

Forst



Bitterlichstab

Einführung in die Handhabung

Impressum

Herausgeber: Landesbetrieb Forst Brandenburg
Zeppelinstraße 136
14471 Potsdam
Telefon: 0331/97929-301
Fax: 0331/97929-390
E-Mail: betriebszentrale@lfb.brandenburg.de
Internet: <http://forst.brandenburg.de>

Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde (LFE)
Alfred-Möller-Straße 1
16225 Eberswalde
Telefon: 03334/2759-100
Fax: 03334/2759-206
E-Mail: lfe@lfe-e.brandenburg.de

Autor: Bernd Rose
Forsteinrichtung
Fachbereich Planung und Betriebswirtschaft, LFE
Telefon: 033201/4452-46
Fax: 033201/4452-48
E-Mail: bernd.rose@lfe-p.brandenburg.de

Satz und Layout: hendrik Bäßler verlag · berlin

Fotos: Bernd Rose: Titelbild, S. 13, 15, 17; Uwe Engler S. 5, 6, 7, 14
Titelbild: Winkelzählprobe im Gelände: Ansprache eines Zählbaumes

Potsdam, Juni 2013

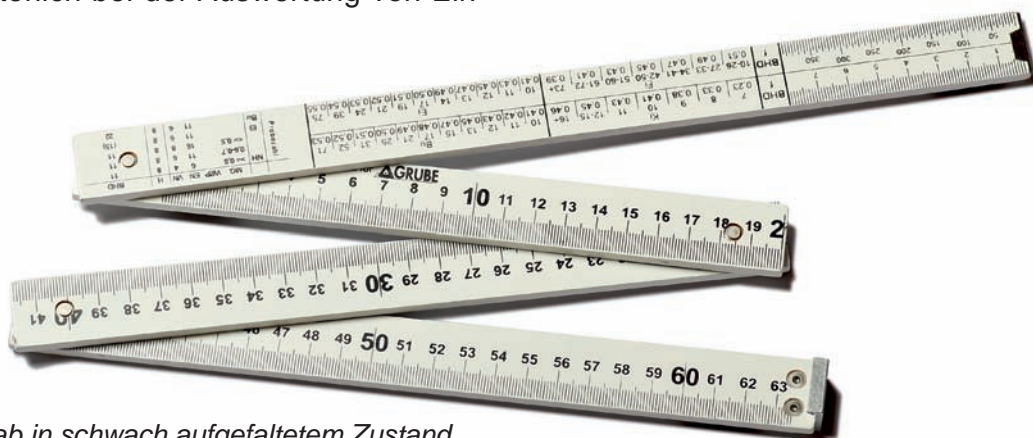
Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit des Landesbetriebs Forst Brandenburg kostenlos abgegeben und ist nicht zum Verkauf bestimmt. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern während des Wahlkampfes zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags- und Kommunalwahlen. Missbräuchlich sind insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen von Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen und Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Unabhängig davon, wann, auf welchem Weg und in welcher Anzahl diese Schrift dem Empfänger zugegangen ist, darf sie auch ohne zeitlichen Bezug zu einer Wahl nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Landesregierung Brandenburgs zugunsten einzelner Gruppen verstanden werden könnte.

Vorbemerkung	5
Grundflächenbestimmung	6
Prinzip der Winkelzählprobe	6
Messvorgang	7
Winkelzählprobe im geneigten Gelände	9
Winkelzählprobe an Bestandesrändern oder anderen Grenzstrukturen	10
<i>Grenzlinie mit einem Winkel über 180°</i>	11
<i>Grenzlinie mit einem Winkel von 120°</i>	11
<i>Grenzlinie mit einem Winkel von 90°</i>	11
<i>Fehlerbetrachtung</i>	12
Durchmessermessung	13
Entfernungsmessung	15
Höhen- bzw. Längenmessung kleiner Objekte	17
Informationssammlung	18
Literatur	19

Vorbemerkung

Der Bitterlichstab geht auf den österreichischen Forstmann Prof. Dr. Walter Bitterlich (* 19. Februar 1908, † 9. Februar 2008) zurück, der im Laufe seines fast 100-jährigen Lebens mehrere wegweisende Forstmessgeräte entwickelte. Wie die meisten dieser Messgeräte basiert der Bitterlichstab in seiner Hauptfunktion der Grundflächenermittlung auf dem – von Walter Bitterlich bei der Auswertung von Ein-

zelbaumaufnahmen gefundenen und später theoretisch abgeleiteten – Prinzip der Winkelzählprobe. In der vorliegenden Ausführung eignet sich der Bitterlichstab nicht nur zur Bestimmung von Grundflächen mittels Winkelzählprobe. Es handelt sich vielmehr um ein kompaktes, einfach zu handhabendes Mehrzweckgerät für Waldinventuren.



Bitterlichstab in schwach aufgefaltetem Zustand

Konventionen

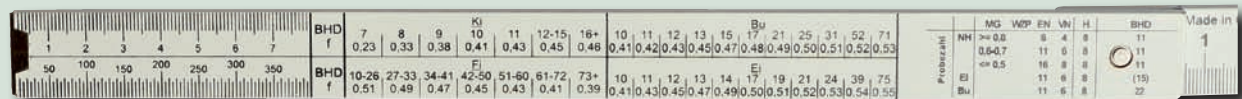
Da sich der vorliegende Bitterlichstab wie ein Gliedermaßstab falten lässt, werden im Folgenden Bezeichnungen für Gliedermaßstäbe sinngemäß auf den Bitterlichstab übertragen. Der Bitterlichstab setzt sich somit aus vier Gliedern zusammen, die durch Scharniere verbunden sind. Aus der Ausrichtung bei einer Verwendung des Bitterlichstabes als Maßstab für die Entfernungsmessung leiten sich die im Text verwendeten Richtungsangaben ab.

Oberstes (bzw. erstes) Glied bezeichnet den Abschnitt des Bitterlichstabes, der an der Spitze ein 1,9cm breites und 1,5cm hohes Metallplättchen mit Hakenrand trägt, welches bei aufgeklapptem Bitterlichstab etwas hervorsteht. Aufgedruckt ist die Maßsteilung 42 bis 63cm:



Oberstes Glied des Bitterlichstabes

Unterstes (bzw. viertes) Glied ist der Abschnitt des Bitterlichstabes mit diversen Sonderaufdrucken (Maßskalen, Formzahlen, empfohlene Mindest-Probeumfänge):



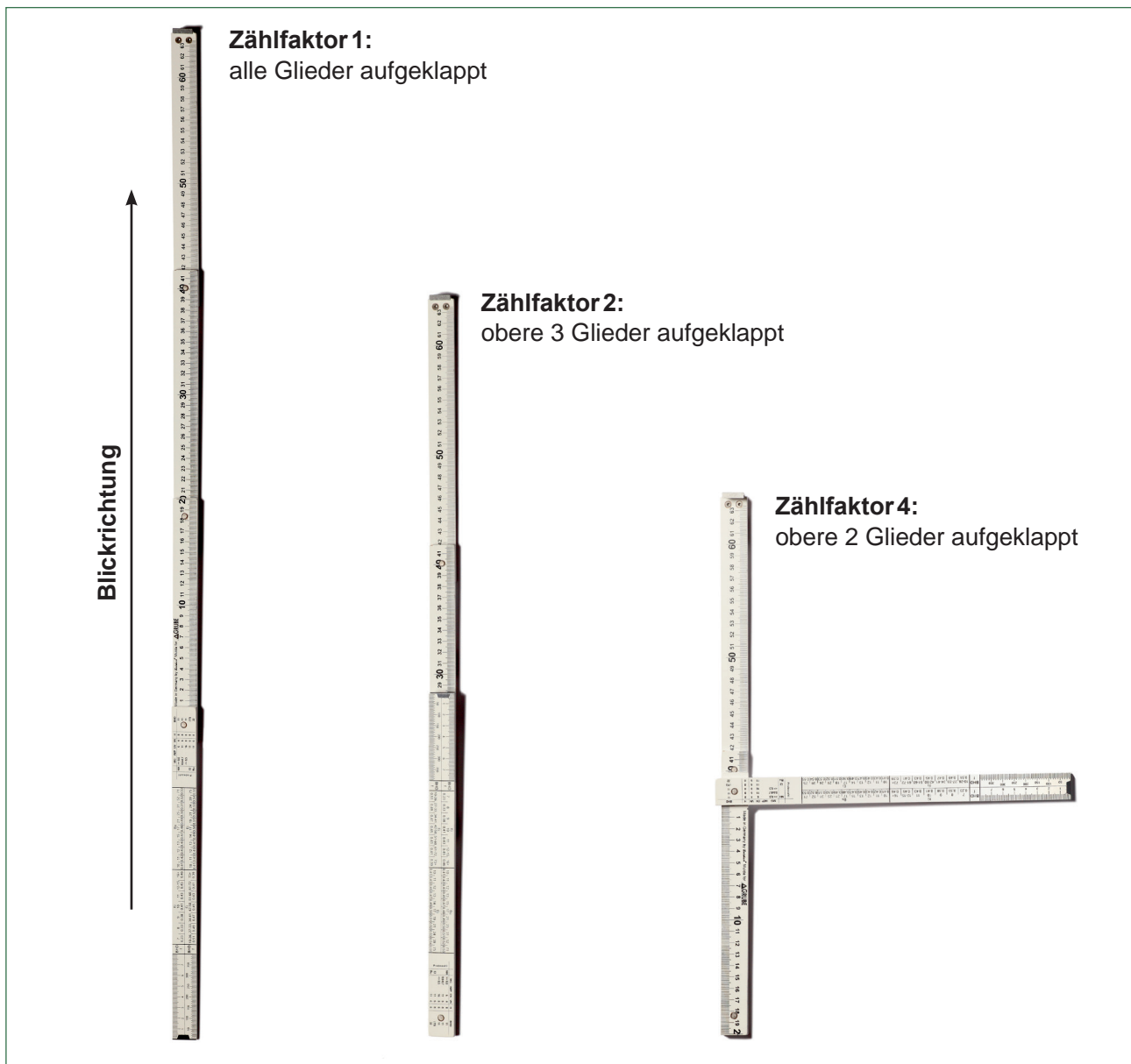
Unterstes Glied des Bitterlichstabes

Grundflächenbestimmung

Prinzip der Winkelzählprobe

Grundfläche ist die Summe der in Brusthöhe (d. h. 1,3 Meter über dem Erdboden) gemessenen und auf einen Hektar bezogenen Derbholzkreisflächen aller Bäume einer Inventureinheit, z. B. eines Bestandes. Oft erfolgt die Darstellung der Grundfläche unter Einbeziehung von Differenzierungsmerkmalen. Dies betrifft z. B. Grundfläche für einzelne Baumarten und/oder Schichten.

Das Prinzip der Winkelzählprobe nach Walter Bitterlich („Bitterlichprobe“) ermöglicht die Ermittlung von Grundflächen mit Messgeräten, die einen definierten Sichtwinkel abdecken oder freigeben. Geometrische Gesetzmäßigkeiten bewirken, dass sich der Messvorgang hierbei auf eine einfache Zählung von Bäumen und Multiplikation mit einem vom Sichtwinkel abhängigen Zählfaktor reduziert. In der vorliegenden Bauart gestattet der Bitterlichstab Messungen mit drei ganzzahligen Zählfaktoren.



Bitterlichstab geklappt für verschiedene Zählfaktoren

- Winkelzählproben mit Zählfaktor 1 (Basis-Messvariante): Der Bitterlichstab ist in ganzer Länge aufzuklappen.
- Winkelzählproben mit Zählfaktor 2: Das unterste Glied des Bitterlichstabes bleibt eingeklappt.
- Winkelzählproben mit Zählfaktor 4: Einklappen der untersten zwei Glieder ist erforderlich; das vierte Glied ist in diesem Fall seitlich abzuspitzen, damit es das Ende des zweiten Gliedes nicht überlagert.

Für jeden Zählfaktor ergibt sich somit eine andere wirksame Länge des Bitterlichstabes („Messschiene“).

Messvorgang

Zur Ermittlung von Grundflächen ist das jeweils untere Ende des Bitterlichstabes (mit der Maßstabsbeschriftung nach oben) derart unter ein Auge zu halten, dass die Entfernung des am oberen Ende des Bitterlichstabes befindlichen Metallplättchens vom Auge genau der wirksamen Länge gemäß dem gewählten Zählfaktor entspricht. Das Ende des Bitterlichstabes mit dem Metallplättchen zeigt hierbei in die Richtung der zu messenden Bäume. Das andere Auge ist zu schließen, damit keine perspektivischen Verzerrungen durch räumliches Sehen auftreten.

Der gesamte nachfolgend beschriebene Messvorgang ist von einem festen Standplatz ausgehend durchzuführen. Während einer Drehung um 360° wird über die Messschiene

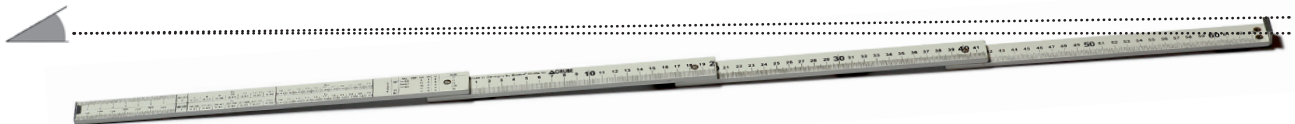
hinweg jeder Baum im Sichtfeld mit dem am oberen Ende des Bitterlichstabes befindlichen 1,9 cm breiten Metallplättchen in Brusthöhe angepeilt. Hierzu ist das obere Ende des Bitterlichstabes geeignet anzuheben bzw. abzusenken.

Jeder Baum, dessen Stamm in Brusthöhe breiter als das Metallplättchen erscheint, wird mit dem Betrag des vorgewählten Zählfaktors (1, 2 bzw. 4) gezählt. Schmäler erscheinende Bäume bleiben hingegen unberücksichtigt.

Weil durch perspektivische Abbildung die scheinbare Breite von Objekten im umgekehrten Verhältnis zu ihrer Entfernung abnimmt (Verringerung des Winkels zwischen den sichtbaren Außenkanten der Objekte), kann bei weit entfernt stehenden Bäumen eine Einzelprüfung gewöhnlich entfallen. Bereits nach wenigen praktischen Grundflächenmessungen mit dem Bitterlichstab lassen sich bei genauer Ansprache eines Einzelbaumes die eindeutig perspektivisch schmaler erscheinenden Bäume im umliegenden Sichtfeld identifizieren und somit ohne individuelle Begutachtung von der Zählung ausschließen. (Vgl. hierzu auch das Titelbild dieser Publikation.)

Beachtung verdienen jedoch weit entfernt stehende besonders dicke Bäume sowie sehr nahe stehende ungewöhnlich dünne Bäume. In diesen Fällen können aufgrund einer „Vorentzerrung“ während der Umsetzung der perspektivischen Wahrnehmung im Gehirn unbewusste Ansprachefehler (= „optische Täuschungen“) entstehen.

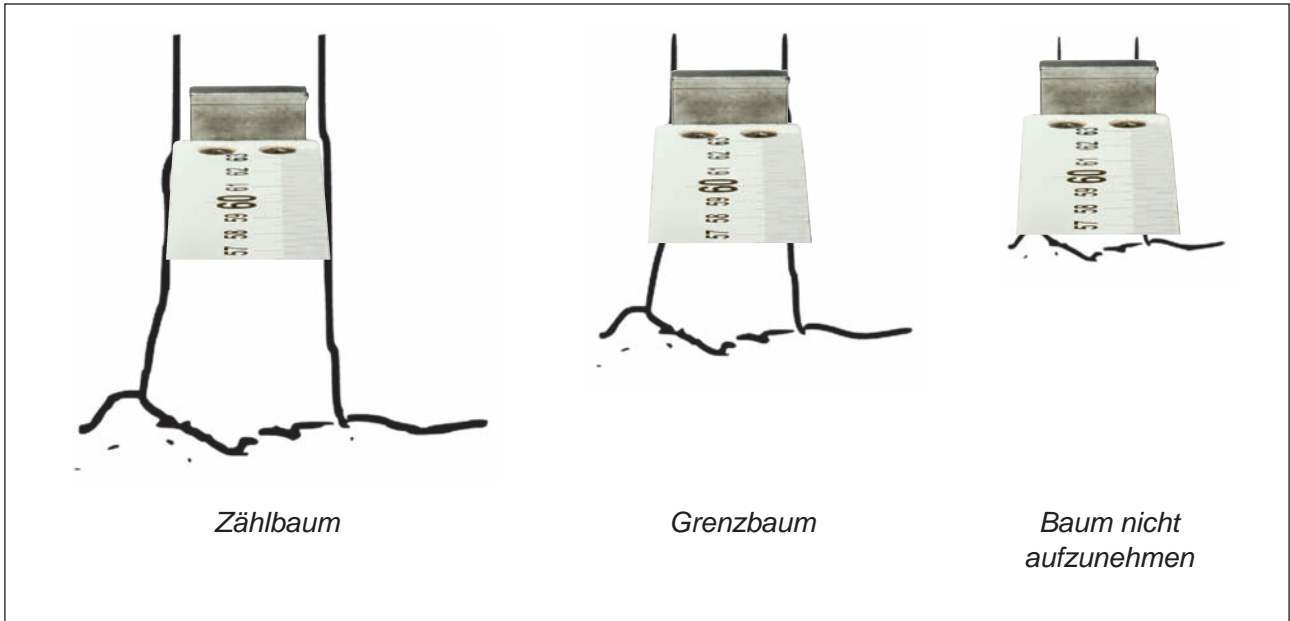
Bäume, deren perspektivisch abgebildeter Brusthöhendurchmesser bei der Messung



Peilung für die Grundflächenermittlung

Arbeitsschutzhinweis

Aus Gründen des Arbeitsschutzes sollte das untere Ende des Bitterlichstabes nie direkt vor das Auge, sondern stets einige Zentimeter nach unten sowie ggf. etwas seitlich versetzt gehalten werden (unterer Wangenbereich)!



Grenzbaumansprache bei der Winkelzählprobe

exakt der Breite des Metallplättchens entspricht, sind sogenannte „Grenzbäume“. Diese werden jeweils mit halbem Zählerfaktor (also ½, 1 bzw. 2 für die Zählerfaktoren 1, 2 bzw. 4) gezählt.

Anfänger tendieren dazu, sehr viele Grenzbäume anzusprechen. Durch sorgfältige Peilung und Fokussierung lässt sich bei konzentrierter Arbeit in vielen Fällen aber feststellen, dass der betreffende Baum vollständig zu zählen

Theoretische Winkelzählprobe

Nach einer Ableitung aus dem 2. Strahlensatz*) gilt für jeden Grenzbaum, dass das Verhältnis aus seinem Brusthöhendurchmesser zur Entfernung des Baumes vom Standplatz der Messung mit dem Verhältnis aus der Breite des Metallplättchens zur Entfernung des Metallplättchens vom Auge identisch ist.

Der als Gerätekonstante eingeführte „Zählerfaktor“ spiegelt Änderungen dieser Verhältniszahlen indirekt wider. Er repräsentiert das Verhältnis der Flächen, welche sich bei Interpretation der Breitenangaben als Durchmesser und der Entfernungsangaben als Radius je eines Kreises ergeben. Ein Verhältnis beider Kreisflächen von 1 : 10 000 wird als „Zählerfaktor 1“ definiert. Dies entspricht zugleich der Umrechnung zwischen den üblichen Einheiten der Baumkreisfläche (m²) und der Waldfläche (ha).

Als Grenzentfernungen ergeben sich aus dieser Betrachtung:

$$\text{Grenzentfernung} = \frac{100 * \text{BHD}}{2 * \sqrt{\text{Zählerfaktor}}} \rightarrow \begin{array}{l} \text{Zählerfaktor 1: } 50 * \text{ Brusthöhendurchmesser} \\ \text{Zählerfaktor 2: } \text{ca. } 35,4 * \text{ Brusthöhendurchmesser} \\ \text{Zählerfaktor 4: } 25 * \text{ Brusthöhendurchmesser} \end{array}$$

*) Werden zwei durch einen gemeinsamen Scheitelpunkt verlaufende Geraden von zwei nicht durch den Scheitelpunkt verlaufenden Parallelen geschnitten, dann stehen die Längen der zwischen den Geraden befindlichen Abschnitte auf den Parallelen im gleichen Verhältnis zueinander wie die zugehörigen Abstände zwischen dem Scheitelpunkt und den Schnittpunkten der Parallelen mit einer der beiden Geraden.

oder zu verwerfen ist. Exakte Ansprachen sind, sofern möglich, einer Zählung als Grenzbaum stets vorzuziehen. Für die genaue Zuordnung potenzieller Grenzbäume lässt sich einzelbaumweise eine exakte Prüfung durch Messung von Brusthöhendurchmesser und Entfernung zum Baum durchführen (sogenannte „theoretische Winkelzählprobe“).

Überschreitet nach Überprüfung eines Grenzbaumes seine tatsächliche Entfernung die Grenzentfernung gemäß der vorstehenden Beziehung, bleibt der Baum in der Winkelzählprobe unberücksichtigt. Unterschreitung der Grenzentfernung führt zur Zählung mit dem vollen Zählfaktor. Ausschließlich die exakte Übereinstimmung von tatsächlicher Entfernung und Grenzentfernung bewirkt eine Zählung mit dem halben Zählfaktor (= wirklicher Grenzbaum).

Bezugsgrundlage für die Entfernungsmessung sind die Lotrechte durch den Probekreismittelpunkt sowie die Lotrechte durch den unterstellten Kreisflächenmittelpunkt des Baumes in Brusthöhe. Bei nicht kreisrundem Baumquerschnitt wird Letztere in der praktischen Umsetzung stets nur näherungsweise

zu bestimmen sein. Am Baum ist die Entfernungsmessung somit immer seitlich bei halbem Brusthöhendurchmesser durchzuführen.

Winkelzählprobe im geneigten Gelände

Eine Besonderheit stellen Winkelzählproben im geneigten Gelände dar. Hier muss entweder einzelbaumweise während der Messung oder nachträglich für das Gesamtergebnis eine Projektion in die Ebene erfolgen. Bei „theoretischen Winkelzählproben“ wird hierfür üblicherweise die Distanz zu jedem Baum direkt als Horizontalentfernung bestimmt. In optischen Messgeräten für die Winkelzählprobe (z. B. Spiegelrelaskop) erfolgt die Hangkorrektur oft durch eine hangneigungsabhängige Veränderung des Sichtwinkels.

Bei der Winkelzählprobe mit dem vorliegenden Bitterlichstab ist hingegen nur eine pauschale nachträgliche Berichtigung der gemessenen Grundfläche sinnvoll umsetzbar. Durch Projektion hangparalleler Probekreise*) in die Horizontalebene entstehen Ellipsen mit in

Tabelle: Grundflächenzuschläge [m²] in Abhängigkeit von der Hangneigung

Hangneigung	Grundfläche laut Aufnahme am Hang [m ²]								
	5	10	15	20	25	30	35	40	45
20°							1	1	1
25°					1	1	1	1	1
30°			1	1	1	1	1	1	2
35°			1	1	1	1	2	2	2
40°		1	1	1	2	2	2	3	3
45°		1	1	2	2	2	3	3	4
50°	1	1	2	2	3	3	4	4	5
55°	1	1	2	3	3	4	4	5	6
60°	1	2	2	3	4	5	5	6	7

Quelle: Betriebliche Anweisung zur Forsteinrichtung des Landeswaldes im Land Brandenburg

*) Nach den geometrischen Gesetzmäßigkeiten der Winkelzählprobe ist für jeden Probepunkt eine Schar von Probekreisen zu betrachten, da sich für jeden (beobachteten oder theoretisch möglichen) Brusthöhendurchmesser aus dem konstanten Öffnungswinkel (vgl. „Zählfaktor“) des Messgerätes ein anderer Grenzradius ableitet. Dies entspricht einer zur Grundfläche proportionalen Baumauswahl.

Hangrichtung um den Kosinus des Hangneigungswinkels verkürzten Halbachsen. Als Korrekturfaktor für die Bezugsfläche ist somit der Kehrwert für den Kosinus des Hangneigungswinkels anzusetzen. Alternativ kann auch auf vorab rechnerisch abgeleitete Grundflächens schläge zurückgegriffen werden.

Die Anwendung pauschaler Hangkorrekturfaktoren bzw. Hangzuschlagswerte auf die (ggf. nach Baumarten, Schichtung o. ä. vorstratifizierte) Gesamtgrundfläche bedingt, dass für eine Überprüfung von Grenzbäumen immer die Schrägentfernung am Hang und nicht die Horizontalentfernung heranzuziehen ist.

Pauschale Hangkorrekturen

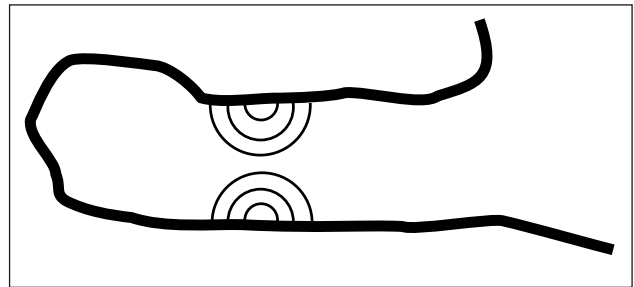
Pauschale Hangkorrekturen dienen einer Berichtigung der Repräsentanz der in einer Winkelzählprobe erfassten Bäume für die (stets auf die Ebene bezogene) Grundfläche je Hektar durch Reduktion der hangparallel liegenden Probekreisflächen auf die tatsächlich beprobten Ellipsenflächen in der Ebene. Ausklammerung einzelner Zähl- oder Grenzbäume aus der pauschalen Berichtigung würde demzufolge eine statistische Verzerrung des Ergebnisses bewirken.

Winkelzählprobe an Bestandesrändern oder anderen Grenzstrukturen

Korrekturen an den Ergebnissen einer Winkelzählprobe sind auch erforderlich, sofern innerhalb des Aufnahmebereiches*) Bestandesränder oder andere Grenzstrukturen auftreten. Das einfachste Verfahren zum Randausgleich beschränkt die Winkelzählprobe auf ein definiertes randfreies Kreissegment (Halbkreis, Viertelkreis o. ä.) und rechnet das Ergebnis anschließend auf den Vollkreis hoch. Seltene Strukturelemente werden hierbei durch mehr-

fache Berücksichtigung ggf. etwas überrepräsentiert.

Um dies zu umgehen, kann eine Winkelzählprobe auch in mehrere Kreissegment-Winkelzählproben zerlegt werden. Die Einzelaufnahmen dürfen sich nicht überlappen und müssen sich zum Vollkreis ergänzen.

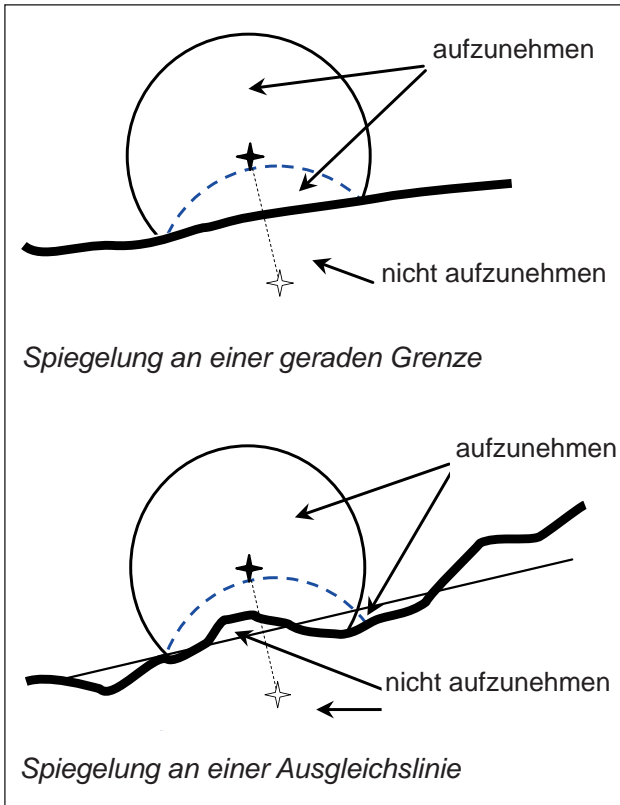


Winkelzählprobe mittels Teilmessungen

Bei Begehrbarkeit des Geländes auf der anderen Seite der Grenzlinie ist auch eine „Spiegelung“ der Winkelzählprobe möglich. Hierzu wird der reguläre Mittelpunkt der Winkelzählprobe lotrecht über die Grenzlinie gespiegelt. Bei unregelmäßigem Grenzverlauf erfolgt die Spiegelung an einer Ausgleichslinie, die für den Aufnahmebereich die Anteile der untersuchten Bestockung sowie der nicht aufzunehmenden Flächen zu gleichen Teilen „falsch“ zuordnet. Ausgehend vom gespiegelten Mittelpunkt ist eine ergänzende Winkelzählprobe durchzuführen. In beiden Messschritten sind stets alle Bäume zu zählen, welche zur aktuell zu untersuchenden Bestockung gehören. (Ausgleichslinien dienen ausschließlich als Spiegelungsachsen!)

Bei scharf abgewinkelten Grenzverläufen ist eine einfache direkte Spiegelung nicht möglich. Für einige ausgewählte Situationen sind allerdings Spiegelungen an zwei sich im Winkel schneidenden Grenzlinien praktisch umsetzbar.

*) Aufnahmebereich: Kreis mit einem Radius, der dem Grenzradius für den stärksten (aufgrund der Bestockungsstruktur theoretisch in der Grundflächenerhebung erfassbaren) Baum entspricht. Der Kreis ist bei Winkelzählproben mittels Bitterlichstab hangparallel und bei theoretischen Winkelzählproben an der Horizontalebene auszurichten.



Winkelzählprobe mit einfacher Spiegelung

Grenzlinie mit einem Winkel über 180°

Knickt eine Grenzlinie mit einem Winkel über 180° ab, ist einer der beiden Grenzlinienabschnitte aus dem Scheitelpunkt heraus als Aufnahmegrenze zu verlängern. Sowohl bei der Aufnahme ausgehend vom Messpunkt als auch bei der Spiegelung bleiben alle Bäume unberücksichtigt, die sich auf der vom

Messpunkt abgewandten Seite der Verlängerungslinie befinden. Sie bleiben auch dann unberücksichtigt, wenn sie eigentlich der zu untersuchenden Bestockung angehören.

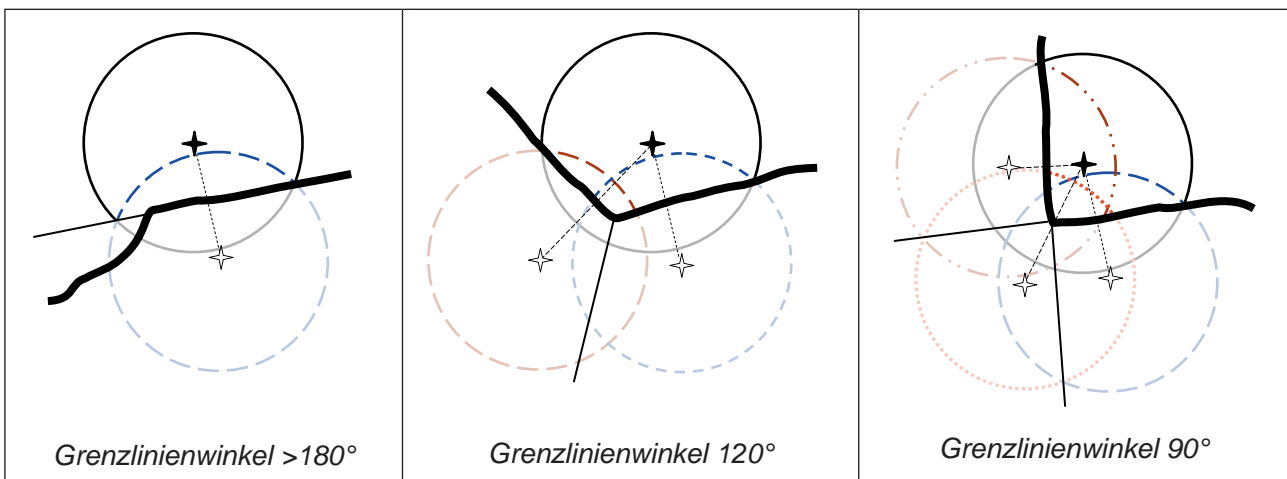
Grenzlinie mit einem Winkel von 120°

Bildet die Grenzlinie einen Winkel von 120°, ist über jeden der beiden Schenkel eine separate lotrechte Spiegelung durchzuführen. Für beide Spiegelungen endet die auf den ursprünglichen Aufnahmekreis zurück projizierte Aufnahmefläche exakt an der verlängerten Winkelhalbierenden des 240° betragenden Außenwinkels. Somit ergibt sich aus der Summe aller drei Teilmessungen als Bezugsfläche wieder der Vollkreis.

Grenzlinie mit einem Winkel von 90°

Entsprechend sind bei einem Grenzlinienwinkel von 90° drei Spiegelungen (in jedes der nicht zur untersuchten Bestockung gehörenden Segmente) erforderlich. Die dritte Spiegelung erfolgt hierbei durch den Scheitelpunkt des Winkels der Grenzlinie.

Andere Grenzlinienwinkel und sehr unregelmäßige Grenzverläufe erfordern anteilige Spiegelungen bzw. eine mehrfache Rückspiegelung von Anteilsflächen. Beides ist im Gelände nicht praktikabel umsetzbar. In derartigen Fällen ist anderen Methoden, z. B. der Erfassung von Kreissegmenten mit Hochrechnung auf den Vollkreis (s. o.) der Vorzug einzuräumen.



Winkelzählproben mit besonderen Spiegelungswinkeln

Auch wenn alle aufgeführten Spiegelungsvarianten im Grundsatz eine unverzerrte Schätzung für die Grundfläche am Messpunkt liefern, ergibt sich aus der bis zu vierfachen Aufnahme von Bäumen, dass seltene Strukturelemente ggf. überrepräsentiert werden. (Z. B. bei der Abbildung von Mischungsanteilen von Baumarten.)

Fehlerbetrachtung

Während durch Spiegelungen bedingte Repräsentationsfehler nach Festlegung der Versuchsanlage nicht mehr zu beeinflussen sind, lassen sich andere Fehlerquellen mit einer sorgfältigen Geländearbeit weitgehend eliminieren.

Systematisch negative Fehler entstehen bei der Grundflächenerhebung mittels Bitterlichstab, wenn zu zählende Bäume übersehen werden, da sie durch andere Bäume ganz oder teilweise verdeckt werden. Zur Überprüfung muss der feste Standplatz im Probekreismitelpunkt daher im Zweifelsfall seitlich so verlassen werden, dass die Entfernung auf den zu überprüfenden Baum unverändert bleibt. Nach Prüfung der Zuordnung dieses Baumes ist der feste Standplatz im Probekreismitelpunkt vor Fortführung der Aufnahme wieder einzunehmen. (Zur Sicherheit kann der Standplatz vor der Positionsänderung am Boden kurz markiert werden.)

Der sichtbare Durchmesser in Blickrichtung einer Winkelzählprobe mit Bitterlichstab wird

nur „hilfsweise“ für den Durchmesser herangezogen, welcher die Baumkreisfläche in Brusthöhe rechnerisch repräsentiert. Je höher die Anforderungen an eine Grundflächenaufnahme sind, desto intensiver sollten potenzielle Grenzbäume ausgewiesen und mittels „theoretischer Winkelzählprobe“ überprüft werden.

Es gilt jedoch zu beachten, dass alle forstüblichen Messverfahren selbst bei exakter Ausführung Abweichungen erzeugen:

- ungerichtet, z. B. bei einfacher Kluppung mit wechselnder Klupprichtung bzw. gutachtlicher Ansprache eines mittleren Durchmessers,
- statistisch gerichtet positiv, z. B. Kreuzkluppung,
- grundsätzlich positiv, z. B. Messung mit Umfangmaßband.

Da die gerichteten Abweichungen i. d. R. von geringem Betrag sind, findet bei hohen Genauigkeitsansprüchen die Messung mittels Umfangmaßband häufig vorrangige Berücksichtigung. Bei starker Spannrückigkeit ist eine gutachtliche Ansprache hingegen regelmäßig überlegen.

Sofern die Zuordnung von Grenzbäumen ausschließlich mittels Bitterlichstab erfolgt, sollte die Sichtprüfung vorzugsweise in jenem Bereich des Metallplättchens erfolgen, welcher sich unterhalb des Hakenrandes befindet, da der vorgezogene Hakenrand eine (marginale) perspektivische Verbreiterung des Sichtwinkels bewirkt.

Durchmessermessung

Zur Ermittlung von Durchmessern kommt der Bitterlichstab als Einschenkelkluppe zum Einsatz. Dies betrifft insbesondere den Brusthöhendurchmesser, welcher 1,3 Meter über dem Erdboden gemessen wird. Für Messungen an anderen Objekten (Äste, Totholzstücke usw.) sind die Handlungsschritte sinngemäß zu übertragen.

Zunächst wird das unterste Glied des Bitterlichstabes aufgeklappt, bis das Scharnier im rechten Winkel einrastet. Es entsteht der einzige Schenkel der Kluppe. Durch ein geringfügiges Spiel des Scharniers muss der Öffnungswinkel ggf. leicht (i. d. R. weniger als 2°) nachgeregelt werden, um die Rechtwinkligkeit möglichst exakt einzuhalten. – Ein rechter Winkel ist gegeben, wenn Parallelität zwischen dem Kluppschenkel und dem Nullstrich der Messskala hergestellt ist.

Damit zwischen Messobjekt und Messskala nur ein geringer Abstand verbleibt, empfiehlt es sich, den Kluppschenkel so aufzuklappen,

dass die Ablesung der Zahlen „über Kopf“ erfolgt.

Die oberen drei Glieder des Bitterlichstabes bilden die Messschiene der Einschenkelkluppe. Sie enthalten eine metrische Millimeterteilung sowie Zentimeterbeschriftung. Die Stufen für volle 0,5 cm, 1 cm und 10 cm sind mittels Strichlänge sowie im Falle der vollen Dezimeterstufen über die Beschriftungsgröße kenntlich gemacht.

Bei der Messung von Durchmessern bis 20 cm können die oberen beiden Glieder des Bitterlichstabes eingeklappt bleiben, bei Messungen über 20 cm bis 41 cm nur das oberste Glied. Da das Metallplättchen am oberen Ende des Bitterlichstabes bei ausschließlich eingeklapptem oberstem Segment Spannungen erzeugt, empfiehlt es sich jedoch, die drei oberen Glieder des Bitterlichstabes bei Durchmesser-messungen ab 20 cm stets vollständig aufzuklappen.



Ermittlung des Brusthöhendurchmessers



Blickrichtung bei der Durchmesserbestimmung

Für die Ablesung auf der Messschiene werden Schenkel und Messschiene der Kluppe bündig an den Schaft des Baumes angelegt. Die Messschiene muss hierbei zwingend einen rechten Winkel mit der Baum längsachse bilden. Selbst geringfügige Abweichungen ziehen eine systematische Überschätzung des Durchmessers nach sich.

Der tatsächliche Berührungspunkt des Kluppschenkels mit dem Stammmantel muss der gewünschten Messhöhe entsprechen. Zudem darf weder (durch lockeres Anlegen) ein Abstand zwischen Stammmantel und Kluppschenkel verbleiben noch ein starker Andruck den rechten Winkel zur Messschiene aufheben.

Zur Durchmesserablesung auf der Messschiene ist parallel zum Kluppschenkel derjenige Punkt auf dem Stammmantel anzupeilen, welchen in Messhöhe ein physisch vorhandener zweiter Kluppschenkel treffen würde. Der Standplatz ist zur Vermeidung von Fehlablesungen (v. a. bei dicken Bäumen) so zu wählen, dass die Verlängerung des gedachten zweiten Kluppschenkels die Längsachse des eigenen Körpers trifft.

Da paralleles Ablesen etwas Übung erfordert, bietet es sich in der Anfangsphase an, den zweiten Kluppschenkel durch einen geeigneten Gegenstand mit rechten Winkeln (z. B. ein Klemmbrett, welches zur Datenaufzeichnung mitgeführt wird) nachzubilden. Allerdings sollte dieses Vorgehen ausschließlich zur Kontrolle vorab ohne Hilfsmittel erhobener Werte dienen, damit sich im Laufe der Zeit ein Trainingseffekt einstellt.

Mit einfachem Anlegen der Einschenkelkluppe lassen sich Durchmesser bis 63 cm unmit-

telbar ablesen. Bereits bei Durchmessern ab etwa 56 cm ist der Kluppschenkel allerdings zu kurz, um den Messpunkt am Stammmantel zu treffen. In diesen Fällen erfolgt auch für den eigentlich vorhandenen Kluppschenkel das „Anlegen“ durch eine Peilung.

Durchmesser bis 126 cm lassen sich durch zweimaliges Anlegen der Einschenkelkluppe bestimmen. Der Endpunkt der ersten Teilmessung ist auf dem Stammmantel gedanklich zu vermerken bzw. kenntlich zu machen (Rindenstruktur, Kreidestrich, ...). Besonders robust gegen Folgefehler sind runde Werte, z. B. 50 cm. Vor der zweiten Teilmessung wird der Kluppschenkel in Bezug zur Messschiene um 180° gedreht; die Ausrichtung der Zahlen auf der Messschiene entspricht bei der Messung dann der normalen Leserichtung. Auf Drehung des Kluppschenkels sollte nur verzichtet werden, sofern eine Ablesung „von unten“ (z. B. bei der Durchmessererfassung an liegendem Holz) problemlos möglich ist.

Während der zweiten Teilmessung soll die Messschiene eine möglichst exakte Verlängerung ihrer Ausrichtung bei der ersten Messung bilden und der Kluppschenkel (parallel zu seiner Lage bei der ersten Teilmessung) in seiner Verlängerung genau jenen Punkt am Stammmantel treffen, welcher im Stammquerschnitt der ersten Teilmessung gegenüberliegt. Am Endpunkt der ersten Teilmessung wird nun die zweite Teilmessung vorgenommen. Der gesuchte Durchmesser ergibt sich aus der Addition beider Einzelmesswerte.

Messungen von Durchmessern über 126 cm sind mit dem Bitterlichstab durch mehrfaches Anlegen grundsätzlich möglich, prinzipbedingt jedoch ungenau.



Bitterlichstab als Einschenkelkluppe

Entfernungsmessung

Auf der Rückseite eines vollständig aufgeklappten Bitterlichstabes sind 5 schwarze Markierungen auf weißem Untergrund zu sehen. Diese ermöglichen in Verbindung mit einem Doppelspatprisma (=Kalkspatprisma), wie es z. B. in viele Baumhöhenmesser nach Blume-Leiss integriert ist, die optische Bestimmung mehrerer fester Entfernungen. Hierfür wird der Bitterlichstab senkrecht an das Objekt angehängt, zu welchem die Entfernung bestimmt werden soll. Besonders an grobborkigen Bäumen lässt sich das am oberen Ende des Bitterlichstabes befindliche, vorstehende Metallplättchen mit Hakenrand in Rindenspalten einklemmen. Alternativ eignen sich auch kleine Aststummel o. ä. zum Anhängen des Bitterlichstabes.

Mittels Schrittmaß sollte nachfolgend eine Position eingenommen werden, die der zu bestimmenden Entfernung bereits annähernd entspricht. Dies verringert die Gefahr von Ablesefehlern erheblich.

Zur Vermeidung von Blendeffekten ist darauf zu achten, dass sich die Sonne möglichst nicht in Verlängerung der Blickrichtung auf das zu messende Objekt befindet. Der beste Kontrast ergibt sich vielmehr mit der Sonne im Rücken. Da die Entfernungsbestimmung gewöhnlich mit einer anderen Messung (i. d. R. der Baumhöhe) gekoppelt ist, sind regelmäßig weitere Gesichtspunkte, wie Sichtbarkeit des Baumwipfels, ggf. Neigungsrichtung des Schaftes usw. in die Entscheidungsfindung zur Messrichtung einzubeziehen.

Beim Blick durch ein Doppelspatprisma sind zwei horizontal und vertikal versetzte Abbildungen des vorgelagerten Gebietes erkennbar, die sich zu einem gemeinsamen Bild überlagern. Für eine gegebene Entfernung ist dabei der Betrag des Versatzes beider Abbildungen konstant.

Bei einer Drehung des Doppelspatprismas bewegt sich jeder identische Punkt beider Abbildungen kreisförmig um einen gemeinsamen Mittelpunkt. Im Abstand von je 90° führt die Drehbewegung dazu, dass entweder die horizontale oder die vertikale Komponente des

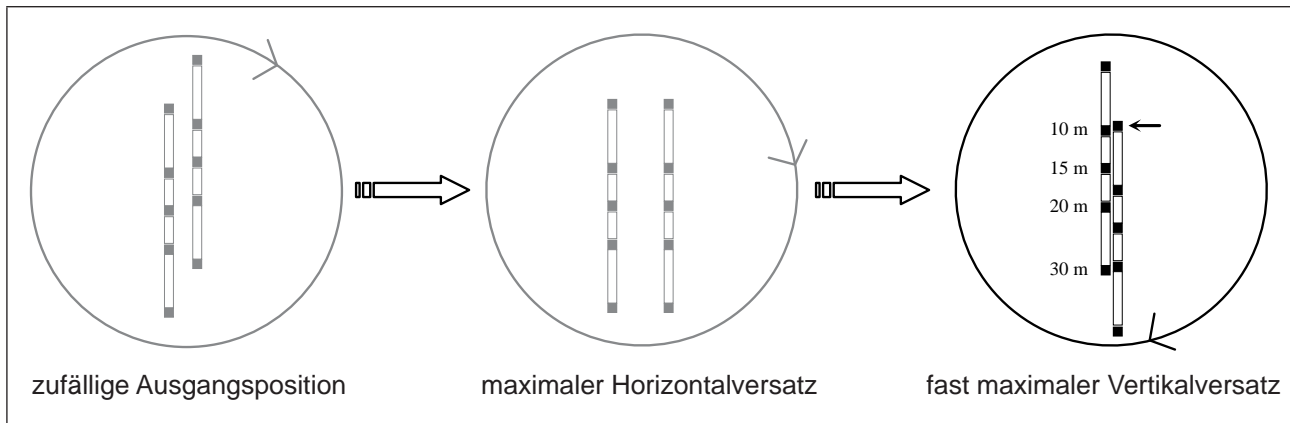


Optische Entfernungsbestimmung

Versatzvektors der Abbildungen gegen Null geht, während die jeweils andere Komponente des Versatzvektors maximal wird. Kurz bevor kein horizontaler Versatz der Abbilder mehr erkennbar ist, entspricht bei senkrecht angebrachtem Bitterlichstab der vertikale Versatz bereits annähernd dem Gesamtversatz, welcher für die Entfernungsbestimmung maßgeblich ist.

Annäherung an den Bitterlichstab führt zur Verringerung des vertikalen Versatzes der Stababbilder, Vergrößerung der Entfernung zum Bitterlichstab erhöht den Versatz.

Die Messposition ist so lange zu verändern, bis die oberste schwarze Markierung des niedriger dargestellten Stababbildes mit einer anderen schwarzen Markierung des höher dargestellten Stababbildes zur vollständigen Deckung gelangt. Nach jeder Änderung der Standposition sollte das Prisma mehrmals kurz



Messprinzip für die optische Entfernungsmessung

in beiden Richtungen über den Deckungspunkt gedreht werden, um über den tatsächlich erreichten Grad der Deckung Sicherheit zu erlangen.

Arbeitsschutzhinweis

Für die Gewährleistung des Arbeitsschutzes sind die Geländeverhältnisse bei jeder Veränderung der Messposition bewusst zu berücksichtigen. Rückwärtsgehen mit gleichzeitiger Messung ist wegen der erhöhten Sturzgefahr zu vermeiden. Vielmehr sollte bei Bedarf die Entfernung im Vorwärtsgang „überschießend“ vergrößert werden. Die Feinregulierung der Entfernung kann damit anschließend bei gleichzeitiger Messung ebenfalls im Vorwärtsgang erfolgen.

Bei der Darstellung im Doppelspatprisma entspricht eine Deckung des obersten Markierungsstreifens vom niedrigeren Stababbild mit

der zweiten bis fünften (= untersten) Markierung des höheren Stababbildes den Entfernungen zum Bitterlichstab von 10 m | 15 m | 20 m | 30 m. Eine Deckung der obersten Markierung ist nicht praxisrelevant, da diese Situation der Entfernung 0 m entsprechen würde. Die korrespondierenden Abstände der Markierungen auf dem Bitterlichstab betragen ausgehend von der obersten Markierung 30 cm | 45 cm | 60 cm | 90 cm von Oberkante zu Oberkante sowie von Unterkante zu Unterkante der Markierungen*).

Durch das vorherige Abschreiten ist es üblicherweise nur noch nötig, die Entfernung zum Messobjekt geringfügig zu verändern, um eine Angleichung an die gewünschte Markierung zu erzielen. Nicht immer lässt sich jede Markierung gleichermaßen gut erkennen. Laub, Zweige, markante Rindenflächen o. ä. überlagern insbesondere bei Windbewegung oft einzelne Markierungen. Zudem wird jedes Einzelobjekt durch das Prisma doppelt abgebildet. Diese Störeinflüsse können ohne vorheriges Abschreiten leicht Ablesefehler erzeugen.

*) Eventuell fehlerhaft gekennzeichnete Messmarken (prüfen!) sollten vor dem ersten Einsatz des Bitterlichstabes mit wasserfester weißer und schwarzer Farbe korrigiert werden.

Höhen- bzw. Längenmessung kleiner Objekte

Der Bitterlichstab lässt sich (mit Einschränkungen) zur Höhen- bzw. Längenmessung wie ein Gliedermaßstab einsetzen. Je nach Ansatzpunkt der Messung ist dabei ggf. ein gerätebedingter Versatzbetrag zu berücksichtigen.

Bei Faltung als Einschenkelkluppe müssen z. B. für eine Höhenmessung von Jungpflanzen die Breite des Kluppschenkels von ca. 2,5 cm sowie bei hartem Untergrund der zusätzliche Überstand des zweituntersten Gliedes von weiteren 0,5 cm addiert werden. Bei voll aus-

geklapptem Bitterlichstab ist jeder Messwert um 30,8 cm (Länge des untersten Gliedes abzüglich Überlappung mit dem zweituntersten Glied) zu erhöhen.

Hilfreich ist unter Umständen auch eine Kenntnis der Gesamtlänge (Holzteil) des Bitterlichstabes von 95 cm. Mittels mehrfachen Anlegens und nachfolgender Berücksichtigung eines Abschlages von 5 cm je gemessenem „Meter“ lassen sich auch größere Längen schnell abschätzen.



Höhenmessung an einer Verjüngungspflanze



Längenmessung über mehrfaches Anlegen

Informationssammlung

Das unterste Glied des Bitterlichstabes enthält diverse unterstützende Informationen für Waldinventuren. Die nachfolgenden Richtungsangaben beziehen sich auf eine Betrachtung der Informationen aus normaler Leserichtung.

Im linken Bereich befinden sich zwei Maßstabsteilungen zum Abgreifen von Entfernungsangaben auf Karten. Die untere Skala enthält Meterteilungen für den Maßstab 1 : 5 000, die obere eine normale metrische Zentimeterteilung. Als Ergänzung zur gleichartigen Teilung auf den oberen drei Gliedern des Bitterlichstabes ermöglicht letztere auch Messungen bei zusammengefaltetem Instrument.

Der mittlere Bereich listet vom Brusthöhendurchmesser abhängige typische Formzahlen für die Hauptbaumarten Kiefer, Fichte, Buche und Eiche auf. Multipliziert mit Brusthöhenkreisfläche und Höhe eines Baumes ergibt sich ein Anhaltswert für das Einzelbaumvolumen; multipliziert mit dem Grundflächenanteil einer Baumart und der zugehörigen Höhe des Grundflächenmittelstammes ergibt sich ein Überschlag für den Hektarvorrat dieser Baumart.

Vorrang lokal abgeleiteter Formzahlen

Formzahlen sind von verschiedenen Einflussgrößen (v. a. der langfristigen Ausprägung von Schlussgradhaltung und Mischungsverhältnissen im Bestand) abhängig. Sofern für die örtlichen Verhältnisse abgeleitete Formzahlen bekannt sind, sollten diese bevorzugt gegenüber den Werten auf dem Bitterlichstab zum Einsatz gelangen.

Der rechte Bereich der Informationssammlung enthält eine tabellarische Darstellung des empfohlenen Umfangs an Grundflächen-, Höhen-, und Durchmessermessungen je Bestand. Nach statistischen Untersuchungen aus den 60er bis 80er Jahren des 20. Jahrhunderts lassen diese für eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % bei normal sorgfältiger Arbeitsweise erwarten, einen Vertrauensbereich für die Grundfläche in Verjüngungsnutzungsbeständen („EN“ = „Endnutzung“) von $\pm 12\%$ und in Vornutzungsbeständen („VN“) von $\pm 18\%$ einzuhalten. Für die Höhe des Grundflächenmittelstammes („H“) zielt der empfohlene Messumfang auf einen Vertrauensbereich von $\pm 10\%$ und für den Brusthöhendurchmesser („BHD“) von $\pm 20\%$ ab.

Der vergleichsweise breite Vertrauensbereich für den Brusthöhendurchmesser liegt einerseits in einer hohen Streuung des Durchmessers bei mittleren Bestockungsverhältnissen und andererseits im vorrangig „informativen“ Charakter dieses Merkmals begründet. (Vorräte werden direkt aus Grundflächen und Höhen berechnet.)

Sofern keine systematischen Fehler bei der Messung auftreten, ergibt sich (nach den Gesetzen der Fehlerfortpflanzung für zufällige Fehler) mit zunehmender Aggregation (Teilfläche, Abteilung, ..., Forstbetrieb) die Erwartung, dass der Vertrauensbereich sowohl für die Einzelmerkmale als auch für abgeleitete Merkmale wie den Vorrat immer enger wird sowie bei unveränderter Irrtumswahrscheinlichkeit spätestens auf Revierebene deutlich unter 10 % fällt.

Literatur

- BITTERLICH, W. (1984): The Relascope Idea. Commonwealth Agricultural Bureaux; Slough, England.
- EHRlich, P. (1961): Untersuchungen über die Genauigkeit der Vorratsschätzung mit Hilfe des in der Praxis der Forsteinrichtung der DDR angewendeten Bitterlich-Stabes und des Bernt'schen Gerätes. [Dipl.]; Tharandt.
- KANGAS, A.; MALTAMO, M. (2009): Forest Inventory. Springer; Dordrecht, The Netherlands.
- KRAMER, H.; AKÇA, A. (1985): Leitfaden zur Waldmeßlehre. 3., erw. Aufl. Sauerländer; Frankfurt a.M.
- KÜHNS, W. (1982): Rationalisierung der teilflächenweisen Inventur unter besonderer Beachtung der Grundflächeninventur mit unterschiedlichen Zählfaktoren. [Dipl.]; Tharandt.
- LANDESBETRIEB FORST BRANDENBURG (2013): Betriebliche Anweisung zur Forsteinrichtung des Landeswaldes im Land Brandenburg. Potsdam.
- ULBRICHT, R. (1984): Bestockungsinventur in der Forsteinrichtung der DDR. [Diss. A]; Tharandt.
- ZÖHRER, F. (1980): Forstinventur. Parey; Hamburg und Berlin.

**Landesbetrieb
Forst Brandenburg**

Zeppelinstraße 136
14471 Potsdam
Telefon: 03 31/9 79 29-3 01
Fax: 03 31/9 79 29-3 90
E-Mail: betriebszentrale@lfb.brandenburg.de

Landeskompetenzzentrum Forst Eberswalde

Alfred-Möller-Straße 1
16225 Eberswalde
Telefon: 0 33 34/27 59-100
Fax: 0 33 34/27 59-206
E-Mail: lfe@lfe-e.brandenburg.de