

# SPIEGEL-RELASKOP

Metrisch Standard und Metrisch CP

nach Dr. W. Bitterlich



© Relaskop-Technik  
Vertriebsges.m.b.H.  
Salzburg/Austria

Alle Abbildungen sind im getrennten Heft „Handbuch 2. Teil nachzuschlagen

## Inhaltsverzeichnis

<b>Allgemeines über Relaskope</b>	1
<b>Grundlagen der Winkelzählprobe (WZP)</b>	3
1. Die Zählbedingung	3
2. Zählfaktor (k), Zählbreite (Zb), Relaskopeinheit (RE), Distanz Faktor (Df)	4
3. Behandlung von Grenzstämmen	5
4. Ableitung der Stammzahlen pro Hektar (St/ha)	6
<b>Beschreibung des Spiegel-Relaskops und seiner Handhabung</b>	6
<b>Beschreibung der Skalen</b>	8
1. Metrisch Standard	8
2. Metrisch CP	9
<b>Die Messfunktionen und deren Anwendung</b>	9
1. Kreisflächenbestimmung durch Winkelzählprobe (B-Messung)	9
1.1. Für schnelle Waldschätzungen	10
1.2. Für geplante Stichprobeverfahren	11
1.2.1. Wahl der Zählfaktoren	11
1.2.2. Anordnung der Stichprobenpunkte	12
1.3. Indirekte B-Messung zur Deckpunkthöhe	13
2. Abstandmessung (a-Messung) mit Spiegel-Relaskopen	15
2.1. Mit Horizontal Basis	15
2.2. Mit Vertikal Basis	15
3. Höhenmessungen (h-Messung)	17
4. Oberer Stammdurchmesser (d-Messung)	18
5. Schlankheitsgrad (h/d Messung)	19
6. Formhöhen und Volumen nach Preßler	19
7. Dreipunktmessung mit Feineinstellung	21
<b>Beschreibung der Feineinstellung auf Neigekopf für Präzisionsmessungen</b>	22
<b>Skalenbeleuchtung als Zusatzlicht für das Spiegel-Relaskop</b>	23

## Allgemeines über Relaskope

Das Spiegel-Relaskop, seit 1955 ohne Änderung der Grundkonstruktion gebaut, erfüllt seitdem in weltweiter Bewährung alle Ansprüche, die an ein universelles forsttechnisches Handinstrument gestellt werden können. Anlass für die Konstruktion der Relaskope war die Entdeckung der **Winkelzählprobe (WPZ)** 1947, eines **optischen Stichprobeverfahrens zur raschen Bestimmung der Kreisflächendichte** in Wäldern durch **bloße Zählung**. Unabhängig von der jeweiligen Visurneigung im Gelände kann diese in „Quadratmeter pro Hektar“ ausgedrückte Dichtezahl entweder in Brusthöhe (1,3 m über dem Boden) oder auch in anderen Messhöhen mittels der Relaskope einfach gefunden werden, weshalb diese am meisten in Verbindung mit der WPZ bekannt geworden sind, welche ihrerseits die Grundlage zur Bestimmung des je Hektar stockenden Holzvolumens darstellt. Daneben haben die Relaskope jedoch noch eine ganze Reihe anderer Anwendungsmöglichkeiten für Praxis und Wissenschaft, wie zum Beispiel:

- Bestimmung horizontaler Distanzen unter beliebiger Visurneigung
- Messung einzelner Baumhöhen oder Höhen von Baumquerschnitten
- Bestimmung oberer Stammdurchmesser in beliebigen Höhen
- Rasche Ermittlung des Schlankheitsgrades stehender Stämme
- Formhöhen- und Volumsbestimmung an stehenden Bäumen nach Preßler
- Verwendung als Gefällsmesser

### Besonders entscheidend für die Praxis:

- Die Relaskope sind Ausgangspunkt zur „**Variablen Probekreistechnik**“ mit den besonderen Vorteilen einer „**kreisflächengewogenen Probestammauslese**“ (auch für die Auswahl von Beobachtungsbäumen für allgemeine Waldschäden und sonstige Erhebungen bestens geeignet!), wozu auch die von der WPZ-Stämmen repräsentierten Stammzahlen je Hektar abgeleitet werden können.

Für Wissenschaft und Versuchswesen kommen weiterhin in Betracht:

- Bestimmung der Bestandesmittelhöhe nach Hirata
- Relaskopische Probeflächen nach Strand
- Verfahren nach Minowa-Strand und nach Minowa, sowie nach Ueno.

Während die optisch-mechanische Funktion für alle Spiegel-Relaskope gleich ist, kommen sie je nach Benützungsschwerpunkt in vier verschiedenen Skalentypen zur Ausführung und zwar:

### MS - Metrisch Standard

### WS - Breitskala (wide scale)

### CP - Metrisch CP

### AS - Amerikanische Skala

**Metrisch Standard**, früher als metrische Skala bezeichnet, eignet sich besonders für Waldverhältnisse gemäßiger Klimazonen mit Baumdurchmessern bis zu 0,8 m und für Gebiete, in denen Baumhöhenmessungen aus Standardentfernungen von 15, 20, 25 oder 30 m in die Praxis eingeführt sind.

**Breitskala**, auch Urwaldskala genannt, ist als Spezialskala für die Messung großer Baumquerschnitte in verschiedenen Höhen, für Ausführung der Winkelzählprobe mit großen Zählfaktoren und für einfache Vermessung- und Trassierarbeiten entwickelt worden.

**Metrisch CP** verbindet die Funktionen von MS mit WS und ist daher überaus vielseitig in ihren Verwendungsmöglichkeiten.

Die **Amerikanische Skala** hat zu MS analoge Funktionen, jedoch erfolgen die Messungen in amerikanischen Forstmaßen (feet und inches).

Im vorliegenden Handbuch werden die optisch-mechanische Funktion und die Arbeitsweisen mit den Spiegel-Relaskopen ausführlich beschrieben, außerdem die Skalen von MS und CP. Ausführliche Beschreibungen für WS und AS stehen auf Anfrage zur Verfügung bzw. werden zu den jeweiligen Instrumenten mitgeliefert.

Eine Beschreibung einer speziell entwickelten **Feineinstellung auf Neigeköpfen** für **Präzisionsmessungen** folgt am Schluss des Handbuches.

Über Entwicklung, Theorie, Methoden u.s.w. siehe auch das Sammelwerk „**The Relascope Idea**“ von Dr. W. Bitterlich. Eine gute Zusammenfassung aller relevanten Methoden mit einem **sehr guten Praxisbezug**, siehe auch Kim Iles „**A Sampler of Inventory Topics**“ (ISBN 0-9732198-0-7). Beide sind in englischer Sprache erschienen und können über die Relaskop-Technik Vertriebsges.m.b.H. erworben werden.

# Grundlagen der Winkelzählprobe (WZP)

## 1. Die Zählbedingung

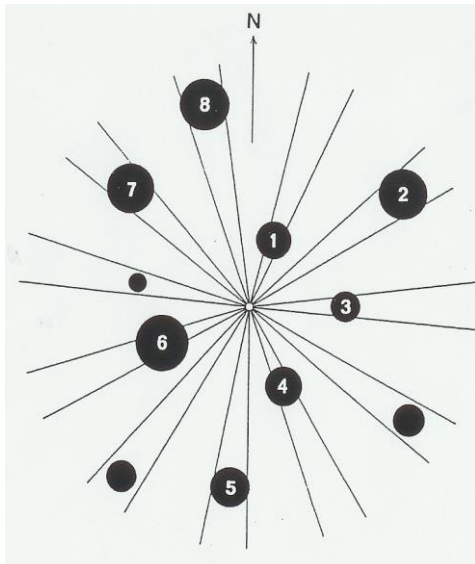
Die **Winkelzählprobe (WZP)** ergibt durch die Auslese-zählung aller jener Stammquerschnitte, welche von einem Punkt im Wald aus **breiter** als ein vorgegebener Gesichtswinkel erscheinen, ein unmittelbares Maß für die relative Stammkreisfläche, ausgedrückt in Quadratmeter pro Hektar. Dies beruht auf dem Strahlensatz, wonach ein beobachteter Stammdurchmesser **d** nur dann breiter als das vorgegebene Winkelmaß erscheinen kann, wenn er näher als die so genannte Grenzdistanz **R** liegt, welche ihrerseits ein konstantes Vielfaches von **d** ist. Verwenden wir beispielsweise einen Gesichtswinkel der Proportionen  $d : R = 1 : 50$ , so können wir von jedem durch die WZP erfassten Stammquerschnitt (seine Kreisform vorausgesetzt) sagen, dass er innerhalb eines „Grenzkreises“ liegt, dessen Durchmesser  $2R = 100d$  und dessen Fläche sonach 10.000fach größer ist als die zugehörige Querschnittsfläche. Jeder solcherart gefundene Baumquerschnitt repräsentiert demnach  $1/10.000$  Kreisflächendichte, also  $1m^2/ha$ , so dass die im vollen Umkreis durch **WZP** erfasste Stammzahl **z** unmittelbar die relative Kreisfläche **G** in  $m^2/ha$  bedeutet. Bei Zählwinkeln anderer Proportion muss **z** zuvor mit dem Zählfaktor **k** multipliziert werden, um **G** in  $m^2/ha$  zu erhalten. Für die WZP gilt sonach die allgemeine Formel:

$$G \text{ (in } m^2/ha) = z \cdot k \quad (1)$$

und die Zählbedingung lautet, wenn unter **a** die Horizontalabstand des Mittelpunktes eines beobachteten Stammesquerschnittes vom Beobachtungspunkt verstanden wird,

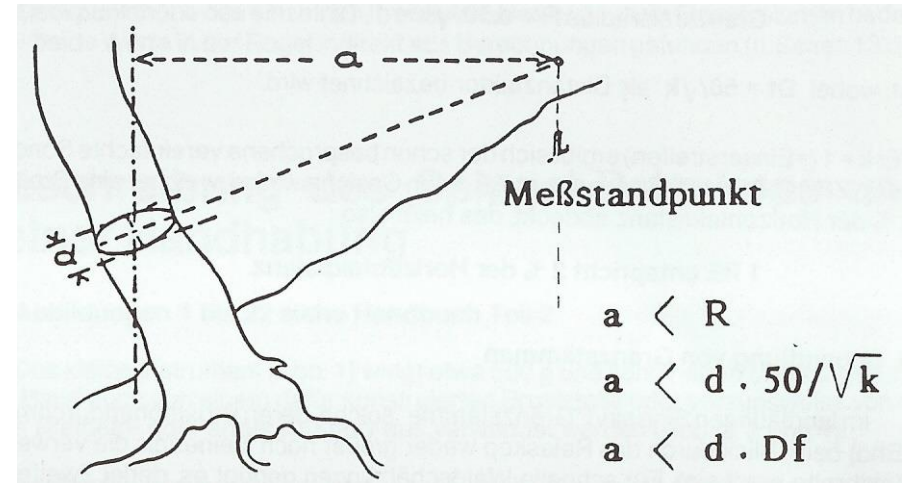
$$a < R \quad (2)$$

Das Diagramm einer vollständigen WZP kann zum Beispiel folgendermaßen aussehen: ausgehend von der Nordrichtung wurden rechtsdrehend 8 Kreisflächen gezählt, welche über das vorgegebene Winkelmaß hinausragen. Nachdem in der Zeichnung die Winkelproportion  $d : R = 1 : 50$  beträgt (der Anschaulichkeit halber sind die Durchmesser im 10-fach vergrößerten Maßstab) verhalten sich die schwarzen



Kreisflächen zu ihren Grenzkreisflächen je wie  $(1/100)^2$  und wir haben, bezogen auf den Messpunkt, eine Kreisflächendichte von  $8/10.000$  beziehungsweise von  $8 m^2/ha$ .

Die Zählbedingung an einem schief stehenden Baum hinsichtlich dessen Brusthöhenquerschnittes stellt sich folgendermaßen dar:



Hier ist zu beobachten, dass im Fall einer so genannten Grenzstammkontrolle zur richtigen Bestimmung des Horizontalabstandes **a** vom Messstandpunkt durch den Mittelpunkt des beobachteten Querschnittes eine senkrechte Achse (strichpunktiert) zu denken ist. Als Durchmesser **d** des beobachteten Querschnittes gilt der vom Messstandpunkt aus zu sehende.

## 2. Zählfaktor (k), Zählbreite (Zb), Relaskopeinheit (RE), Distanzfaktor (Df)

Der Zählfaktor **k** ist bei Vollkreis-zählung das Verhältnis einer Stammkreisfläche in Quadratmeter zu ihrer Grenzkreisfläche in Hektar:

$$k \text{ (in } m^2/ha) = (\pi d^2/4) / (\pi R^2/10^4) = (50d/R)^2 \quad (3)$$

wobei **d** und **R** in derselben Einheit (z.B. in Meter) gemessen sind. Unter dieser Voraussetzung gilt die sich für **k** ergebende Schlüsselzahl gleichzeitig auch für die

in den Relaskopen bereitgestellten Zählbreiten. Wird die WPZ hingegen nicht in Vollkreisen, sondern (wie zum Beispiel auf steilen Waldhängen) nur in Halbkreisen ausgeführt, so verdoppelt sich der Zährefaktor und es gilt in einem solchen Fall, dass  $k = Z_b \cdot 2$  ist.

Die **Zählbreite des Einserstreifens** wird in den Relaskopen als so genannte **Relaskopeinheit (RE)** verwendet, da eine beliebige Anzahl  $n$  solcher Breitereinheiten zu der sehr vereinfachten Formel

$$k \text{ (in m}^2/\text{ha)} = n^2 \quad (4)$$

führt, wobei  $n$  auch jede beliebige gebrochene Zahl sein kann.

Aus Gleichung (3) geht hervor, dass der

$$\text{Grenzkreisradius } R = d \cdot 50/\sqrt{k} = d \cdot D_f \quad (5)$$

ist, wobei  $D_f = 50/\sqrt{k}$  als **Distanzfaktor** bezeichnet wird.

Für  $k = 1$  (= Einserstreifen) ergibt sich der schon besprochene vereinfachte Sonderfall zur WZP mit  $DF = 50$ . Hier beträgt **1RE** jenen Gesichtswinkel, welcher eine Breite von 2% der Horizontalabstand abdeckt, das heißt also

**1 RE entspricht 2% der Horizontalabstand**

### 3. Behandlung von Grenzstämmen

Im landläufigen Sinn sind „Grenzstämmen“ solche, deren Brusthöhendurchmesser (Bhd) beim Blick durch das Relaskop weder größer noch kleiner als die verwendete Zählbreite erscheint. Für schnelle Waldschätzungen genügt es, derlei Zweifelsfälle mit „0,5“ in die Zählung aufzunehmen, oder vereinfacht, nur jeden zweiten Grenzfall zu zählen. Bei **geplanten Stichprobenverfahren** ist es hingegen notwendig, im Zweifelsfall die Erfüllung oder Nichterfüllung der Zählbedingung durch eine zusätzliche Abstandsmessung (mit Messband oder optisch) zu überprüfen. Dabei muss sich das der Zählbreite entsprechende Vielfache des Bhd größer ergeben, als der Horizontalabstand Beobachter – Stammachse, damit der fragliche Stamm noch gezählt werden kann, wie zum Beispiel:  $Z_b 4, D_f 25, Bhd 36$  cm, daher  $R = 36 \times 25 = 900$  cm; Messbandkontrolle ergibt 897 cm und Stamm fällt daher noch in die Zählung.

Bei Großrauminventuren wird der Prüfbereich für Grenzstämmen nicht selten bedeutend erweitert, um damit gleichzeitig Abweichungen und Baumquerschnitte von der Kreisform erfassen und daraus hervorgehende Fehler korrigieren zu können. Diesem Zweck dienen auch die Punktemarken längs der Zählbänder im Spiegel-Relaskop Metrisch CP. Mehr darüber siehe in Heft 19 der FOB-Schriftreihe und im Buch „The Relascope Idea“.

### 4. Ableitung der Stammzahlen pro Hektar (St/ha)

Da jeder durch WZP erfasste Stamm so viele Quadratmeter Kreisfläche pro Hektar repräsentiert als dem verwendeten Zährefaktor  $k$  entspricht, muss er am Hektar in so großer Stückzahl vorhanden sein, als seine eigene Kreisfläche  $g_i$  in  $k$  enthalten ist:

$$n_i = k/g_i$$

Wurden insgesamt  $z$  Stämme von einer Winkelzählprobe erfasst, so ergibt sich

$$\text{St/ha} = k/g_1 + k/g_2 + \dots + k/g_z \quad (6)$$

Anzumerken ist hier noch, dass sich bei der Volumsstichprobe nach **Kitamura** bzw. **Kim Iles** die Stammzahlen je Hektar aus der Summe aller  $n_i = k \cdot h_{ci}/v_i$  ableiten, worin  $h_{ci}$  die Deckpunkthöhe des einzelnen Probestammes und  $v_i$  sein Einzelvolumen bedeuten – beide Werte in der Regel indirekt aus Berechnungen gefunden (s. Seiten 13 und 14).

### Beschreibung des Spiegel-Relaskopes und seiner Handhabung

**Abbildungen 1 bis 16 siehe Handbuch Teil 2**

Das kleine Instrument (Abb. 1) wiegt etwa 500 g und kann neben Messungen aus der Hand von einem Dreibeinstativ aus verwendet werden (Abb. 2).

Bei Messungen aus freier Hand (Abb. 1), wobei die zweite Hand oder eine Stockauflage als Stütze dienen sollte, dürfen die Lichtfenster (4) nicht verdeckt werden. Die Spitze des Zeigefingers kommt auf den Druckknopf (3) zu liegen. Das Okular (1) ist sodann ganz nahe an das beobachtende Auge heranzuführen. Dabei soll auch das zweite Auge keinesfalls geschlossen werden, sondern das Messobjekt frei mitbeobachten, wodurch das räumliche Sehen beider Augen erhalten bleibt.

Bessere Messgenauigkeit ermöglicht jedoch ein Dreibeinstativ, das mit feststellbaren Kugelgelenken (Abb. 2) ausgerüstet sein soll. Hier kann das Auge des Betrachters in die verlängerte Stativachse gebracht werden, unabhängig von der Neigung des Spiegel-Relaskopes. Dies ist notwendig, weil die durch Bandbreiten zu messenden Gesichtswinkel ihren Scheitel im Auge des Beobachters haben und waagrechte Baumabstände **a** sich von einer gedachten Senkrechten durch das Auge zum Mittelpunkt des beobachteten Stammquerschnittes verstehen.

Besonders gute Messgenauigkeit, zum Beispiel für Zuwachsmessungen von bleibend vermarkten Punkten aus, wird durch Verwendung eines Stativs mit Neigekopf und Feineinstellung (Abb. 13 - 15) erreicht.

Im Inneren des Instrumentes befindet sich eine fein gelagerte Pendeltrommel, deren Mantelfläche die **Messkala** trägt, welche ihrerseits **aus weißen und schwarzen Streifen für Breitenmessungen** und aus **Einzelkalen für Höhenmessungen** besteht (s. Abb. 3 - 6). Beim Blick durch das Okular (1) des Spiegel-Relaskopes sieht man das Gesichtsfeld nach einer **horizontalen Messkante** in einen oberen und unteren Bereich geteilt (Abb. 5 und 6). (Die Messkante ist in Abb. 5 und 6 zur besseren Veranschaulichung durch **M – M** gekennzeichnet, **nicht** aber in den Skalen der Relaskope!). Der obere Bereich gewährt freie Sicht in das Gelände, während im unteren Teil das durch einen Spiegel nach oben gebrachte Skalenbild zu sehen ist. Bei der Messarbeit wird durch Druck auf den Knopf (3) die Pendeltrommel gelöst und die Skala stellt sich an der Messkante der Visurneigung entsprechend ein. Durch teilweises Nachlassen des Druckes auf (3) kann das empfindlich schwingende Pendel abgebremst und schnelleres Einspielen in die Ruhelage erreicht werden. Der gesamte Bereich der Skalenanordnung für die Spiegel-Relaskope MS und CP ist in Abb. 3 und 4 dargestellt.

Man merke:

**Alle Skalenwerte (also sowohl für Breiten- als auch für Höhenmessungen) sind unmittelbar an der Messkante abzulesen und nur dort richtig!**

Durch geringfügiges Anheben und Senken des Instrumentes am Auge kann die (unscharfe) Verdunkelungsgrenze in passende Übereinstimmung mit der Messkante gebracht werden. Bei Beobachtungen gegen hellen Hintergrund, z. B. gegen den Himmel, kann das Abblendvisier (5) derart eingestellt werden, dass eine Verdunkelung an die Messkante heranreicht, den oberen Gesichtsfeldteil jedoch bis zur Messkante sichtbar belässt.

## Beschreibung der Skalen

### 1. Spiegel-Relaskop Metrisch Standard

Die Einzelheiten dieser Skala sind in Abb. 5 näher benannt, und zwar: die mit **Ts20**, **Ts25** und **Ts30** bezeichneten Tangentenskalen dienen der Messung von Baumhöhen aus den **Horizontaldistanzen von 20, 25 und 30 m**, wobei für einen Abstand von nur 15 m die **Ts30** mit ihren halben Lesungswerten verwendet werden kann. Die Einheiten der Tangentenskalen bezeichnen bei den zugehörigen Baumabständen Höhenmeter, bei anderen Distanzen aber jedenfalls gleich lange Teilstücke auf senkrechten Messobjekten. Die Ablesungen auf den **Ts** müssen häufig auch in geschätzten Bruchteilen ihrer Einheiten gemacht werden, wozu (wie auch für alle anderen Messungen) das ruhige Halten des Instrumentes und ein geschicktes Abbremsen des schwingenden Pendels mittels des Druckknopfes (3) (Abb. 1) Voraussetzung ist.

Rechts von **Ts20** befindet sich der **Einserstreifen** mit dem eingeschriebenen **Zählfaktor  $k = 1$** . An diesen schließt sich das Viertelfeld, bestehend aus 2 schwarzen und 2 weißen „Viertelstreifen“, an. Zusammengenommen ergeben **Einserstreifen plus Viertelfeld** einen Gesichtswinkel von der **Zählbreite 4**, die häufig Verwendung findet. Diese Anordnung wurde so gewählt, weil **Zb 4** der Proportion Gegenstandsweite: Horizontaldistanz = 1 : 25 entspricht, wie das auch für die Höheneinheiten der rechts angrenzenden **Ts25** gilt. Dies erleichtert sehr die rasche Bestimmung des Schlankheitsgrades von Stämmen und ebenso die Bestimmung der Formhöhen nach Preßler in Bhd Einheiten! (Siehe Seiten 19 und 20)

Anschließend an die Doppelskala **Ts25 und Ts30** befindet sich der **Zweierstreifen**. Einsereistreifen, Viertelfeld und Zweierstreifen werden bei gelöstem Pendel automatisch um den Kosinus der Visurneigung reduziert, wodurch die Messergebnisse **unmittelbar für die Horizontalprojektion** (= Kartenprojektion) des Geländes gelten.

In Verbindung mit dem linken Rand des Zweierstreifens kommen (bei gedrehtem Instrument – s. Abb. 9 und 10) die rechts anschließenden weißen Distanzstreifen „weit“ und „nah“ (Abb. 5) für die **Distanzmessung mit 2 m – Vertikalbasis** zur Verwendung, wie auf Seite 15 und 16 näher beschrieben. Bei diesen Streifen führen geneigte Visuren zu einer quadratischen Kosinusreduktion, durch welche sich eine Art „Reichenbach'scher Distanzmessung“ ergibt, bei der Resultate sogleich für die Kartenprojektion des Geländes entstehen.

## 2. Spiegel-Relaskop Metrisch CP

Diese 1983 neu herausgebrachte Skala (Abb. 4 und 6) verbindet nicht nur die Vorteile von MS und WS, sondern bringt darüber hinaus noch die zusätzliche **Zählbreite 3** als eigenes weißes Band und Randmarken für Grenzstammeurteilung. Die ganz links befindlichen sog. CP-Skalenwerte für quadratische Kosinuskorrektur wurden für Distanzmessungen mit vertikaler Distanzlatte verwendet (diese Messung wird heute praktisch nicht mehr durchgeführt).

Rechts von der Skala der CP-Werte befinden sich die weißen Streifen mit den eingeschriebenen Zählfaktoren **k = 3, 2, und 1**. Der **Einserstreifen** entspricht zugleich einer so genannten **Relaskopeinheit (RE)**, welche in der Breite genau **2 % der Horizontaldistanz** entspricht (vergleiche S. 5).

An den Einsersteifen schließen sich nach rechts in schwarz-weiß-schwarzer Folge noch drei weitere **RE** an, dann der Viererstreifen, welcher links aus einem weißen Einsersteifen und rechts aus dem Viertelfeld (ebenso **1 RE** entsprechend) besteht, zusammen also aus **2 RE** gebildet wird und mit „4“ beschriftet ist.

Rechts vom Viertelfeld ist die Prozentskala **P** für alle Arten von Höhenmessungen (siehe S 17), die sich als Prozentwerte der Horizontaldistanz ergeben. Ganz rechts außen ist eine mit **D** bezeichnete Skala in Altgraden, ebenfalls für Höhen- bzw. für Gefällsmessungen vorgesehen.

Bei den weißen Bändern der Zählbreiten **k = 3, 2, 1 und 4** befinden sich links oder rechts einer Begrenzungsseite schwarze bzw. weiße Punkte, welche einen Rahmen für **Grenzstambereiche** bei höheren Genauigkeitsansprüchen bieten. Liegt ein Stamm zwischen diesen Bereichsmarken, so sollte er als Grenzfall überprüft oder als Unterstichprobe für Abweichungen von der Kreisform benützt werden (siehe S. 5 und 6 und FOB-Schriftenreihe Heft 19).

## Die Messfunktionen und deren Anwendung

### 1. Kreisflächenbestimmung durch Winkelzählprobe (B-Messung)

Vierzig Jahre praktische Erfahrung mit der Winkelzählprobe (WZP) unter verschiedensten Bedingungen in aller Welt hat eine Unzahl besonderer Empfehlungen zur Folge gehabt, welche in der internationalen Fachliteratur, aber

auch bei der Entwicklung der Spiegel-Relaskope ihren Niederschlag gefunden haben. Das schon erwähnte Sammelwerk des Verfassers „**The Relascope Idea**“ gibt einen Überblick über die Entwicklung und Methodik der Relaskoptechnik, ebenso wie zahlreiche Veröffentlichungen, von denen ein Teil seit 1976 in fortlaufend nummerierten Einzelheften der „**FOB Schriftenreihe**“ gesammelt ist, die durch die Relaskop-Technik Vertriebsges.m.b.H. bezogen werden können. Im Rahmen dieses Handbuchs wird nur auf für die Praxis unmittelbar wichtig erscheinende Kapitel eingegangen.

### 1.1. Für schnelle Waldschätzungen

Wir verwenden in diesem Fall nur den **Einserstreifen** eines der hier beschriebenen Relaskope. Von einem Stichprobenpunkt im Wald aus beobachten wir im vollen Umkreis alle Bäume in Bruthöhe, und zwar ob sie breiter oder schmaler sind als die (bei gelöstem Pendel) an der Messkante erscheinende **Zählbreite 1 (Zb 1)**. So sieht man beispielsweise in Abb. 5 bereits ohne unmittelbare Abdeckung mit **Zb 1**, dass die mit 1, 3, 4, 5 und 6 weiß bezeichneten Stammdurchmesser deutlich breiter als **Zb 1** und daher zu zählen sind, während Stamm 2 (hier mit Absicht) genaue Übereinstimmung mit **Zb 1** zeigt und als „echter Grenzstamm“ nur zur Hälfte, also mit 0,5, in die Zählung fällt. Man erkennt auf dem Bild weiter, dass alle übrigen (nicht bezifferten) Stämme deutlich schmaler als **Zb 1** sind und dadurch nicht in die Zählung fallen. Das Zählergebnis im Bildbereich ist sonach 5,5.

**Alles was wir zu tun haben besteht im Zählen jener Bäume, deren Bruthöhendurchmesser (Bhd) breiter als der Einsersteifen erscheint, wobei während der Visur der Druckknopf (3) (Abb. 1) zu drücken ist, wodurch die verschiedenen Visurneigungen automatisch kompensiert werden.**

Die je Baumart solcherart von einem Punkt im Wald aus im vollen Umkreis gefundenen Stammzahlen sind nun lediglich mit den (grob geschätzten) zugehörigen Bestandsformhöhen (**FH = V/G**) zu multiplizieren, um die Volumen stehender Holzmasse je Hektar zu erhalten, wie zum Beispiel:

Wurden von einem Beobachtungspunkt aus im vollen Umkreis 12 Fichten, 8 Tannen und 4 Lärchen gefunden, die breiter als **Zb 1** sind, so haben wir mit diesen Ziffern bereits die Kreisflächendichten für alle drei Baumarten, nämlich

	12 m <sup>2</sup> / ha Fi
	8 m <sup>2</sup> / ha Ta
	4 m <sup>2</sup> / ha Lär
zusammen:	24 m <sup>2</sup> / ha Kreisflächendichte insgesamt

Daraus erhalten wir die Holzvolumen je Hektar

- a) in schneller Annäherung, wenn wir zum Beispiel abschätzen, dass alle drei Baumarten etwa 30 m hoch sind, indem wir mit der halben Höhe (15 m) multiplizieren:

$$\begin{array}{r} 180 \text{ fm / ha Fi} \\ 120 \text{ fm / ha Ta} \\ \underline{60 \text{ fm / ha L\u00e4}} \end{array}$$

zusammen: 360 fm /ha Holzmassendichte insgesamt

- b) Etwas genauer k\u00f6nnen wir verfahren, wenn die Mittelh\u00f6he jeder Baumart f\u00fcr sich gesch\u00e4tzt (oder gemessen) wird, wie beispielsweise Fi 31 m, Ta 29 m und L\u00e4 30 m, und mit den runden Formzahlen 0,5, 0,6 und 0,4 zur Umwandlung in die entsprechende Formh\u00f6he kommt:

$$\begin{array}{l} \text{Fi: } 31 \times 0,5 = 15,5 \text{ m Formh\u00f6he} \\ \text{Ta: } 29 \times 0,6 = 17,4 \text{ m Formh\u00f6he} \\ \text{L\u00e4: } 30 \times 0,4 = 12,0 \text{ m Formh\u00f6he} \end{array}$$

und daraus:

$$\begin{array}{r} 12 \times 15,5 = 186,0 \text{ fm / ha Fi} \\ 8 \times 17,4 = 139,2 \text{ fm / ha Ta} \\ \underline{4 \times 12,0 = 48,0 \text{ fm / ha L\u00e4}} \end{array}$$

zusammen: 373,2 fm / ha Holzmassendichte insgesamt

Solche Ergebnisse gelten vorerst nur f\u00fcr einen einzelnen Beobachtungspunkt. In einem Altholzbestand von etwa 2 Hektar Fl\u00e4chenausma\u00df werden wir aber nicht mit einer einzigen Sch\u00e4tzung dieser Art auskommen, sondern am besten an einigen gleichm\u00e4\u00dfig \u00fcber die Fl\u00e4che verteilten Punkten (etwa 4) solche Messungen durchf\u00fchren und daraus die Mittelwerte f\u00fcr die einzelnen Baumarten gewinnen.

## 1.2. B-Messung f\u00fcr geplante Stichprobeverfahren

### 1.2.1. Wahl der Z\u00e4hlfaktoren

Genauso wie mit dem Einserstreifen unter 1.1 beschrieben, ist die Durchf\u00fchrung der Winkelz\u00e4hlprobe mit dem Zweier-, Dreier- oder Viererstreifen m\u00f6glich. Wird z.B.

als Vergleichsma\u00df (= Grenzwinkel) f\u00fcr die geschilderte Auslese-z\u00e4hlung der Zweierstreifen gew\u00e4hlt, so ergibt sich eine ungef\u00e4hr halb so gro\u00dfe Stammzahl. Diese ist nun mit dem Z\u00e4hlfaktor 2 zu multiplizieren, um die Kreisfl\u00e4chendichte/ha zu erhalten. Gleiches gilt sinngem\u00e4\u00df f\u00fcr Dreier- und Viererstreifen.

F\u00fcr seltene Sonderf\u00e4lle k\u00f6nnen schlie\u00dflich einer oder mehrere Streifen des Viertelfeldes f\u00fcr die WZP herangezogen werden: ein Viertelstreifen mit Z\u00e4hlfaktor 1/16, zwei mit 4/16, drei mit 9/16, f\u00fcnf mit 25/16, sechs mit 36/16 und sieben mit 49/16 als Z\u00e4hlbreiten.

Die Reichweite von Winkelz\u00e4hlproben h\u00e4ngt, wie aus Formel (5) hervorgeht, einerseits von den Stammdurchmessern **d** (meist Bhd) ab, andererseits aber auch vom **Df**, welche beide zusammen den Grenzradius **R** bestimmen. Der **Df** seinerseits ist wieder eine Funktion des Z\u00e4hlfaktors **k**, so dass sich beispielsweise f\u00fcr **d = 30 cm** folgende Werte ergeben.

Bei Z\u00e4hlfaktor <b>k</b> in (m <sup>2</sup> / ha)	1	2	3	4	9	16
Z\u00e4hlbreite <b>Zb</b> (in RE)	1,00	1,41	1,73	2,00	3,00	4,00
Distanzfaktor <b>Df</b>	50,00	35,36	28,87	25,00	16,67	12,50
Grenzkreisradius (in m)	15,00	10,61	8,66	7,50	5,00	3,75

Die Wahl des Z\u00e4hlfaktors wird sonach in erster Linie von den Sichtverh\u00e4ltnissen abh\u00e4ngen, in zweiter Linie jedoch auch von dem Zweck der Auslese-z\u00e4hlung. Sollen n\u00e4mlich die WZP-St\u00e4mme nicht nur der Bestimmung der Kreisfl\u00e4chendichte allein dienen, sondern dar\u00fcber hinaus „Probest\u00e4mme“ allgemeinsten Art f\u00fcr eine Gro\u00dfrauminventur darstellen, so sind f\u00fcr ihre Ermittlung hohe Genauigkeitsanspr\u00fcche zu erheben, die nur bei kleineren Grenzkreisradien und damit bei gr\u00f6\u00dferen Z\u00e4hlfaktoren erf\u00fcllbar sind. Hinzu kommen auch noch mathematisch-statistische Betrachtungen, wonach beispielsweise eine Stammzahl zwischen 7 und 14 je Stichprobenpunkt die rationellste Aussagekraft ergibt, was ebenso die Wahl des Z\u00e4hlfaktors beeinflusst (siehe z.B. The Relascope Idea , S. 13).

### 1.2.2. Anordnung der Stichprobenpunkte

Sie erfolgt am besten nach dem systematischen Verfahren der Punktgittermethode. \u00dcber die aufzunehmende Fl\u00e4che wird (auf der Karte) ein starres Netz von Quadraten, Rechtecken oder gleichseitigen Dreiecken gelegt, wobei auf jeden Knotenpunkt dieses Netzes ein (in die Natur zu \u00fcbertragender) Messstandpunkt entf\u00e4llt. Bez\u00fcglich der Dichte der Netzpunkte, die von der Homogenit\u00e4t der Best\u00e4nde, von der Gr\u00f6\u00dfe der vorkommenden Stammdurchmesser und von der

gewünschten Aufnahmegenaugigkeit abhängt, kann für Althölzer und bei Verwendung der Zählbreite 4 in Vollkreisen folgende Regel empfohlen werden:

Anzahl der Messtandpunkte je Hektar	Abstand im Quadratnetz in Meter	Bei Flächengrößen in Hektar
4,0	50,00	bis 4
3,8	51,30	von 4 bis 8
3,5	53,45	von 8 bis 16
3,1	56,80	von 16 bis 32
2,6	62,02	von 32 bis 64
2,0	70,71	über 64

Diese Empfehlung entspricht nicht mathematisch-statistischen Berechnungen zu Großrauminventuren, sondern stützt sich auf praktische Erfahrungen in der Forsteinrichtung gemäß „Vollaufnahmen durch Stichproben“ (siehe Allgemeine Forstzeitung Nr. 6/1968). Die Genauigkeit kann noch weiter verbessert werden, wenn anstelle von **Zb 4** bei gleicher Dichte der Messstandpunkte **Zb 3** oder sogar **Zb 2** zur Anwendung kommt.

### 1.3. Indirekte B-Messung bis zur Deckpunkthöhe

Gute Theorien wirken in die Zukunft und sind Wegbereiter für die Praxis – so auch hier: **Kimberly Iles** hat mit Hilfe der Formel von **Kitamura** entdeckt, dass Stichproben mit dem Argument der Deckpunkthöhe eine ideale Lösung für **mit dem Wald fließend mitwachsende Dauerstichproben** sind. Der praktische Beweis hierfür kann direkt mit den Spiegel-Relaskopen der Typen Metrisch CP oder Breitskala erbracht werden.

**Unter Deckpunkthöhe versteht man jene Höhe am Baumschaft, bei der die in Ausführung einer WZP verwendete Zählbreite (Zb) genau mit dem Stammdurchmesser übereinstimmt, also gleich breit erscheint. Nach Formel von Kitamura liefert die Summe der Deckpunkthöhen (einer Rundzählung) mal dem Zählerfaktor k unmittelbar die Volumsdichte in m<sup>3</sup> / ha.**

Von der Zuwachsmessung dienenden Dauerstichproben im Wald ist zu verlangen, dass ihre Flächenwirkung mit den Kreisflächen und den durch Stammverringering laufend größer werdenden Baumabständen mitwächst, welcher Forderung die WZP-Auslese im Prinzip bestens nachkommt. Leider ist aber dieses Mitwachsen ein sprunghaftes, wenn als Stichprobenelement die in eine gewöhnliche WZP fallenden Bhd-Kreisflächen gleicher m<sup>2</sup>/ha-Dichte (durch den Zählerfaktor **k** bestimmt) zur

Anwendung kommen: so **springt** zum Beispiel ein durch sein Wachstum zum „Grenzstamm“ gewordener Baum nun **plötzlich** mit dem vollen Gewicht seiner Repräsentation von Kreisfläche und Stammzahl in die Stichprobe herein, was sich besonders krass bei großen Zählerfaktoren auswirkt.

Demgegenüber bestehen bei der Zuwachsstichprobe nach **Kim Iles** die Stichprobenelemente aus **den untereinander völlig ungleichen Deckpunkthöhen h<sub>e</sub>**, welche, multipliziert mit **k**, unmittelbar die Volumsdichte in m<sup>3</sup>/ha repräsentieren und den **Zuwachs des Waldes nicht sprunghaft, sondern „stetig fließend“** anzeigen, worin ihr besonderer Vorteil besteht. **Neue Probabäume „kriechen unmerklich“ mit dem ganz kleinen Gewicht ihrer anfänglichen Deckpunkthöhe in die Stichprobe herein und gewinnen erst später immer mehr an Bedeutung.**

Die praktische Messung der Deckpunkthöhen im Wald kann allerdings nicht unmittelbar, sondern nur indirekt, vorteilhaft über so genannte Konoidfunktionen, erfolgen (siehe FOB-Hefte 7 /1978 und 17/1983, sowie „The Relascope Idea“ S. 113 und 123-125). Die hierfür benötigten Werte, insbesondere der Formexponent **r**, müssen in der Regel durch Dreipunktmessung z. B. mit dem Spiegel-Relaskop Metrisch CP mittels der hier beschriebenen Feineinstellung auf Neigekopf für einzelne Stämme oder Stammteile gewonnen werden (s. Seiten 21, 22 und Abb. 16).

Bei Dauerstichproben zur genauen Zuwachsverfolgung von bleibend vermarkten Punkten aus betragen die Arbeiten der Forsteinrichtung ein Vielfaches jener von Wiederholungsmessungen. So können z.B. die lokal gewonnenen **r**-Werte für Baumarten und Stammteile (z.B. Unter-, Mittel- und Oberschaft) in Tabellen festgehalten und für längere Zeit unverändert verwendet werden. Der gleich bleibende Baumabstand wird ebenso bei der ersten Messung sehr genau bestimmt und für alle Wiederholungsmessungen unverändert belassen. Für die späteren Kontrollmessungen wird somit nur mehr das entsprechende Spiegel-Relaskop (Metrisch CP oder Breitskala) benötigt, und zwar einerseits für die neuerliche Bestimmung jedes einzelnen Brusthöhendurchmessers in **RE**, andererseits für die sorgfältige neue Messung jeder einzelnen Scheitelhöhe **h** der in die Probe fallenden Bäume.



## 2. Abstandsmessung (a-Messung) mit Spiegel-Relaskopen

### 2.1 Mit Horizontalbasis

Beim **Spiegel-Relaskop Metrisch Standard** ist ausnahmslos die Zählbreite 4 zu verwenden. Deckt diese die zugekehrte Basisbreite genau ab, so gilt die Beziehung, dass (bei frei schwingendem Pendel) die Horizontalabstand die 25fache Basisbreite beträgt. Wenn also z.B. eine 80 cm lange Latte als Horizontalbasis genommen und eine solche Distanz aufgesucht wird, bei welcher **Zb 4** genau zur Abdeckung kommt, so ist der Horizontalabstand  $80 \cdot 25 = 2000 \text{ cm} = 20 \text{ m}$  (s. auch Seite 8).

Bei Verwendung einer horizontalen Ableseskala ist die mit **Zb 4** abgelesene Breite in Zentimeter mit 25 zu multiplizieren, um die Horizontalabstand zu erhalten. Teilungseinheiten von je 4 cm entsprechen dann je 1 Meter Horizontalabstand.

Beim **Spiegel-Relaskop Metrisch CP** wird die konstante Breite einer Horizontalbasis in Breitenprozenten (s. Abb. 6) abgelesen. Die Basislänge in cm dividiert durch die Anzahl der Breitenprozente ergibt 1 Prozent der Horizontalabstand in Zentimeter bzw. diese unmittelbar in Meter.

Ebenso kann auch hier eine Distanzmessung einer Horizontalbasis veränderbarer Breite durchgeführt werden.

### 2.2 Mit Vertikalbasis

Für diesen Zweck wird eine handliche 2m-Vertikalbasis, die mit dem Spiegel-Relaskop bezogen werden kann, verwendet (s. Abb. 7 und 8). Dieses mit zwei deutlichen Endmarken an Haltegriffen befestigte Band besitzt in der Halbierung, also bei 1 m, eine ebenso gut sichtbare Mittelmarke (1). Zwei Dorne (2 und 3) an beiden Enden, die beim Transport verdeckt eingeschraubt sind, dienen – an der Rückseite der Basis vorstehend eingeschraubt – der Befestigung am Baumschaft (4) (Abb. 8).

Beim **Spiegel-Relaskop Metrisch Standard** können mit Hilfe der 2m-Vertikalbasis wahlweise die Horizontalabstände 15, 20, 25 und 30 m aufgesucht werden, wobei folgender Vorgang einzuhalten ist: zunächst wird die gewünschte Distanz von der Stammachse ohne Rücksicht auf die Gelände- und Visurneigung näherungsweise abgeschätzt und aufgesucht. Von diesem provisorischen Standpunkt aus ist die Mittelmarke der 2m-Vertikalbasis (s. Abb. 7) bei gelöstem Pendel anzuvisieren und das Pendel dann festzustellen, wenn die horizontale Messkante genau auf der

Mittelmarke liegt. Nun dreht man das Instrument um die Sehachse nach links bis zur horizontalen Lage und führt es wieder an das rechte Auge. Dabei ist es vorteilhaft, wenn die linke Hand teilweise die rechte umklammert und ihr Zeigefinger das Gerät nächst dem Bügel zum Abblendvisier unterstützt (s. Abb. 9).

Die ursprünglich horizontale Messkante erscheint nun senkrecht stehend und die eingespiegelte Streifenzeichnung erfüllt jetzt die rechte Gesichtshälfte (Abb. 10). Der weitere Messvorgang spielt sich zwischen der mit „unten“ bezeichneten Begrenzung des Zweierstreifens und den Begrenzungslinien der darüberliegenden zwei weißen Distanzstreifen ab, immer jedoch genau an der nun vertikal stehenden Messkante. Diese wird von rechts her an die 2m-Vertikalbasis angenähert, und zwar derart, dass Unterkante der Basisstrecke mit Unterkante des Zweierstreifens koinzidiert und die Oberkante der Basis mit der zur gesuchten Distanz gehörigen Begrenzungslinie an der Messkante übereinstimmt. Die Übereinstimmung ist durch Annäherung oder Entfernung vom Baum zu erreichen, wobei im Allgemeinen angenommen werden kann, dass der Neigungswinkel der Visur keine wesentliche Veränderung mehr erfährt. Sollte dies trotzdem der Fall sein, so wäre vom verbesserten Standplatz aus nochmals die Mittelmarke der Basis mit gelöstem Pendel in Normallage anzuvisieren und auch der übrige Vorgang zu wiederholen.

Abb. 10 zeigt jenes Skalenbild, das beim Blick durch das Spiegel-Relaskop erscheint, wenn die Distanz zum Baumschaft genau 20 m beträgt. Analog können die Horizontalabstände 15, 25 und 30 m aufgesucht werden.

Beim **Spiegel-Relaskop Metrisch CP** wird das durch die Vertikalbasis bekannte Höhenintervall **i** (in diesem Fall 2 m) vom Beobachtungspunkt aus mittels der P-Skala in Prozent gemessen, wobei Bruchteile eines Prozentes auf Zehntel zu schätzen sind. Wird die Basislänge **i** durch die gemessenen Prozente **p** geteilt, so ergibt das die zu 1 Prozent gehörige Höhe und der hundertfache Betrag die Horizontalabstand.

Im Beispiel Abb. 11 errechnet sich die Horizontalabstand somit folgendermaßen:

$$\begin{aligned}i &= 2 \text{ m} \\p &= + 6,8 - (-3,6) = 10,4 \\a &= (2/10,4 \cdot 100) = 19,2 \text{ m}\end{aligned}$$

Man beachte:

**Überall, wo eine Basis nicht seitlich der Stammachse, sondern auf der dem Beobachter zugekehrten Stirnseite eines Baumes aufgehängt oder aufgestellt wird, muss die Distanz bis zur Stammachse hin ergänzt werden!**

Bei der Verwendung elektronischer Laserentfernungsmesser ist **besonders** darauf zu achten, dass die Entfernung bis zur Stammachse ergänzt werden muss und zwar entweder rechnerisch durch Addition des halben Durchmessers oder durch Anbringung des Responders in der Stammachse. Außerdem ist darauf zu achten, dass auf die **Horizontaldistanz** umgerechnet werden muss! Letzteres erfolgt beim Spiegel-Relaskop automatisch!

### 3. Höhenmessungen (h-Messung)

Wichtiger Hinweis:

**Sobald bei Distanz- oder Höhenmessungen im geneigten Gelände gearbeitet wird, kommt die automatische Neigungskorrektur der Relaskope als besonderer Vorteil zum Tragen!**

Beim **Spiegel-Relaskop Metrisch Standard** ist jegliche Höhenmessung auf die Standarddistanzen 15, 20, 25 und 30 m abgestellt, wozu die drei Höhenskalen **Ts20**, **Ts25** und **Ts30** zur Verfügung stehen; letztere mit Ihren halben Werten zugleich auch für den Abstand 15 m. Aus den zugehörigen Distanzen bedeuten die Einheiten dieser Tangentenskalen unmittelbar Höhenmeter (Bruchteile hievon sind zu schätzen).

**Obere Ablesung minus die untere ergibt den Höhenunterschied.** Da sich die untere Ablesung in der Regel unterhalb des Beobachtungshorizontes befindet, also negativ ist, sind die beiden Absolutwerte der Lesungen zu addieren.

Beim **Spiegel-Relaskop Metrisch CP** werden alle Höhenmessungen an stehenden Bäumen, wie Scheitelhöhen, Stammhöhen bis zu bestimmten Durchmessern, Kronenlängen, aus beliebigen Abständen und auch bei Schlankheitsgrad, Richthöhen nach Preßler u. dgl. **ausschließlich mit der P-Skala**, also in Prozenten des Horizontalabstandes vom Baum, ausgeführt. Werden Prozentablesungen oben und unten mit **p<sub>0</sub>** und **p<sub>u</sub>** bezeichnet, so lautet die allgemeine Formel für Höhen

$$h = a(p_0 - p_u) / 100 \text{ (siehe Abb.12).}$$

Man beachte:

**Alle Ablesungen sind nur an der Messkante richtig! Da die oberhalb der Messkante liegenden Skalenteile nicht sichtbar sind, ist stets die Ziffernfolge zu beachten!**

### 4. Obere Stammdurchmesser (d-Messung)

Beim **Spiegel-Relaskop Metrisch Standard** findet dazu der Einsersstreifen (= **1 RE**) mit dem rechts anschließenden Viertelfeld Verwendung. Seine Breite entspricht  $1/50$  (= 2 %) des Horizontalabstandes, seine Hälfte  $1/100$  (= 1 %) und sein Viertel  $1/200$  (= 0,5 %).

Man merke:

**Der halbe Einsersstreifen gibt jene Breite an, die dem Abstand in Meter entspricht.** Es ist daher:

Bei einem Abstand von 10 m der halbe Einsersstreifen 10 cm  
Bei einem Abstand von 15 m der halbe Einsersstreifen 15 cm  
Bei einem Abstand von 20 m der halbe Einsersstreifen 20 cm  
Bei einem Abstand von 25 m der halbe Einsersstreifen 25 cm  
Bei einem Abstand von 30 m der halbe Einsersstreifen 30 cm entsprechend.

Daraus ergeben sich alle übrigen Beziehungen und die zu jedem Baumabstand gehörige Gesamtbreite des Messfeldes, wie zum Beispiel: aus dem Abstand 20 m bezeichnet die Breite des Einsersstreifens 40 cm, die rechts davon befindlichen Viertel bedeuten daher je 10 cm und Bruchteile von 10 cm müssen geschätzt werden. Das ganze Messfeld (Einsersstreifen + Viertelfeld) entspricht einer Breite von 80 cm.

Für das **Spiegel-Relaskop Metrisch CP** steht, wie auf Abb. 6 zu ersehen ist, ein überaus breites Messfeld zur Breitenbestimmung an Baumstämmen zur Verfügung. Man kann daher so nahe als irgend möglich an die Stämme herangehen, um ihre Durchmesser zu bestimmen und man ist in keiner Weise an feste Baumabstände gebunden. Die allgemeine Formel für einen Stammdurchmesser **d** lautet:

$$d \text{ (in cm)} = a \text{ (in m)} \times b \text{ (in \%)}$$

Am Fuß der Abb. 6 ist die Skala der Breitenprozent angegeben, welche ihren Nullpunkt in der Mitte des Viertelstreifens hat. Bei der Messung ist die linke Baumkontur derart mit einer Streifenbegrenzung eines geradzähligen Prozentwertes (in der Zeichnung „6“) an der Messkante in Übereinstimmung zu bringen, dass die rechte Baumkontur in das Viertelfeld (die rechte Hälfte des Viererstreifens) fällt. Wir lesen im Beispiel eine Durchmesserbreite von 7,7 % ab, welche nun mit dem Baumabstand in Meter zu multiplizieren ist, um den Absolutwert des gesuchten Durchmessers in Zentimeter zu erhalten.

Im Allgemeinen wird man mit **5 RE** (= 10 %) plus dem Viertelfeld für Breitenmessungen dieser Art auskommen. Wollte man noch das schmale schwarze Feld rechts vom Zweierstreifen hinzunehmen, so wäre dieses mit **1.17 %** in Rechnung zu stellen, was sich mit dem Zweierstreifen von **2,83 %** auf zusammen **4 %** ergänzt. Schließlich könnte für eine maximale Breitenausnutzung in einem Sonderfall zu den 16 % der Skala noch der Dreierstreifen mit **3,46 %** hinzugenommen werden.

**Alle Breitenmessungen erfolgen bei gelöstem Pendel!**

## 5. Schlankheitsgrad (h/d-Messung)

Als „Schlankheitsgrad“ wird in der Forsttechnik die Höhe eines durchgehenden Baumschaftes in Vielfachen des Brusthöhendurchmessers bezeichnet. Diese Kennzahl dient im Waldbau häufig der Beurteilung der Schneedruckgefährdung von in engem Verband erwachsenen Nadelholzbeständen. In der Regel werden die in Betracht kommenden Bäume lediglich daraufhin geprüft, ob ihr Schlankheitsgrad einen bestimmten Grenzwert (zum Beispiel „70“) überschreitet.

Die oft gefragte Maßzahl des Schlankheitsgrades erhält man **am einfachsten mit Hilfe eines Spiegel-Relaskops Metrisch Standard**: Ohne Rücksicht auf die gegebene Visurneigung ist (bei gelöstem Pendel) jener Baumabstand aufzusuchen, bei welchem der Brusthöhendurchmesser vom Einserstreifen mit anschließendem Viertelfeld genau abgedeckt wird. Anschließend ist mit der gleich rechts daneben liegenden Tangentenskala **Ts25** die Baumhöhe vom Fußpunkt bis zum Scheitel zu messen, was bereits dem „Schlankheitsgrad“ entspricht.

Bei Verwendung des **Relaskops Metrisch CP** ist genauso zu verfahren, nur erfolgt hier die Höhenmessung mit der Prozentskala und das Ergebnis ist durch 4 zu dividieren, um **h/d** zu erhalten.

## 6. Formhöhen und Volumen nach Preßler (fh/d-Messung)

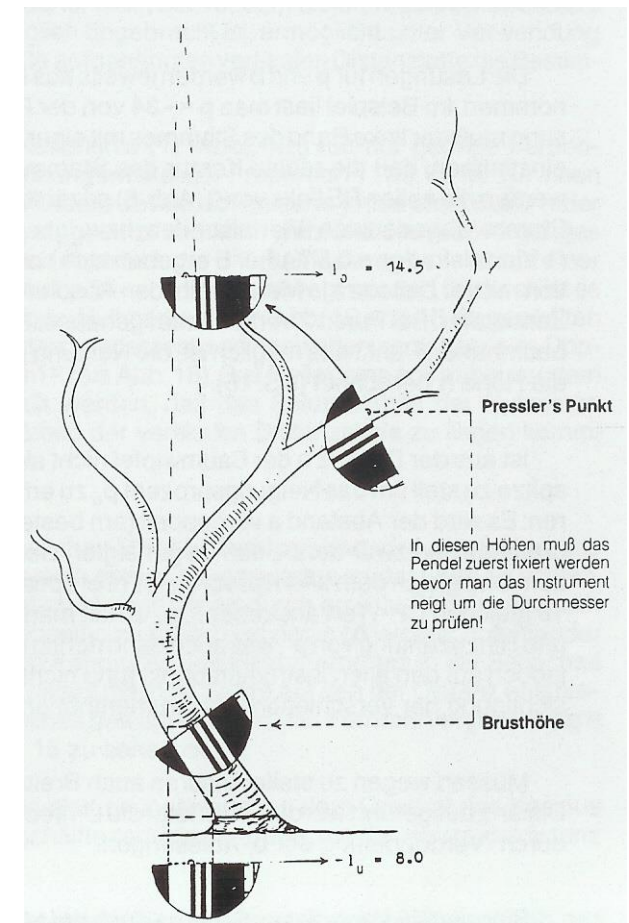
Dieses schon im 19. Jahrhundert von Preßler in die Holzmesskunde eingeführte Verfahren einer einfachen Volumbestimmung stehender Baumschäfte ist **mit der Konstruktion der Spiegel-Relaskope voll praxisreif** gemacht worden. Hienach ist am Baumschaft jener Punkt („Preßler's Richtpunkt“) aufzusuchen, bei welchem der Schaftdurchmesser genau die Hälfte des Brusthöhendurchmessers besitzt. Die Höhe dieses Punktes („Preßler's Richtpunkt“) über dem Boden (plus einem kleinen Zuschlag) **mal 2/3** entspricht mit bester Annäherung der **Formhöhe fh** mit welcher

die **Brusthöhenkreisfläche g** zu multiplizieren ist, um das **Stammvolumen v** zu erhalten. Ausführliche Begründungen zur Theorie sind, außer bei Preßler selbst, in dem Buch „The Relascope Idea“ gegeben.

**Über die praktische Anwendung des Verfahrens mit Hilfe des Spiegel-Relaskopes gibt es mehrere Schriften des Verfassers, welche über Anforderung für Benützer des Instrumentes unentgeltlich durch Relaskop-Technik Vertriebsges.m.b.H. Salzburg abgegeben werden.**

Hier sei in Kürze noch ein Beispiel mit Bild angefügt, das zeigen soll, wie die **fh/d-Messung selbst bei sehr abnorm verkrümmten Baumschäften** gut angenäherte Werte ihres Schaftvolumens erbringen kann und dadurch für **viele praktische Fälle gewissermaßen ein „Rettungsanker“** ist, wenn alle übrigen Methoden versagen:

Der Brusthöhendurchmesser wird durch Aufsuchen des entsprechenden Abstandes mit **Zb 4** „in den Zirkel genommen“ und Pressler's Punkt mit **Zb 1** gefunden. In beiden Fällen ist vor der Schiefneigung des Relaskops das Pendel zu fixieren. Um nun aber die Richthöhe zumindest angenähert genau messen zu können, ist der gekrümmte Schaft gestreckt zu denken, wie das auf der Zeichnung angedeutet ist. **Eine mit Schätzung verbundene Messung ist immer besser, als keine Messung!**



## 7. Dreipunktmessung mit Feineinstellung

Die im letzten Kapitel dieses Handbuches beschriebene Feineinstellung auf Neigeköpfen wertet, insbesondere das **Spiegel-Relaskop Metrisch CP**, zu Messfunktionen auf, welche ursprünglich nur dem Tele-Relaskop zugeordnet waren. Voraussetzung ist allerdings, dass hierfür die unbewaffnete Sehkraft des Auges ausreicht und, diesem Ziel dienend, eine besondere Technik in Anwendung kommt, was anhand von Abb. 16 näher erklärt wird:

Nach Wahl eines günstigen, möglichst stammnahen Beobachtungspunktes (nach Möglichkeit oberhalb des Baumfußes) werden Neigung  $p$  zur Brusthöhe und Breite  $b$  des Baumes in Brusthöhe gemessen, hierauf Neigung  $p_2$  und Breite  $b_2$  eines zweiten, höher gelegenen Durchmessers.

Die Lesungen für  $p$  und  $b$  werden jeweils aus einer Instrumenteneinstellung vorgenommen. Im Beispiel liest man  $p = -34$  von der Prozentskala ab. Für die Breitenmessung muss der linke Rand des Stammes mit einer **RE** Streifenbegrenzung derart übereinstimmen, dass die rechte Kontur des Stammes in das Viertelfeld hineinreicht. Es werden die vollen **RE** links von 0 (Abb. 6) gezählt (1 RE = 2%) und rechts von 0 die vom Stamm abgedeckten Viertelstreifen bzw. geschätzte Teile eines Viertelstreifens (1 Viertelstreifen = 0,5 %). Für  $b$  ergeben sich somit **11,6 %** als Relativwert. Multiplikation mit der Distanz  $a$  in Meter ergibt den Absolutwert des gesuchten Durchmessers in Zentimeter. Bei Punkt 2 verfährt man genauso. Schließlich wird, wenn es von diesem baumnahen Punkt aus möglich ist, die Neigung  $p_0$  zum Baumscheitel gemessen und die Höhe  $h$  berechnet (s. S. 17).

Ist aus der Distanz  $a$  der Baumwipfel nicht sichtbar oder wird die Visur zur Baumspitze zu steil um das Neigungsprozent  $p_0$  zu erhalten, ist folgendermaßen zu verfahren: es wird der Abstand  $a$  verdoppelt (am besten mittels eines abklemmbaren Messdrahtes), und zwar derart, dass im geeigneten Gelände das neue Neigungsprozent  $p''$  zum Bhd gleich dem alten ( $p$ ) verbleibt.  $p_0$  erhält man hierauf durch Verdoppelung von  $p''$  und Hinzuzählung von  $p''$ , was auch dann richtig ist, wenn letzteres von  $p$  verschieden, jedoch auf den alten Instrumentpunkt (und nicht auf den Bhd) gerichtet war (Berücksichtigung der verschiedenen Instrumentenhöhen!).

Müssen wegen zu steiler Visuren auch Breitenmessungen aus der verdoppelten Distanz ausgeführt werden, so erfolgt die Umrechnung auf den Nahstand  $a$  einfach durch Verdoppelung der  $b_1$ -Ablesungen.

Sinngemäß kann dieses Schema auch auf Messungen aus drei- oder noch mehrfachen Baumabständen  $a$  ausgedehnt werden, was hauptsächlich bei Stamm-

vermessungen im Dienst von Dauerstichproben zur Zuwachsverfolgung (s. S. 14) in Betracht kommt.

## Feineinstellung auf Neigekopf für Präzisionsmessungen

Um für die Messung von Baumhöhen und –durchmessern, die in den Relaskopen zur Verfügung gestellte Messgenauigkeit voll ausschöpfen zu können, wurde eine Feineinstellung konstruiert, die auf ein Stativ mit Neigekopf aufgesetzt werden kann (Abb. 13, 14 und 15).

Die Feineinstellung (Abb. 14) besitzt im Zentrum eine Gewindeschraube mit großem flachen Rändelrad (8) zur Befestigung des jeweiligen Relaskops und seitlich einen kurzen Drehgriffhebel (7) zur Feststellung des Rändelrades samt Schraube und Instrument. Dabei muss die gleich bleibende Ausgangsrichtung gewährleistet sein, indem das Spiegel-Relaskop (Abb. 15) flach an dem Knopfdrücker (10) anzuliegen hat, wie auch nachstehend beschrieben:

Um beim Spiegel-Relaskop während Präzisionsmessungen die Pendelfixierung auf Dauer lösen zu können, ist über den Anschlagstift (9) der Knopfdrücker (10) (Abb. 15) zu stecken. Diese Vorrichtung hat einen rechteckigen Querschnitt, besitzt eine Längsbohrung und trägt am oberen Ende einen rechtwinkelig gebogenen Stift mit Schraubengewinde, welcher durch Drehung den Druckknopf (6) (Abb. 13) niederhalten kann. Beim Anschrauben des Spiegel-Relaskops ist dieses zunächst vom Anschlag weg nach rechts außen zu verschwenken und nach Fixierung wieder so weit nach links bis es fest am Knopfdrücker (10) anliegt und in dieser Stellung mittels Fixierhebel (7) in der Ausgangsrichtung festgehalten werden kann.

Die Feineinstellung erfolgt nun folgendermaßen (s. Abb. 13): mit dem Drehgriffhebel (1) des Neigekopfes wird die Grobeinstellung des Höhenwertes, welcher nach Drücken des Druckknopfes (6) im Spiegel-Relaskop abgelesen werden kann, vorgenommen. Der Knopfdrücker (10) hält den Druckknopf (6) ständig gedrückt, wodurch die Pendeltrommel frei schwingt und durch Rändelschraube (2) die Feineinstellung erfolgen kann. Drehknopf (3) des Neigekopfes dient der groben Seiteneinstellung, worauf Rändelschraube (4) eine sehr präzise Einstellung und Ablesung der Breitenfelder gestattet. Die Feststellschraube (5) ermöglicht eine seitliche Kippung des Neigekopfes, wofür keine Feineinstellung benötigt wird.

## SKALENBELEUCHTUNG als Zusatzlicht für das Spiegel-Relaskop

Dieses Zusatzlicht ermöglicht selbst bei Dämmerlicht bzw. in dichten Waldbeständen durch eine blendfreie Ausleuchtung der Skala entlang der gesamten Messkante eine genaue Ablesung der Skalenwerte. Es ist sehr einfach durch Aufsetzen über das Frontfenster **jedes Spiegel-Relaskops** (auch ältere Modelle) zu montieren und erlaubt Dauerlicht ebenso wie kurzzeitige Beleuchtung durch Betätigung eines Druckknopfes.

