

EIN DENDROMETER

VON

ERIK LÖNNROTH

HELSINKI 1926

Das hier beschriebene Instrument zum indirekten Messen der Stärke und der Höhe stehender Stämme konstruierte Verfasser im Sommer 1913. Die Theorie desselben wurde erstmals in der Sitzung der Forstwissenschaftlichen Gesellschaft Finnlands am 20. Februar 1914 vorgelegt (vgl. A. K. CAJANDER 1917, Suomen Metsätieteellisen Seuran toiminta v. 1909—1917. Acta forest. fenn., 7, S. 113—114). Erst nach dem Kriege konnte das Instrument gebaut werden; Verfertiger war O/Y Metsäkone in Lahtis (Finnland).

Von den zwei Grundsätzen, nach denen die Visiertangenten bei der mittelbaren Stammstärkenmessung zu ordnen sind — dem Prinzip der unter sich parallelen oder dem der von einem Punkt ausgehenden, diskordanten Tangentenstrahlen —, ist bei dem vorliegenden Dendrometer das letztere zur Anwendung gekommen.¹

Aus mehreren Gründen, von denen weiter unten die Rede sein wird, ist bei der näheren Konstruktion des Stärkenmessers das bekannte »Richtrohr« von PRESSLER zum Ausgangspunkt gewählt worden.² Der indirekte Höhenmesser, der zu dem auf dieser Grundlage entwickelten Hauptteil des fraglichen Instruments hinzuzufügen war, ergab sich danach ziemlich von selbst.

Ein Dendrometer, dessen indirekte Stärkenmessung nach dem Prinzip der von einem Punkt ausgehenden Visiertangenten eingerichtet wird, muss sich folgenden drei Hauptforderungen anpassen: 1) dem variierenden horizontalen Grundabstand zwischen Taxator und Baum, 2) der variierenden Durchmesserhöhenlage am Stamme, d. h. der variierenden schiefen Visierstreckenlänge im Verhältnis zur horizontalen Grundentfernung, und 3) dem variierenden Durchmesser selbst.

¹ Auf die zwei erwähnten Theorien an sich braucht hier nicht näher eingegangen zu werden.

² M. R. PRESSLER 1857, Neue holzwirtschaftliche Tafeln. Dresden. (Ausgabe A, S. 165—166; Ausgabe B, S. 189—190.) — D e r s. 1865, Das Gesetz der Stammbildung und dessen forstwirtschaftliche Bedeutung insbesondere für den Waldbau höchsten Reinertrags. Leipzig. (S. 143—147.)

Die Anpassung des hier zum Grundvorbild genommenen PRESSLER'schen Richtrohrs an diese Anforderungen bei der Visierhandlung geschieht:¹ a) durch Ausziehen des ersten Auszugsrohrs bis auf die von dem Anvisieren des Grunddurchmessers im Verhältnis zu der horizontalen Ausgangsstellung bedingte verlängerte Rohrlänge, b) durch Einstellung der zwei Visierbacken auf die von dem Grunddurchmesser, von der korrigierten Rohrlänge und von dem Abstand zwischen dem Taxator und dem Grunddurchmesser bedingte gegenseitige Lage, und c) durch weiteres Ausziehen des Visierrohrs in die von dem gesuchten neuen Durchmesser und der diesem entsprechenden, ebenfalls neuen Visierstrecke geforderte neue Diopferlänge.

Das Richtrohr passt sich also an: 1) dem variierenden horizontalen Grundabstand im Verhältnis zum gegebenen Grunddurchmesser und zur gegebenen Grundlänge des Rohrs durch Verschiebung der Visierstifte, und 2) sowohl der Veränderung (Verlängerung) der schiefen Visierstrecken (im Verhältnis zum horizontalen Grundabstand) wie 3) der Veränderung (Verkleinerung) des gesuchten neuen Durchmessers (im Verhältnis zum Grunddurchmesser), beide durch Veränderung (Verlängerung) des Visierrohrs.

Über die Anwendung des PRESSLER'schen Richtrohrs zu dem fraglichen Zweck sei noch besonders bemerkt: a) dass die Backen während der Visierhandlung fest in der eingestellten Grundlage verbleiben, b) dass weder die Entfernung zwischen Taxator und Baum noch die der Backen voneinander bekannt zu sein brauchen, soweit es sich nämlich nur um die obenerwähnte Durchmesserrelation handelt (vgl. Fussnote unten), c) dass dagegen, falls die Handlung weiter z. B. eine Stammkubierung bezweckt, erstens der Grunddurchmesser direkt (z. B. mit einer Kluppe) zu messen und zweitens die sog. Richthöhe mit Hilfe eines besonderen Hypsometers abzuschätzen ist, was weiter entweder

¹ Wie bekannt, ist das PRESSLER'sche Richtrohr vom Jahre 1865 aus 4 Rohrstücken, 1 Hauptstück und 3 gradierten Auszugsrohren, zusammengesetzt. An seinem offenen stärkeren Ende ist der Tubus mit zwei zueinander wagrecht gestellten beweglichen Visierstiften oder -backen und an dem mit einem Deckel verschlossenen verjüngten Auszugsende mit einem kleinen Okularloch versehen. Die Backen sind ausserdem durch eine bewegliche Blinderhülse geschützt. Das PRESSLER'sche Richtrohr ist ein stativloses Handinstrument.

PRESSLER konstruierte seinen Baummesser bekanntlich zum Aufsuchen des sog. Richtpunktes. Das Richtrohr bezweckte somit eigentlich nur, eine bestimmte Relation zwischen zwei verschiedenen Durchmessern zu markieren.

eine Bestimmung des fraglichen Abstands von dem Baum oder die Anwendung einer Höhenziellatte voraussetzt, d) dass die Lage des zweiten (kleineren) Durchmessers theoretisch nicht durch eine einzige Visierhandlung bestimmt werden kann, sondern durch oszillatorische, probeweise Abschätzungen aufgesucht werden muss, und e) dass zur Bestimmung der verschiedenen, von den schiefen Visierstrecken bedingten Verlängerungen des Richtrohrs die bezüglichen Elevationswinkel zu messen sind, was wieder mit einem besonderen Instrument (z. B. mit dem PRESSLER'schen sog. Messknecht)¹ gemacht werden muss. — Die Anwendung des PRESSLER'schen ursprünglichen Richtrohrs zu der mittelbaren Stammstärkenmessung ist somit recht umständlich. —

Eine Entwicklung des PRESSLER'schen Richtrohrs und dabei eine konstruktiv andere Lösung der erwähnten Aufgaben bietet z. B. das Dendrometer von WIMMENAUER.² Der Stärkenmesser dieses Instruments wird sowohl in betreff des abzuschätzenden Durchmessers wie des schiefen Visierabstands überhaupt allein durch Verschiebung der zwei beweglichen Visierschrauben akkommodiert. Nach Ablesung der Entfernung zwischen den zwei Visierschrauben und ferner des schiefen Visierabstands (auf dem gemäss der gemessenen horizontalen Standlinie eingestellten Instrumentenhöhenmesser) kann der fragliche Durchmesser auf Grund noch zweier von der Ausführung des Instruments abhängigen Faktoren berechnet werden.

Eine weitere, prinzipiell verschiedene Entwicklung dieser Problemlösung ergibt sich aus der SANLAVILLE'schen Dendrometerkonstruktion.³ Dieses Instrument wird zuerst in Relation zu der (schiefen) Entfernung des Okulars vom Fusse des Baumes (durch Vermittlung einer Ziellatte) eingestellt. Diese Einstellung geschieht dadurch, dass man dem Diopfer sowohl eine diesbezügliche Grundrichtung wie eine Grundlänge im Verhältnis zu dem benutzten Diopfermassstab gibt. Die weitere, die Höhenlage des abzuschätzenden Durchmessers bezweckende Diopferlänge wird danach vom Instrument selbst proportional zu dem bezüglichen schiefen Visierabstand gegeben, wenn man nur das Diopferobjektiv, durch Verschiebung längs dem vertikalen Höhenmassstab, in die

¹ M. R. PRESSLER z. B. 1857, I. c. (Ausgabe A, S. 201—213; Ausgabe B, S. 225—237.)

² K. WIMMENAUER 1896, Baummesser mit Fernrohr. Allg. Forst- u. Jagd-Zeit. (S. 222.) — Ders. 1898, Baummesser mit Fernrohr. Ibid. (S. 144.)

³ SANLAVILLE 1870. (M. f. d. F. u. J.) (S. 254.) Nach U. MÜLLER 1923, Lehrbuch der Holzmesskunde. 3. Aufl. Berlin. (S. 150—152, 191.)

fragliche Richtung einstellt. Der gesuchte Durchmesser wird schliesslich durch entsprechende Verschiebung der einen diesbezüglichen Visierbacke gefunden.

Beide beschriebenen Dendrometer sind mit einem Stativ zu benutzen.

Diese zwei Dendrometerkonstruktionen sind hier — abgesehen davon, dass sie zwei verschiedene Entwicklungen der PRESSLER'schen Grundidee repräsentieren und somit schon an sich von Interesse sind, — speziell als Vertreter zweier diesbezüglichen Stärkenmesserkategorien von prinzipiell verschiedener Anwendungsart und verschiedenem Erfolg angeführt.

Von diesen erfüllt nämlich der SANLAVILLE'sche Typ theoretisch exakt die zwei Hauptanforderungen eines indirekten Stammstärkenmessers, nämlich: 1) das mittelbare Messen von Durchmessern in gegebenen Höhenlagen, und 2) das Aufsuchen bestimmter Durchmesser am Stamme, — wogegen die andere Dendrometerkategorie, welche hier durch das WIMMENAUER'sche Instrument vertreten war, die zweiterwähnte Aufgabe nicht ohne weiteres erfüllen kann. Nur durch oszillatorische, probeweise Abschätzungen nach Art der Anwendung des PRESSLER'schen Richtrohrs (vgl. weiter oben) kann diese Anforderung auch mittels eines solchen Instruments annäherungsweise befriedigt werden.

* * *

Bei dem Bestreben, ein Dendrometer zu schaffen, welches die zwei genannten Probleme vollgültig lösen würde, dabei aber, wie das PRESSLER'sche Richtrohr, ein Freihandinstrument wäre und somit eine noch weitere und in bezug auf Bequemlichkeit und Leichtigkeit der Handhabung vollkommenere Entwicklung des PRESSLER'schen Baummessers bedeutete, ist Verf. folgendermassen vorgefahren.

Der PRESSLER'sche Tubus wurde als solcher beibehalten. Er ist vierteilig und unbewaffnet, hat die zwei wagrecht gestellten Visierbacken, das Okularloch und die Blendenhülse (hier fest) wie bei dem Rohr PRESSLER's. Die Länge des Rohrs ist auch ungefähr dieselbe, nämlich voll ausgezogen etwas über 50 cm (die Blendenhülse nicht mitgerechnet) und ganz zusammengeschoben ca. 15 cm. Die längste effek-

tive Länge ist $3\frac{1}{2}$ mal grösser als die Grundlänge. Das Rohr des Verf. besteht aus Metall. Fig. 1—4.¹

Sowohl der variable horizontale Abstand zwischen Taxator und Baum wie der variierende Stammdurchmesser werden beide bei diesem Instrument ausschliesslich durch Veränderung der effektiven Rohrlänge erfasst.

Hieraus folgt u. a., dass die gegenseitige Entfernung der zwei Visierbacken in bezug auf diese beiden variablen Grössen fest bleibt. Wie dieser prinzipielle Beginn des Konstruktionsprogramms ferner die Konstruktionslösung des Problems über die variierende Höhenlage des Durchmessers beeinflusst, wird weiter unten gezeigt.

Wird ganz allgemein der Stammdurchmesser mit D , sein Abstand vom Diopterokular mit L und die Entfernung der Visierbacken voneinander mit d bezeichnet, so wird die hierzu erforderliche Diopferlänge l auch ganz allgemein durch die Formel

$$l = d \frac{L}{D}$$

berechnet. Vgl. den untersten Konstruktionsteil in Figur 10.

Im Hinblick auf die erfahrungsgemässe Tatsache, dass der durchschnittlich vorteilhafteste Horizontalabstand zwischen Taxator und Baum bei der indirekten Stammstärkenmessung (nicht Vollhöhenmessung), — wenn es sich um annähernd volllichte und haubare Bestände sowie unbewaffnete Instrumente handelt —, etwa ± 10 m ist, ist der Diopter des Visierrohrs in bezug auf den gleich oben formulierten Punkt des Konstruktionsprogramms (somit auch in bezug auf eine bis auf weiteres horizontale Visierlinie) folgendermassen eingerichtet:²

- 1) die grundkonstante Entfernung zwischen den Visierbacken ist mit 6,5 mm festgelegt,
- 2) die längste effektive Diopferlänge entspricht auf einer 8-metrigen horizontalen Standlinie einem Stammdurchmesser

¹ Die Genauigkeit des Instruments an sich beim Anvisieren ist somit dieselbe wie bei PRESSLER's Richtrohr und braucht also hier nicht näher erörtert zu werden.

² Das vorliegende Instrument ist hauptsächlich für praktisch-taxatorische Zwecke, speziell im Hinblick auf die mässigen benutzbaren Längen und die gewöhnlichen Nutzstärken der nordischen Waldbäume gebaut.

von 10 und die kürzeste einem solchen von 35 cm — und somit auf einer 12-metrigen Linie entsprechend einem Durchmesser von 15, bzw. 52,5 cm.

Diese zwei Standlinien, die im allgemeinen allen billigen Ansprüchen genügen dürften, sind in betreff des Stammdurchmessers durch Zentimeter- und englische Zollskalen an dem Visierrohr zum Ausdruck gebracht, — die eine Skala auf der einen Seite des Rohrs, die andere auf der anderen Seite. In Fig. 1 ist die Durchmesserskala der 8-metrigen Standlinie ersichtlich (wo also die oberen Ziffern die Zentimeter- und die unteren die Zollskala markieren). Vgl. Fig. 9 sowie Tabelle I.

Will man unbedingt noch andere Standlinien benutzen, so bieten z. B. die Hälfte des 12-metrigen Abstandes und die Verdoppelung der 8-metrigen Standlinie oft zwei gute Entfernungen dar, auf welchen die eingeritzten Skalen auch sehr leicht anzuwenden sind. Auch die eventuellen sonstigen Skalenumrechnungen sind ja (speziell für 4- und 24-metrige Standlinien) sehr einfach. Überdies können ja auch noch andere Abstands-Durchmesserskalen als die der 8- und 12-metrigen Standlinien an dem Tubus eingeritzt werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass nicht solche Entfernungen gewählt werden, auf welchen der Tubusdioptr nicht mehr den erforderlichen Durchmessern zu entsprechen vermag.

Hiernach wäre das Problem der variierenden schiefen Visierstrecke in Relation zur horizontalen Standlinie zu lösen.

Zur Erfüllung dieser un bequemsten der drei obenerwähnten Dendrometeranforderungen ist hier der Zwischenraum der zwei Visierbacken allein zur Verfügung gestellt, was auch dadurch ermöglicht wird, dass die zwei anderen kritischen Fragestellungen schon auf anderem Wege gelöst worden sind.

Durch eine Verminderung dieses Backenabstands, die sachlich der Verlängerung der Visierlinie entspricht, kann die letzterwähnte Veränderung natürlicherweise aus dem Visierproblem eliminiert werden. Darin liegt freilich auch nichts Neues, — dieselbe Korrektion enthält ja auch z. B. das obenerwähnte WIMMENAUER'sche Instrument.

Eine andere Sache ist dagegen, dass eine (z. B. die WIMMENAUER'sche) einfache Handverschiebung der Backen gegeneinander keine Verbesserung der früheren Dendrometer dieses Typs bedeuten würde und hier

auch keine Lösung der oben angeführten zweiten wichtigen Aufgabe eines theoretisch vollkommenen Dendrometers ergeben könnte. Die Lösung muss deshalb jetzt ganz anders gemacht werden, und tatsächlich kulminiert die ganze Frage eines erfolgreichen neuen Dendrometers gerade in diesem Punkt des Konstruktionsprogramms.

Es ist auch gelungen, eine diesbezügliche erwünschte Lösung durchzuführen. Durch Vermittlung der Schwerkraft ist eine selbsttätige Backenverschiebung zustande gekommen, mittels welcher die ganze Frage über die Visierstreckenverlängerung durch schiefes Anvisierens tatsächlich eliminiert werden kann. Dies geschieht auf folgende Weise.

Wird ein bestimmter Stammdurchmesser mit D , die gewählte horizontale Standlinie mit L , die durch einen Elevationswinkel α gekennzeichnete schiefe Visierstrecke mit L' , die Grundentfernung zwischen den Visierbacken mit d , die dem angenommenen Durchmesser, der horizontalen Standlinie und dem gegenseitigen grundkonstanten Backenabstand entsprechende Rohrdioptrlänge mit l und der von der schiefen Visierentfernung im Verhältnis zu dem angenommenen Durchmesser und der schon berechneten und festgehaltenen Dioptrlänge bedingte neue gegenseitige Backenabstand mit d' bezeichnet, so geht aus der oben angeführten Gleichung (S. 7) ohne weiteres hervor (vgl. Fig. 10), dass

$$d' = \cos \alpha \cdot d$$

sein muss, weil ja

$$L' = \sec \alpha \cdot L$$

ist. Will man also die besprochene Verlängerung der Visierstrecke durch eine entsprechende Verkleinerung des gegenseitigen Backenabstands eliminieren, so muss diese Verkleinerung dem Kosinus des Elevationswinkels gemäss vorgenommen werden.

Eine demgemässe Vorrichtung, die eine automatische diesbezügliche Backenabstandsverkleinerung leistet, ist dem Instrument angefügt.

Auf der einen Seite des Visierrohrs ist ein beweglicher Pendel angebracht (Fig. 1—5), der bei der Anwendung des Instruments beständig eine lotrechte Lage einnimmt. Die Achse, um die sich der Pendel dreht, liegt auf dem Rohr genau über den zwei Visierbacken und somit auch parallel mit diesen.

An dem Pendel, in der Höhe der Visierbacken, ist ein Bogenschenkel, der ungefähr 155° umfasst, angebracht. Auf der querliegenden Bogenplatte dieses Schenkels ist eine Kurvenspalte eingeschnitten, die exakt der obenangeführten vorletzten Gleichung (sowohl für einen Elevationswinkel nach oben wie nach unten) entspricht. Vgl. Fig. 7, wo diese Spalte sowohl in der ursprünglichen gestreckten als in der dem Instrument angepassten gebogenen Gestalt der Platte veranschaulicht ist. Ferner ist der Visierstift, der sich auf derselben Seite wie der Pendel befindet und beweglich gehalten ist, mit einem nach unten zeigenden Knopf oder Haken versehen, der seinerseits in der erwähnten Schenkelspalte läuft. Der andere Visierstift sitzt fest.¹

Die Krümmung der fraglichen »Kosinuskurve« ist ihrerseits durch folgende Berechnungen in der Platte eingeschnitten:

Wird der Radius des Schenkelbogens mit r und werden die Koordinaten der Kosinuskurve in einem rechtwinkligen Koordinatensystem, wo sich die Origo in dem niedrigsten Punkt der Kurve (der Horizontalanlage des Visierrohrs entsprechend) befindet und in betreff welches sich die Kurve symmetrisch nach beiden Seiten biegt, mit x (Länge des Kreisbogens der gestreckten Schenkelplatte) und y (Mass der Verkleinerung des Backenabstands) bezeichnet (vgl. Fig. 7), so hat man

$$\begin{cases} x = \pi r \frac{\alpha}{180}, \\ y = d(1 - \cos \alpha). \end{cases}$$

Bei dem vorliegenden Instrument ist $r = 25$ mm und, wie erwähnt, $d = 6,5$ mm. Vgl. Tabelle II.

Bei dem Heben oder Senken des Instruments aus der Horizontalanlage (vgl. z. B. Fig. 5, 9 und 10) verschiebt sich also der kleine Haken des Visierstifts längs der Spalte. Durch die Seitenkrümmung der Spalte nimmt der fragliche bewegliche Visierstift somit eine der obengenannten diesbezüglichen Formel entsprechende Lage im Verhältnis zu dem zweiten festen Visierstift ein, wodurch weiter die in Rede stehende Verlängerung der Visierstrecke automatisch eliminiert wird. Lässt man umgekehrt das Instrument aus der schiefen Lage der Horizontalstellung entgegen-

¹ Es wäre natürlich unnütz gewesen, beide Backen beweglich zu machen, da ja der gewünschte Effekt durch diese einfachere Anordnung erzielt wird. Die geringe Schiefheit bei dem Anvisieren, die auf diese Weise entsteht, macht praktisch nichts aus.

Um Gleichgewicht in der Handhabung des Instruments zu erzielen, ist vorn am Rohr ein spezieller Griff angebracht. Vgl. Fig. 1—5.

fallen (bzw. -steigen), so bewegt sich der Visierstift dementsprechend in der gegensätzlichen Richtung, wobei er fortwährend die geforderte Entfernung von dem festen Stift einnimmt. In der Horizontalstellung erreicht diese Entfernung also ihr Maximum. Vgl. Fig. 6 und 10. — Es sei noch erwähnt, dass die Pendelachse $6\frac{1}{2}$ cm lang ist und dass die Pendelbewegung noch durch einen weiteren Kontrollbogen gesichert ist, so dass die ganze bewegliche Vorrichtung ausserordentlich genau und empfindlich funktioniert. Für den Nichtgebrauch kann der Pendel mittels einer Schraube arretiert werden. Der feste Visierstift ist seinerseits mit einer Korrektionsschraube versehen, so dass die erste Einstellung des Stifts beim Bau des Instruments exakt gemacht werden kann.

Die Tubuslänge bleibt also, wie ersichtlich, von der Höhenlage des Durchmessers unberührt und somit konstant für jeden Durchmesser und jeden horizontalen Grundabstand vom Baum.

Hieraus folgt weiter unmittelbar, dass die zwei oben erwähnten Aufgaben eines vollkommenen Dendrometers (vgl. S. 6) — was einstweilen den abzuschätzenden Durchmesser betrifft, — ohne weiteres durch das beschriebene Instrument gelöst werden.

Die Lösung der ersten Aufgabe geschieht einfach durch Anvisieren des Durchmessers in der gegebenen Stammhöhe auf die Weise, dass der Tubus vor dem Auge langsam zu einer solchen Länge ausgezogen wird, dass das Bild des fraglichen Durchmessers genau zwischen die Visierbacken fällt. Die der Standlinie entsprechende Tubusskala gibt sogleich das Mass des abgeschätzten Durchmessers an. Die zweite Aufgabe hinwieder löst man so, dass man erstens den Tubus bis zu der dem fraglichen Durchmesser und Horizontalabstand vom Baum entsprechenden Länge auszieht und zweitens mit dem so eingestellten Instrument den Stamm, z. B. von unten her beginnend und langsam nach oben gehend, anvisiert, bis dessen Bild genau zwischen die Backen fällt, welche Stammstelle somit dem gesuchten Durchmesser entspricht.

Nachdem die mittelbare Durchmesserermittlung gelöst war, bereitete es natürlicherweise keine Schwierigkeiten mehr, auch die mittelbare Höhenmessung mit demselben Instrument durchzuführen. Dies Problem wurde hier folgendermassen erledigt.

An dem beweglichen Pendel wurde eine Höhenskala von der Form eines Kreisbogens angefügt, die, der Tubusskala gemäss, mit zwei Mass-

stäben versehen wurde, der eine der 8- und der andere der 12-metrigen horizontalen Standlinie entsprechend. Vgl. Fig. 1—5 und 8.

In Fig. 4 sind die zwei Massstäbe und der zweiseitige, an dem Hauptrohr befestigte Skalenindex (vom Taxator aus gesehen) wiederzufinden. Fig. 8 veranschaulicht ihrerseits die Massstäbe, wie sie auf der gestreckten Skalenplatte eingeritzt sind. Auch diese Skala ist, wie gewöhnlich, sowohl für nach oben wie nach unten gerichtete Observationen geeignet. — Übrigens sei noch erwähnt, dass der Pendel an seinem unteren Ende in zur angefügten Höhenskala entgegengesetzter Richtung gebogen ist, um das vertikale Gleichgewicht für den Pendel zu erzielen. Das Pendelgewicht ist ausserdem für denselben Zweck, wie aus Fig. 1, 2 und 5 ersichtlich, mit einer diesbezüglichen Korrektionschraube versehen.

Die Höhenmassstäbe sind nach folgenden einfachen trigonometrischen Überlegungen berechnet (vgl. Fig. 9 und 10 sowie S. 9—10).

Wird die Höhe von der wagrechten Grundlinie zu dem anvisierten Stamm punkt mit H , der Radius der Höhenskala mit R und die Länge des Kreisbogens der Höhenskala mit K bezeichnet, so hat man

$$\begin{cases} \operatorname{tg} \alpha = \frac{H}{L}, \\ K = \pi R \frac{\alpha}{180}. \end{cases}$$

Bei dem vorliegenden Instrument ist $R = 75$ mm. Die Höhenmassstäbe gelten für 6 und 9 m unter sowie für 24 und 36 m über der Horizontalinie — in betreff der 8-, bzw. der 12-metrigen Standlinie. Vgl. Tabelle III.

Mit Hilfe dieses Höhenmessers können nun die obenangeführten zwei Dendrometeraufgaben auch für die Höhenschätzungen gelöst werden. Seiner Konstruktion nach arbeitet der Höhenmesser automatisch, und es brauchen somit nur die bezüglichen Ablesungen bei der Anwendung des Instruments in den fraglichen Fällen gemacht zu werden. Will man jedoch andere Standlinienlängen als die von 8 oder 12 m benutzen, so müssen noch entsprechende Höhenrechnungen, wie auch betreffs der Rohrlänge, gemacht werden.

Z. B. beim Aufsuchen bestimmter Durchmesser am Stamme werden das Anvisieren des Durchmessers und die Ablesung der stets in der Rohrlinie vor dem Auge sich bewegenden Höhenskala momentan nacheinander gemacht; es braucht nur eine Neuakkommodierung der Augen zu geschehen, wenn vom Tubusinnern (Backeneinklemmungsober-; rechtes Auge) zum Tubusäussern (Höhenablesung; linkes Auge) über-

gegangen wird, — hingegen ist dabei keine einzige Instrumenten- oder Gliederbewegung vonnöten.

Je eine Höhenablesung gilt — der Konstruktion des Hypsometers gemäss — für die Höhe von der Horizontallinie bis zu dem geschätzten Höhenpunkt. Die Höhe vom Bodenpunkt her ist somit, wenn dieser Punkt nicht auf der erwähnten Linie liegt, durch zwei Schätzungen (deren Ablesungen in bekannter Weise entweder zueinander addiert oder voneinander subtrahiert werden) gegeben. — Das Hypsometer kann selbstverständlich auch für blosse Höhenschätzungen ohne Durchmesser messungen angewendet werden.

Das Dendrometer kommt im allgemeinen nicht bloss für das Studium von absoluten Durchmesserwerten in Betracht. Auch Untersuchungen über relative Durchmesserwerte werden oft am bequemsten mit dem Dendrometer gelöst. Es sei nur z. B. das Verhältnis des Durchmessers in halber Stammhöhe zu dem Bruthöhendurchmesser oder das Aufsuchen des PRESSLER'schen Richtpunkts am Stamme, beide für wachsende Bäume, erwähnt.

Auch derartige indirekte Ermittlungsaufgaben löst das beschriebene Instrument mit grösster Leichtigkeit.

Man schätzt zuerst mit dem Höhenmesser die bezüglichen Höhenlagen. Danach zieht man den Tubus bis auf 10 Zoll der 8-metrigen Skala aus und sucht sich eine Stelle im Gelände, von wo bei dem Anvisieren mit dem Instrument das Bild des fraglichen Grunddurchmessers (z. B. des Bruthöhendurchmessers) genau zwischen die Backen fällt. Je grösser der Grunddurchmesser ist, desto weiter vom Baum wird der Taxator stehen, ohne dass er jedoch die Entfernung vom Baum zu kennen braucht. Hiernach hebt man das Rohr und visiert den Stamm bei den fraglichen Höhenlagen an durch weiteres Ausziehen des Rohrs, bis das Stamm bild wieder zwischen die Backen fällt. Die Zollskala gibt hiernach sogleich die fraglichen relativen Dicken an.¹

Handelt es sich zweitens darum festzustellen, in welcher Höhe ein im Verhältnis zum Grunddurchmesser bestimmterweise proportionierter Durchmesser liegt, so macht man die Untersuchung für die Höhenbestimmung in entgegengesetzter Ordnung, sonst so, wie weiter oben schon

¹ Ritzt man auf der Tubusseite noch eine arithmetische, zehngradige Skala ein, so kann man die fraglichen relativen Höhenlagen mit lotrecht hängendem Tubus in bekannter einfacher Weise bei beliebiger Entfernung ohne weiteres abschätzen.

in demselben Fall für die absolute Durchmesserfindung dargelegt wurde, nur aber dem obenangeführten relativen Messungsverfahren angepasst.

Schliesslich sei noch bemerkt, dass die horizontale Entfernung zwischen Taxator und Baum nicht notwendigerweise direkt gemessen zu werden braucht, sondern dass die gewünschte Standlinie auch durch mittelbare Messung gesucht werden kann. Dies kann sowohl mittels des Höhen- wie des Stärkenmessers durchgeführt werden, leichter jedoch mit dem letzteren.

Man stellt eine kurze Ziellatte von sonst beliebiger Länge waagrecht an den Baum (z. B. eine gewöhnliche Durchmesserkluppe kann hierzu benutzt werden), zieht das Dendrometerrohr zu der der Ziellatte und der gewünschten horizontalen Standlinie entsprechenden Länge aus und sucht sich eine Stelle im Gelände, von wo das Lattenbild beim Anvisieren mit dem Instrument genau zwischen die Backen fällt. Die so gefundene Entfernung ist die gesuchte. — Zu beachten ist nur, dass die Standlinie winkelrecht der Ziellattenlinie entgegenlaufen wird, dagegen aber ist die Höhenlage der Latte am Baum sachlich, der Konstruktion des Stärkenmessers gemäss, beliebig.

Das für das neue Dendrometer aufgestellte Programm ist hiermit in allen Teilen durchgeführt.

Das Instrument löst sämtliche Dendrometertasken theoretisch bindend.

Das Durchmesserwerk ist — abgesehen von dem Richten des Instruments gegen den anzuvisierenden Baum — nur einer einzigen Einstellung (der der Rohrlänge), das Höhenwerk keiner einzigen bedürftig. Beide Werke arbeiten in gewissen Hinsichten automatisch und ergänzen einander.

Für bestimmte Standlinien gelten sowohl die Durchmesser- wie die Höhenablesungen ohne irgendwelche Umrechnungen direkt. Die Ablesungen sind leicht von deutlich gradierten Skalen zu machen.

Das Instrument ist ein Freihandinstrument und besitzt dadurch alle Vorteile eines solchen Baummessers. Es akkommodiert sich gut auch für Bäume, die im Winde wehen. Seine Konstruktion ist einfach, es ist bequem zu handhaben, von kleinem Format, leicht transportabel, schnell anwendbar, empfindlich funktionierend und wenigstens für die Praxis hinreichend genau.

Tabelle I.

Die Durchmesserskala.

Stamm- durchmesser cm	Standlinie:		Stamm- durchmesser cm	Standlinie:		Stamm- durchmesser cm	Standlinie:	
	8 m	12 m		8 m	12 m		8 m	12 m
	Diopterlänge mm			Diopterlänge mm			Diopterlänge mm	
10	520,0	—	25	208,0	312,0	40	—	195,0
11	472,7	—	26	200,0	300,0	41	—	190,2
12	433,3	—	27	192,6	288,9	42	—	185,7
12,5	416,0	—	27,5	189,1	283,6	42,5	—	183,5
13	400,0	—	28	185,7	278,6	43	—	181,4
14	371,4	—	29	179,3	269,0	44	—	177,3
15	346,7	520,0	30	173,3	260,0	45	—	173,3
16	325,0	487,5	31	167,7	251,6	46	—	169,6
17	305,9	458,8	32	162,5	243,8	47	—	166,0
17,5	297,1	445,7	32,5	160,0	240,0	47,5	—	164,2
18	288,9	433,3	33	157,6	236,4	48	—	162,5
19	273,7	410,5	34	152,9	229,4	49	—	159,2
20	260,0	390,0	35	148,6	222,9	50	—	156,0
21	247,6	371,4	36	—	216,7	51	—	152,9
22	236,4	354,5	37	—	210,8	52	—	150,0
22,5	231,1	346,7	37,5	—	208,0	52,5	—	148,6
23	226,1	339,1	38	—	205,3	—	—	—
24	216,7	325,0	39	—	200,0	—	—	—

Engl. Zoll	mm		Engl. Zoll	mm		Engl. Zoll	mm	
4	511,8	—	9 1/2	215,5	323,2	15	—	204,7
4 1/2	454,9	—	10	204,7	307,1	15 1/2	—	198,1
5	409,4	—	10 1/2	195,0	292,5	16	—	191,9
5 1/2	372,2	—	11	186,1	279,2	16 1/2	—	186,1
6	341,2	511,8	11 1/2	178,0	267,0	17	—	180,6
6 1/2	315,0	472,4	12	170,6	255,9	17 1/2	—	175,5
7	292,5	438,7	12 1/2	163,8	245,7	18	—	170,6
7 1/2	273,0	409,4	13	157,4	236,2	18 1/2	—	166,0
8	255,9	383,9	13 1/2	151,6	227,5	19	—	161,6
8 1/2	240,9	361,3	14	—	219,3	19 1/2	—	157,4
9	227,5	341,2	14 1/2	—	211,8	20	—	153,5

Tabelle II. Die Kosinuskurve.

Elevationswinkel	Länge des Kreisbogens für den Radius 25 mm	Verkleinerung des Backenabstands
°	mm	
0	0	0
10	4,36	0,10
20	8,73	0,39
30	13,09	0,87
40	17,45	1,52
50	21,82	2,32
60	26,18	3,25
70	30,54	4,28
72° 4' 48"	31,45	4,50

Tabelle III.

Die Höhenskala.

Höhe m	Standlinie 8 m			Standlinie 12 m		
	Tangente des Elevations- winkels	Elevations- winkel	Länge des Kreisbogens für den Ra- dius 75 mm	Tangente des Elevations- winkels	Elevations- winkel	Länge des Kreisbogens für den Ra- dius 75 mm
0	0	0° 0'	0	0	0° 0'	0
1	0,1250	7° 8'	9,4	0,0833	4° 46'	6,2
2	0,2500	14° 2'	18,4	0,1667	9° 28'	12,4
3	0,3750	20° 33'	26,9	0,2500	14° 2'	18,4
4	0,5000	26° 34'	34,8	0,3333	18° 26'	24,2
5	0,6250	32° 0'	41,9	0,4167	22° 37'	29,6
6	0,7500	36° 52'	48,2	0,5000	26° 34'	34,8
7	0,8750	41° 11'	53,9	0,5833	30° 15'	39,6
8	1,0000	45° 0'	58,9	0,6667	33° 41'	44,1
9	1,1250	48° 22'	63,3	0,7500	36° 52'	48,2
10	1,2500	51° 20'	67,2	0,8333	39° 48'	52,1
11	1,3750	53° 58'	70,7	0,9167	42° 31'	55,7
12	1,5000	56° 19'	73,7	1,0000	45° 0'	58,9
13	1,6250	58° 24'	76,4	1,0833	47° 17'	61,9
14	1,7500	60° 15'	78,9	1,1667	49° 24'	64,7
15	1,8750	61° 56'	81,1	1,2500	51° 20'	67,2
16	2,0000	63° 26'	83,0	1,3333	53° 8'	69,5
17	2,1250	64° 48'	84,8	1,4167	54° 47'	71,7
18	2,2500	66° 2'	86,5	1,5000	56° 19'	73,7
19	2,3750	67° 10'	87,9	1,5833	57° 43'	75,5
20	2,5000	68° 12'	89,3	1,6667	59° 2'	77,3
21	2,6250	69° 9'	90,5	1,7500	60° 15'	78,9
22	2,7500	70° 1'	91,7	1,8333	61° 23'	80,3
23	2,8750	70° 49'	92,7	1,9167	62° 27'	81,8
24	3,0000	71° 34'	93,7	2,0000	63° 26'	83,0
26	—	—	—	2,1667	65° 14'	85,4
28	—	—	—	2,3333	66° 48'	87,5
30	—	—	—	2,5000	68° 12'	89,3
32	—	—	—	2,6667	69° 27'	90,9
34	—	—	—	2,8333	70° 34'	92,4
36	—	—	—	3,0000	71° 34'	93,7

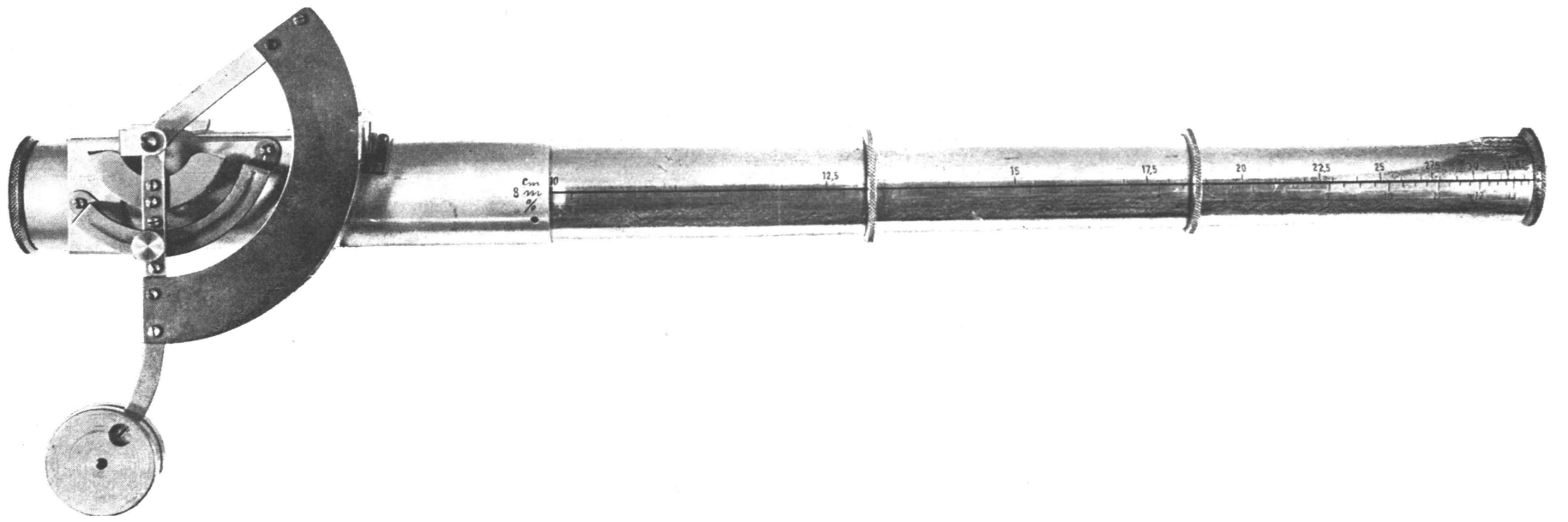


Fig. 1

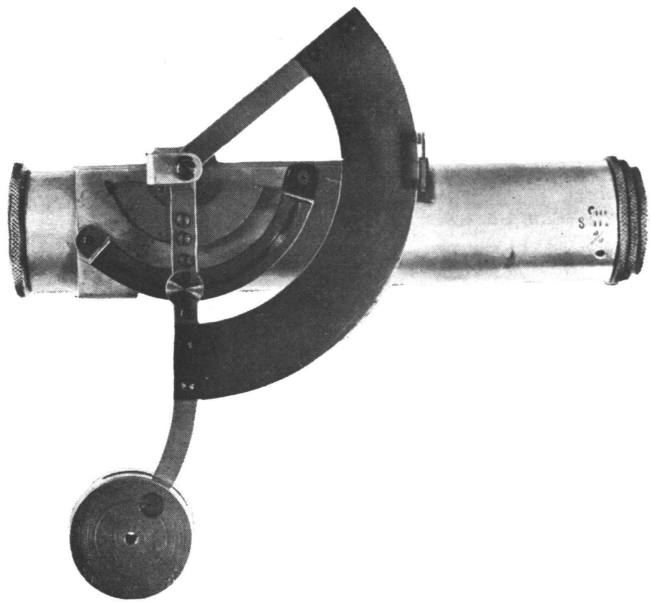


Fig. 2

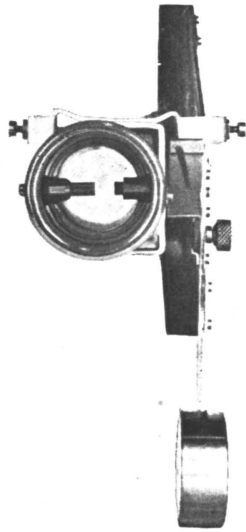


Fig. 3

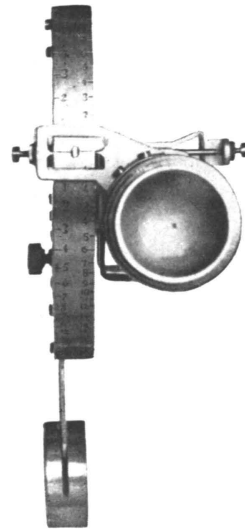


Fig. 4

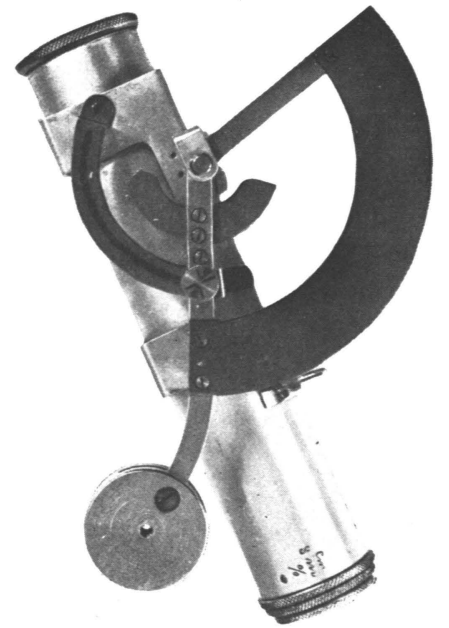


Fig. 5

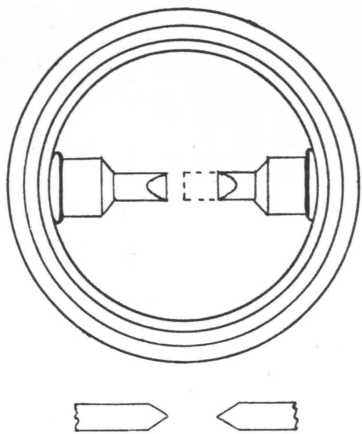


Fig. 6

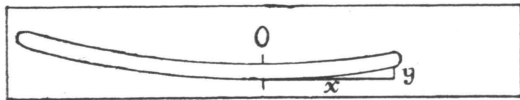
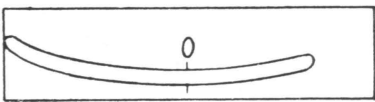
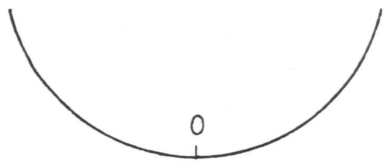


Fig. 7

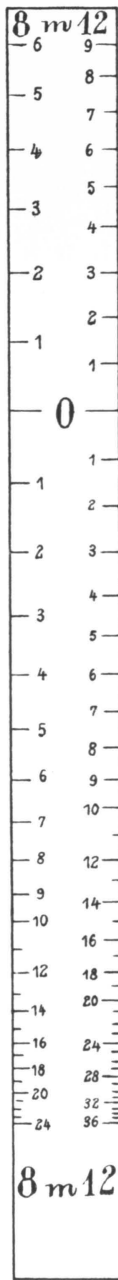


Fig. 8

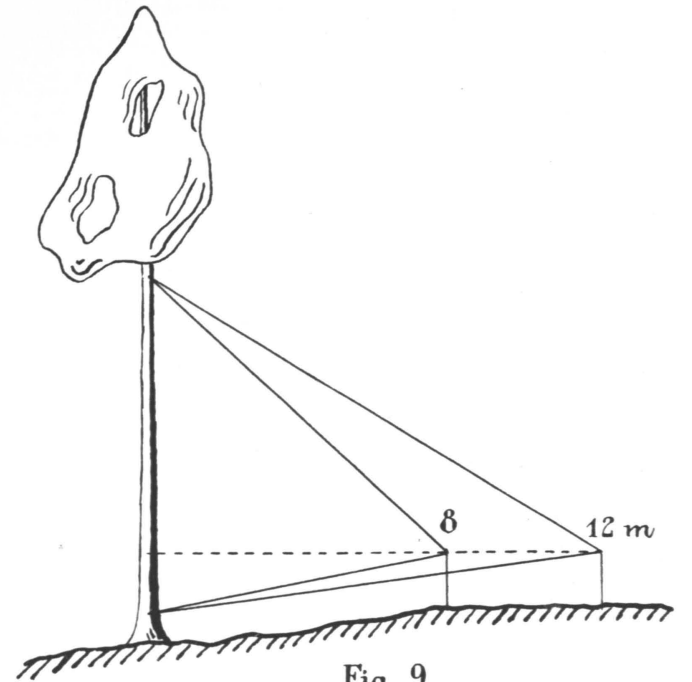


Fig. 9

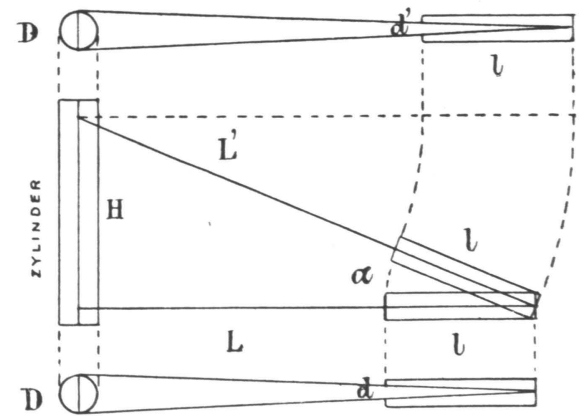


Fig. 10