messungen direkt neben das Auge zu halten ist. Für einige andere Messungen sind variable Abstände zum Auge möglich. Nutzer des Gerätes sollten sich ggf. vor Anwendung selber testen, z.B. indem ein Grenzbaum der WZP aus gemessener Grenzentfernung angepeilt wird (siehe 2.4).

2.1 Höhenmessung

Das Dendrometer ist aufgrund seiner geringen Größe nur bedingt zur genauen Höhenmessung für größere Bäume geeignet, es ermöglicht jedoch eine Einschätzung. Hierbei wird das geometrische Prinzip verwendet, bei dem keine Entfernungsmessung zum Baum nötig ist. Die hierzu verwendete Verhältnisskala stellt eine Miniatur des bekannten Höhenmessers nach Christen dar, der auf dem gleichen Prinzip beruht.

> Siehe Abbildung 3!

1. Finde eine Position von der die Baumspitze und den Stammfuß gut eingesehen werden können (möglichst 1 - 1.5 Baumlängen entfernt),
2. Halte das Dendrometer senkrecht bzw. parallel zur Neigung des Baumes,

3. Verändere den Abstand zum Baum und/oder den Abstand zwischen Auge und Dendrometer so, dass der Baum komplett in die rechte Aussparung (Verhältnisskala) passt,
4. **Option 1:** Lies die relative Höhe einer vorher am Baum gemessenen und markierten Referenzhöhe (z.B. 2m) ab. Die Baumhöhe ergibt sich aus: Referenzhöhe / abgelesener relativer Höhe.
5. **Option 2:** Merke dir die Position der Stelle, die durch Peilen über die 10% Skalenmarkierung am Baum anvisiert wird und messe diese Höhe am Baum (Messung dann mit 10 multiplizieren).

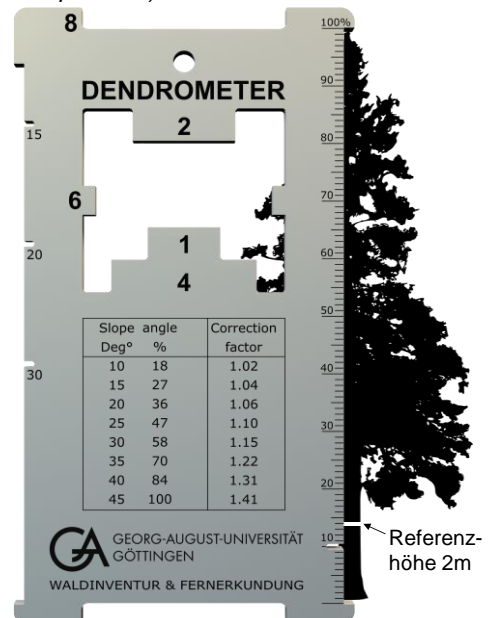


Abbildung 2. Eine am Baum markierte Referenzhöhe von 2m entspricht 14% (0.14) der Gesamthöhe. Die Baumhöhe ist $2m / 0.14 = 14.3m$. Beachte den Hinweis zur Skalenablesung!

Hinweis: durch den ggf. geringen Abstand des Dendrometers zum Auge fällt das Fokussieren bzw. direkte Ablesung der Skala schwer oder ist unmöglich. In diesem Fall hilft ein „Zeiger“ (z.B. dünner Ast) um den Skalenwert auf der Skala zunächst zu markieren und danach abzulesen.

Typ: Für große Bäume kann eine längere Referenzlatte (z.B. 4m Höhe) verwendet werden. Ebenso kann die gesamte

Baumhöhe zunächst durch eine Messung aus größerer Entfernung aufgeteilt werden, indem zunächst die relative Höhe eines sichtbaren Bezugspunktes in geringerer Höhe gemessen wird (z.B. Kronenansatz oder Ast). Aus geringerer Entfernung kann dann die Höhe dieses Bezugspunktes bestimmt werden. Die beiden abgelesenen relativen Höhen sind in diesem Fall zu multiplizieren. Beispiel: aus größerer Entfernung wird die relative Höhe eines markanten Punktes am Stamm mit 35% (0.35) abgelesen. Aus geringerer Entfernung wird die Höhe bis zu diesem Punkt in die Verhältnisskala eingepasst und die relative Höhe einer auf 2m Höhe am Baum angebrachten Markierung mit 27% (0.27) abgelesen. Die Gesamthöhe des Baumes ergibt sich dann aus $2\text{m} / (0.35 \cdot 0.27) = 21.2\text{m}$.

2.2 Entfernungsmessung

Auf der linken Seite des Dendrometers befinden sich drei Markierungen, die zur Abschätzung festgelegter Entfernungen verwendet werden können (15, 20, 30m).

1. Stelle eine 2 m hohe Referenzlatte (z.B. Fluchtstab) an den Baum (oder markiere die Höhe am Stamm),
2. Halte das Dendrometer senkrecht zur Referenzlatte im Abstand von 50 cm zum Auge (Schnurstopper),
3. Verändere die Entfernung zum Baum so, dass das untere Ende der Referenz (oder der Stammbaum) mit der Unterkante der Skala und das obere Ende des Fluchtstabs bzw. die Markierung am Stamm mit der jeweiligen Entfernungsmarkierung übereinstimmt.

Hinweis: die Genauigkeit dieser Messung sollte nicht überbewertet werden, ist aber ggf. besser als ein Schrittmaß zu verwenden. Die Entfernung zum Baum kann zusammen mit Winkelmessungen zur Spitze und zum Stammbaum zur Berechnung der Höhe verwendet werden (z.B. mit Smartphone Apps und oder unter Zuhilfenahme eines Winkelmessers). Es empfiehlt sich einige Testmessungen aus bekannter Referenzentfernung zu machen, um ein Gefühl für die Genauigkeit bzw. die Sichtweise der Referenzlatte zu bekommen.

2.3 Bestandesgrundfläche

Die Hauptanwendung des Dendrometers liegt in der Bestimmung der Bestandesgrundfläche (m^2/ha) auf Grundlage der von Walter Bitterlich vorgestellten Winkelzählprobe (WZP) [2]. Hierbei werden Bäume rund um einen Probepunkt proportional zu ihrer Grundfläche (Stamm-Querschnittsfläche in 1.3m

Höhe) in die Stichprobe eingeschlossen. Der maximale Abstand eines Baumes entspricht einem festgelegten Vielfachen (c) seines BHD (siehe Tabelle 1). Vor der Durchführung der WZP ist zu klären, welcher Zählerfaktor verwendet werden soll (siehe 2.6).

> **Siehe Abbildung 4!**

1. Halte das Dendrometer senkrecht in 50 cm Abstand zum Auge (Schnurstopper),
2. In einer kompletten Drehung auf dem Probepunkt zähle alle Bäume, deren Durchmesser (in 1.3m Höhe anpeilen!) breiter als der gewählte Zählerfaktor erscheinen (Hinweise beachten!),
3. Grenzbäume, deren BHD exakt genauso breit erscheint, wie der Zählerfaktor, werden entweder als $\frac{1}{2}$ gezählt oder genauer auf ihre Zugehörigkeit zur Stichprobe überprüft (siehe 2.4),
4. Multipliziere die so ermittelte Anzahl mit dem verwendeten Zählerfaktor um die Bestandesgrundfläche (m^2/ha) zu erhalten (berücksichtige 2.5 und 2.7).

Hinweis: Werden bei der WZP Bäume übersehen, führt dies zu einer Verzerrung des Ergebnisses (Unterschätzung). Besonders bei stärkeren Bäumen, die dicht am Probepunkt stehen, ist daher zu prüfen, ob sie ggf. andere Bäume verdecken. Hierzu einen Schritt zur Seite treten (ohne den Abstand in Blickrichtung zu verändern) und prüfen, ob ggf. weitere vorher verdeckte Bäume erfasst werden müssen! Sind Stämme auf 1.3m Höhe durch andere Vegetation verdeckt, können sie auch in größerer Höhe angepeilt werden. Ist ein in 4m Stammhöhe angepeilter Baum in der Stichprobe, so ist er es auch auf 1.3m. Ein Ausschluss in andere Richtung funktioniert jedoch nicht: erscheint der Stamm in 4m Höhe etwas schmaler als die Zählbreite, kann er in 1.3m Höhe angepeilt durchaus Teil der Stichprobe werden.

2.4 Kontrolle von Grenzbäumen

Erscheint der Durchmesser eines Baumes exakt genauso breit wie der Zählerfaktor, befindet sich der Probepunkt auf dem Rand seiner Einschlussfläche (bzw. der Baum steht auf dem Rand seines individuellen Probekreises). Da bei gegebenem Zählerfaktor der maximale Abstand des Baumes ein festes Vielfaches seines BHD ist, ist zu prüfen, ob dieses Verhältnis eingehalten wird (siehe Tabelle 1).



Abbildung 3. Winkelzählprobe mit dem Zählerfaktor 1: A ist ein gezählter Baum, B ist außerhalb und C ist ein Grenzbaum.

Um zu prüfen ob ein fraglicher Baum ein Probebaum ist oder nicht:

1. *Miss den BHD des Baumes (aus Blickrichtung vom Probepunkt),*
2. *Messe den Abstand des Baumes (da eine nachträgliche pauschale Hangkorrektur durchgeführt wird, wird in geneigtem Gelände die Schrägdistanz gemessen),*
3. *Der Baum wird gezählt, wenn sein Abstand kleiner oder gleich dem entsprechenden Vielfachen c seines BHD ist (bzw. sein BHD größer oder gleich $1:c$ seines Abstands ist). Ist der Baum weiter entfernt (oder sein BHD zu gering) wird er nicht gezählt.*

Tabelle 1. Breite-zu-Abstand Verhältnisse (1:c) der einzelnen Zählerfaktoren sowie die Konstanten a zur Berechnung der Stammzahl/ha für jeden Baum nach: $Stz/ha_i = a \cdot BHD_i^2$.

ZF	1:c	a
1	1:50	12732
2	1:35.4	25465
4	1:25	50930
6	1:20.4	76394
8	1:17.7	101859

2.5 Hangkorrektur

Wie alle anderen flächenbezogenen Kennwerte bezieht sich die Grundfläche (m^2/ha) auf die horizontale Kartenebene. Wird eine WZP am Hang durchgeführt, muss das Ergebnis auf die kleinere horizontale Bezugsfläche korrigiert werden.

1. *Messe den mittleren Hangwinkel α (in Grad) am Probepunkt (ggf. als Mittelwert zweier Messungen hangauf- und hangabwärts),*
2. *Multipliziere das Ergebnis der WZP mit dem Korrekturfaktor $1/\cos(\alpha)$!*

Eine Tabelle mit Korrekturfaktoren für bestimmte Hangwinkel findet sich auf der Vorderseite des Dendrometers.

2.6 Zur Wahl des Zählerfaktors

Bei der Festlegung des zu verwendenden Zählerfaktors ZF (~Plotgrößen) sollte zum einen die Sichtbarkeit im Bestand sowie die angestrebte mittlere Anzahl gezählter Bäume pro WZP berücksichtigt werden. Ein kleiner ZF (1) führt zu großen baumindividuellen Probekreisen und starke Bäume können sehr weit entfernt (und ggf. nicht sichtbar) sein. Große ZF (6 oder 8) sind für die Anwendung in sehr dicht bestockten Wäldern mit großen Bäumen (z.B. Tropen/Subtropen oder dichter Unterstand) vorgesehen. ZF 1 wäre für Bestände mit geringer mittlerer Baumdimension aber guter Sichtbarkeit geeignet. ZF 2 oder 4 sind oft ein guter Kompromiss für typisch bestockte Wirtschaftswälder.

Tabelle 2 gibt einen Überblick über die Plotradien bzw. maximalen Abstände der Bäume (aus $c \cdot BHD/100$) in Abhängigkeit von ZF und BHD und hilft, unter Berücksichtigung der Sichtbarkeit im Bestand, einen angemessenen ZF zu identifizieren. Gleichzeitig sollte berücksichtigt werden, dass die mittlere Anzahl gezählter Bäume je WZP nicht zu gering sein sollte (bestenfalls >10).

Tabelle 2. Plotradien (bzw. Maximaler Abstand) in Meter in Abhängigkeit von Zählerfaktor und BHD.

BHD	Zählerfaktor				
	1	2	4	6	8
10	5	3.54	2.5	2.04	1.77
20	10	7.07	5.0	4.08	3.54
30	15	10.61	7.5	6.12	5.30
50	25	17.68	12.5	10.21	8.84
70	35	24.75	17.5	14.29	12.37
90	45	31.82	22.5	18.37	15.91
110	55	38.89	27.5	22.45	19.45

Hinweis: Die Schätzung der mittleren Bestandesgrundfläche aus mehreren WZP ist auch dann unverzerrt, wenn lokal unterschiedliche ZF verwendet wurden (z.B. eine Mischung aus WZP mit ZF 2 und 4). Da die Stichproben in diesem Fall aus verschiedenen Grundpopulationen gezogen wurden, ist zur

Schätzung des Standardfehlers jedoch die Verwendung eines entsprechenden Schätzers (stratifizierte Stichprobe) nötig!

2.7 Aufnahmen am Bestandesrand

Liegt ein ausgewählter Probepunkt in der Nähe des Randes der zu erfassenden Fläche, kann dies zu einer Verzerrung (Einschränkung) der Auswahlwahrscheinlichkeit von Bäumen im Randbereich führen. Eine Randkorrektur ist dann nötig, wenn der Abstand eines Baumes zum Bestandesrand geringer ist, als die Grenzdistanz bis zu der er in eine WZP eingeschlossen wird (siehe 2.4). Zur Korrektur sind verschiedene verfahren denkbar.

Die Spiegelungsmethode:

1. *Führe zunächst die WZP im Bestand durch, danach*
2. *Messe den kürzesten Abstand vom Probepunkt zum Bestandesrand (bzw. einer gedachten Grenzlinie) und verlängere diese Strecke um den gleichen Betrag nach außen,*
3. *Von dem so festgelegten temporären Spiegelpunkt führe erneut eine WZP durch und zähle die wiederholt eingeschlossenen Bäume zum ersten Ergebnis hinzu.*

Die „Walkthrough“ Methode [5]:

Ist ein Hinaustreten aus dem Bestand nicht möglich (z.B. Wasserfläche), dann

1. *Für jeden Baum in Blickrichtung zum Bestandesrand: Miss dessen Entfernung vom Probepunkt und verlängere diese Strecke um den gleichen Betrag,*
2. *Befindet sich der Endpunkt innerhalb des Bestandes, werden die Bäume einfach gezählt, befindet sich der Punkt außerhalb, werden sie doppelt gezählt.*

Hinweis: Ein Verschieben von festgelegten Probepunkten am Bestandesrand ist aus statistischer Sicht nicht korrekt und führt zu einer Verzerrung der Ergebnisse, da die speziellen Bedingungen am Rand des Bestandes nicht angemessen berücksichtigt werden!

3 Volumenschätzung

Auf der Rückseite des Dendrometers findet sich ein Formhöhentarif [4] für die wichtigsten Wirtschaftsbaumarten in Deutschland. Eine überschlägige Schätzung des Bestandesvolumens ergibt sich durch Multiplikation der gemessenen Grundfläche mit dem für die Bestandesmittelhöhe zutreffenden Formhöhenfaktor. Zur Anwendung muss daher eine Bestandesmittelhöhe gemessen bzw. geschätzt werden. Das Volumen ergibt sich aus $V = G/ha \cdot FH$.

4 Schätzung der Stammzahl/ha

Die Durchführung der WZP ermöglicht eine direkte Schätzung der Bestandesgrundfläche durch Zählung der eingeschlossenen Bäume. Da die Einschlusswahrscheinlichkeit proportional zur Grundfläche der Bäume ist (und sich nicht auf eine einheitliche Plotfläche bezieht), erfordert die Schätzung der Stammzahl zusätzliche Messungen an den eingeschlossenen Bäumen:

1. *Für jeden eingeschlossenen Baum i miss seinen BHD und berechne seine Querschnittsfläche in m^2 nach $g_i(m^2) = \pi/4 \cdot (BHD_i / 100)^2$,*
2. *Berechne die Stammzahl/ha, die jeder Baum repräsentiert aus verwendetem ZF/ g_i ,*
3. *Summiere die Stammzahl/ha über alle Bäume der WZP um ein Gesamtergebnis zu erhalten.*

Hinweis: alternativ kann der Baumindividuelle Hochrechnungsfaktor auch aus der Größe der jeweiligen Probefläche berechnet werden: $Stz/ha_i = 10.000 / \pi \cdot c^2 \cdot BHD_i^2$. Durch Umformung ergibt sich die in Tabelle 1 dargestellte Berechnung.

5 Mittlerer Durchmesser bzw. D_g

Der mittlere Durchmesser der Bäume in einem Bestand ergibt sich als gewichteter Mittelwert, wobei sich der Gewichtungs-faktor jedes BHDs aus seinem Stammzahlanteil ergibt. In der Forstplanung ist der mittlere Durchmesser der Bäume von geringerem Interesse, der Durchmesser des Grundflächenmittelstamms D_g (quadratischer Mittendurchmesser) ist jedoch eine wichtige Planungsgröße (z.B. beim Umgang mit Ertragsmodellen). Hierzu ist der Durchmesser der mittleren Baum-Querschnittsfläche g_m zu berechnen, wobei $g_m = G/ha / Stz/ha$

woraus der zugehörige Durchmesser folgt:
 $D_g = (4/\pi * g_m)^{0.5} * 100$ (für g_m in m^2).

6 Schätzung des Bekronungsgrades

Mit Hilfe der Verhältnisskala können unterschiedliche relative Höhen bzw. Anteile eingeschätzt werden. Wie in Abbildung 4 dargestellt, kann die relative Stammlänge (hier 57%) und daraus ebenso die relative Kronenlänge (43%) geschätzt werden. Siehe Hinweise zur Skalenablesung unter 2.1!

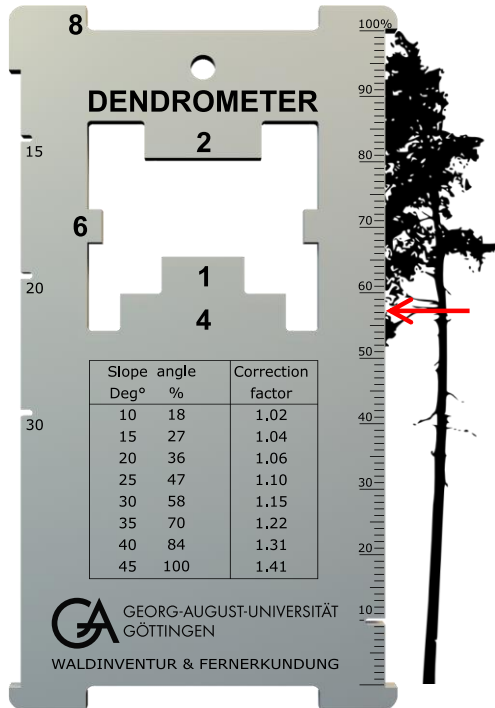


Abbildung 4. Messung des Stammanteils bzw. des Bekronungsgrades mit der Verhältnisskala.

7 Zu Einheiten

Die Grundflächenschätzung erfolgt hier in der Einheit m^2/ha , das Ergebnis kann aber in die in den USA gebräuchliche Einheit $ft^2/acre$ umgerechnet werden. Der Umrechnungsfaktor ist $1 m^2/ha = 4.356 ft^2/acre$. $1 m^3/ha$ entspricht $0,4047 m^3/acre$ bzw. $14,29 ft^3/acre$.

Alle Messungen, die mit Hilfe der Verhältnisskala angestellt werden sind dimensionslos und können gleichermaßen auf eine absolute Referenz in Fuß oder Meter angewendet werden (z.B. die beschriebene Höhenmessung).

8 Pflege des Dendrometers

Das Dendrometer ist aus rostfreiem Edelstahl gefertigt, weitgehend korrosionsfrei und kann mit jedem Edelstahlreiniger gereinigt werden. Die Skalen des Dendrometers sind Lasergraviert und bleiben langfristig sichtbar.

! Die Schnur des Dendrometers kann sich aufgrund von Witterungseinflüssen oder UV-Strahlung mit der Zeit Längen oder Verkürzen. **Prüfe daher regelmäßig den korrekten Abstand des Schnurstoppers von 50 cm!**

9 Referenzen

- [1] Kramer, H., Akça, A., 2008. Leitfaden zur Waldmesslehre. 5. Auflage. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main, 226 S.
- [2] Bitterlich, W., 1947. Die Winkelmessung. Allgemeine Forst- und Holzwirtschaft, 58(11/12).
- [3] Bitterlich, W., 1952. Die Winkelzählprobe. Forstwissenschaftliches Centralblatt 71(7/8): 215-225.
- [4] Laer, W., Speidel, G., 1955. Die Wertklasse als Gütemaßstab in der Forsteinrichtung. Forstarchiv 26: 217-224.
- [5] Ducey, M.J., Gove, J.H., Valentine, H.T., 2004. A Walkthrough Solution to the Boundary Overlap Problem. Forest Science 50(4): 427-435.

Daten

Material: Edelstahl

B x H x T: 47mm x 85.6mm x 2mm

Gewicht: 53 g

Zoll-HS-Code: 9017.30.00 oder 9017.80.10

Georg-August-Universität Göttingen
Abteilung Waldinventur und Fernerkundung
Büsgenweg 5
37077 Göttingen

www.uni-goettingen.de/Waldinventur

Zitation: Fehrmann, L., 2024. Dendrometer III Gebrauchsanleitung. Abteilung Waldinventur und Fernerkundung, Georg-August-Universität Göttingen.
<https://doi.org/10.25625/USXNYO>

Das Dendrometer wird in Zusammenarbeit mit GÖWE – Göttinger Werkstätten gGmbH produziert. Der Kauf eines Dendrometers unterstützt nachhaltige und sinnvolle soziale Projekte.

Bezugsquelle: Unishop Göttingen:
<http://unishop.uni-goettingen.de/>

Weiterführende Quellen:

- [AWF-Wiki zur Winkelzählprobe](#)
- [AWF YouTube Kanal „Monitoring of Forest Resources“](#)

Dendrometer kaufen



AWF YouTube Channel

