

Paper-ID: VGI\_195507



## Tachy-Topograph

Karl Killian <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Wien*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **43** (2), S. 41–48

1955

Bib<sub>T</sub>E<sub>X</sub>:

```
@ARTICLE{Killian_VGI_195507,  
Title = {Tachy-Topograph},  
Author = {Killian, Karl},  
Journal = {{\u}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen},  
Pages = {41--48},  
Number = {2},  
Year = {1955},  
Volume = {43}  
}
```



punkt um den Betrag  $c$  vom Anfangspunkt der Gradteilung absteht. Geht man nun mit der Gradlesung in die Rechentafel ein, so liest man an der Millimeterteilung den Ausdruck  $\triangle$  ab.

Da die Millimeterteilung infolge des für jede Basislatte wechselnden Betrages  $c$  anders der Gradteilung anzufügen ist, wurden im Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen die Gradeinteilung und die Millimeterteilung auf zwei verschiedenen Oleaten gezeichnet. Diese werden nun entsprechend dem Werte  $c$  in die richtige Stellung zueinander gebracht und ergeben in der Lichtpause die Rechentafel für eine bestimmte Basislatte.

In der nachfolgenden Darstellung der Rechentafel ist für  $c$  der Betrag von  $+1,3 \text{ mm}$  angesetzt worden.

## Tachy-Topograph

Von Ing. K. Killian

In vorliegender Veröffentlichung ist ein neuer Tachymeter (Tachytopograph) behandelt, dessen Bau vorgeschlagen wird. Am Tachymeterpunkt kommt eine horizontale oder vertikale Basis zur Verwendung, deren Endpunkte besondere Zielmarken bilden. In der Fadenkreuzebene des Gerätes befindet sich ein Diagramm, das auf die beiden Zielmarken eingestellt wird. Mit dieser Einstellung wird zweierlei erreicht:

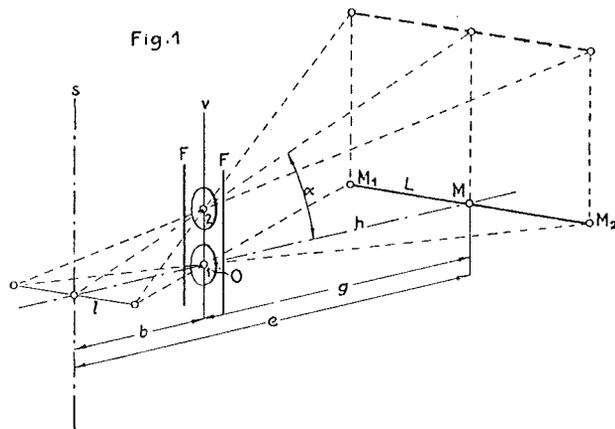
1. ein Pikierstift wird automatisch über den Grundriß des zu pikierenden Punktes geschoben.

2. Die Fernrohrparallaxe wird ebenfalls automatisch beseitigt. (Durch wird einer der größten Fehler der Einbilddistanzmesser zum Verschwinden gebracht.)

Das Gerät ermöglicht überdies, den Höhenunterschied zwischen Stand- und Tachymeterpunkt oder, bei Kenntnis der Meereshöhe des Standpunktes, die Meereshöhe des Tachymeterpunktes abzulesen. Diese Ablesungen geschehen seitlich, wo auch die Eintragung zum pikierten Tachymeterpunkt erfolgt. Die besonderen Zielmarken der Latte gestatten kleine Fernrohrvergrößerung und Beobachtung bei ungünstigen Lichtverhältnissen und ferner verkleinern sie den Fehler infolge Luftzitterns.

### A. G r u n d g e d a n k e

Das in der Fig. 1 schematisch dargestellte photogrammetrische (Weitwinkel) Objektiv  $O$ , dessen optische Achse  $h$  horizontal ist, kann mittels der Führung  $F F$  längs der Vertikalen  $v$  verschoben werden. Beide Hauptebenen dieses Objektivs sind in der Folge, nur der einfachen Darstellung wegen, zusammenfallend angenommen. Eine horizontale Latte von der Länge  $L$  (Zielmarke  $M_1, M_2$ ) liege zunächst in der durch die optische Achse gehenden horizontalen Ebene und sei symmetrisch zu dieser Achse angeordnet.



Bedeutet:  $g$  bzw.  $b$  die Gegenstands-, bzw. Bildweite der Latte,  $f$  die Brennweite des Objektivs und  $L$  bzw.  $l$  die Länge der Latte, bzw. ihres Bildes, so ist:

$$\frac{1}{b} + \frac{1}{g} = \frac{1}{f} \quad . . . (1)$$

$$l = \frac{L \cdot b}{g} \quad . . . (2)$$

Das Bild der Latte liegt sodann ebenfalls in der genannten horizontalen Ebene symmetrisch zu  $h$ .

Wird die horizontale Latte vertikal, z. B. nach oben verschoben und bleibt das Objektiv in der Lage 1, so verschiebt sich das Bild der Latte nach unten. Die Größen  $b$  und  $l$  bleiben dabei unverändert, wie dies bekanntlich aus den Gln. (1) und (2) oder aus einer elementaren geometrischen Überlegung folgt. Aus einem später einleuchtendem Grunde ist in der Fig. 1 das Objektiv noch in einer zweiten Lage (2) dargestellt, und zwar ist dieses soweit nach oben verschoben, daß das Bild der verschobenen Latte mit dem Bild der nicht verschobenen Latte zusammenfällt.

Zwei einfach ableitbare bekannte Beziehungen werden in der Folge angewendet:

1. Änderung  $\epsilon$  der Bildweite  $b$ , wenn die Latte aus dem Unendlichen immer näher rückt.
2. Änderung der Größe  $l$  des Lattenbildes bei dieser Verschiebung der Latte.

In der Folge werden die Größen  $b$  und  $g$  zweckmäßig durch die Größen  $e = g + b$  und  $f$  ersetzt.

Aus Gl. (1) folgt:

$$b = \frac{g \cdot f}{g - f} \approx f \left( 1 + \frac{f}{g} \right) \approx f + \frac{f^2}{g} \approx f + \frac{f^2}{e - f}$$

Da definitionsgemäß:

$$\epsilon = b - f \text{ ist, folgt } \epsilon \approx \frac{f^2}{e - f} \quad . . . (3)$$

Setzt man  $b = \frac{g \cdot f}{g - f}$  in Gl. (2) ein und beachtet man, daß

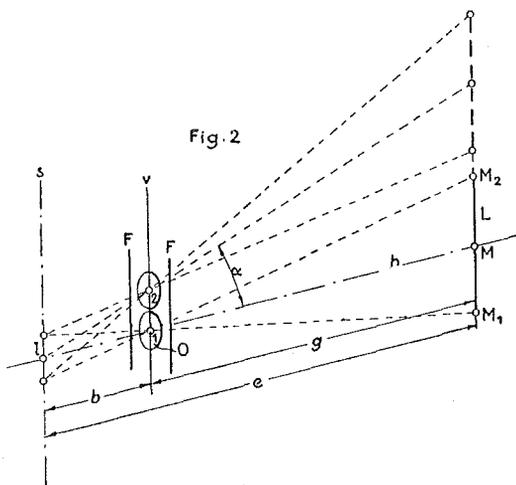
$$b = f - \varepsilon \text{ so folgt: } l = \frac{L \cdot f}{e - 2f - \varepsilon} \quad \dots (4)$$

Beachtet man Gl. (3), so ergibt sich

$$l \approx \frac{L \cdot f}{e - f \left( 2 + \frac{f}{e - f} \right)} \quad \dots (4a)$$

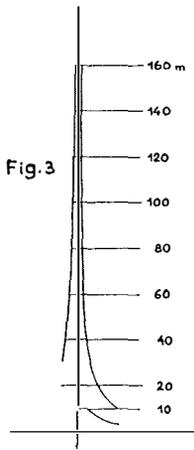
Gl. (4) kann auch direkt aus einer Skizze abgelesen werden, wenn man in dieser die durch den analatischen Punkt des Objektivs gehenden Strahlen zeichnet.

In Fig. 2 ist die horizontale Latte durch eine vertikale Latte, deren Länge  $L$  ist, ersetzt. Eine Lage ist wieder symmetrisch zur optischen Achse, die andere ergibt sich wieder durch eine beliebige Verschiebung dieser Latte in vertikaler Richtung. Man erkennt unmittelbar, daß die Gln. (1) bis (4 a) ebenfalls für eine vertikale Latte gelten und daß bei entsprechender Verschiebung des Objektivs die beiden Lattenbilder wieder ein und dieselbe Lage einnehmen.



Die Abhängigkeit der Bildgröße  $l$  der Latte konstanter Länge  $L$ , von der Horizontalentfernung  $e$  dieser Latte, ist durch Gl. (4 a) gegeben.

Die Messung der Bildgröße  $l$  kann nach dem Prinzip des Meßkeiles erfolgen. Die Konstruktion desselben beginnt mit der Wahl von  $f$  und  $L$ ; da  $\varepsilon$  klein ( $< 1 \text{ cm}$ ) gegenüber  $e$  ist, kann man zur Berechnung des Meßkeiles in Gl. (4)  $\varepsilon$  vernachlässigen. Wählt man z. B.  $f = 12 \text{ cm}$ ,  $L = 1.5 \text{ m}$ , so folgen aus Gl. (4)  $\varepsilon$  für  $e = 4, 10, 20, 100 \text{ m}$ , die Werte  $1 = 7.98, 9.23, 4.56, 1.806 \text{ mm}$ . Die Bildgröße  $l$  wird bei  $e < 20 \text{ m}$  für die Okularbetrachtung zu groß. Für  $20 > e > 10$  wird daher nur die halbe Latte, für  $10 > e > 4$  wird  $l/3$  der halben Latte verwendet. Auf der Ordinate eines rechtwinkligen Koord.-Syst. trägt man nun gleich lange Strecken (z. B.  $5 \text{ mm}$  lang) auf



und ordnet jeder Strecke eine Entfernungsdifferenz (z. B. 10 m) zu (Fig. 3). Als Abszissenwerte trägt man die den Entfernungen zugeordneten Werte  $l/2$  rechts und links von der Ordinate auf. Man erhält sonach ein Diagramm (Hyperbel), das als Meßkeil dient. Dieses Diagramm wird etwa zwanzigfach vergrößert gezeichnet und photographisch auf die natürliche Größe verkleinert.

Für den Gebrauch einer horizontalen, bzw. vertikalen Latte wird das Diagramm in seiner Längsrichtung vertikal, bzw. horizontal verschiebbar gelagert. Sonach unterscheidet man: Tachy-Topographen für horizontale, bzw. für vertikale Latten.

Beide Geräte weisen je eine in der Bildebene des Objektivs gelegene Marke  $A$  (kleines Fadenkreuz) auf, die mit den nicht verschiebbaren Geräteteilen starr verbunden ist. Bei beiden Geräten wird vor der Einstellung des Diagrammes das Objektiv in den Führungen  $FF$  (Fig. 1 und 2) so verschoben und außerdem um  $s$  azimuthal solange gedreht, bis das Bild des Mittelpunktes  $M$  der Latte, mit der Marke  $A$  zur Deckung kommt.

Die Einstellung des Diagrammes besteht in einer Verschiebung desselben, bis die Bilder der Marken  $M_1, M_2$  der Latte mit dem Diagramm zur Deckung kommen.

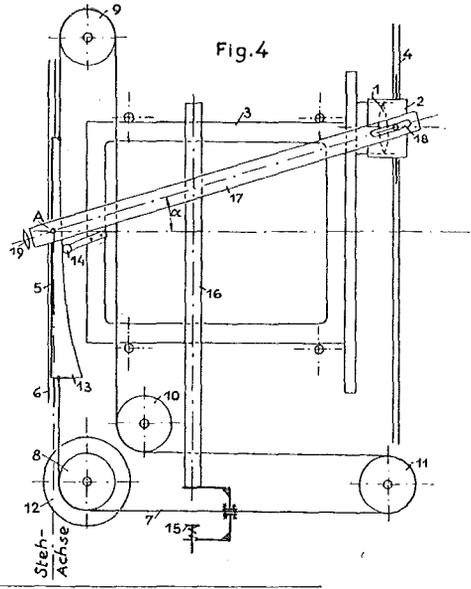
Die Tatsache, daß jeder Horizontalentfernung  $e$  der Latte eine bestimmte Einstellung des Diagrammes zugeordnet ist, ermöglicht folgendes:

- α) Ablesung der Horizontalentfernung  $e$  an einem linear geteilten Maßstab, Feinablesung an einer entsprechend geteilten Trommel. (Verwendung zu Messung der Polygonseiten.)
- β) Automatische Einstellung der Scharfabbildung (automatische Beseitigung der Fernrohrparallaxe).
- γ) Automatische Bewegung eines Pikierstiftes zur Markierung des Grundrisses des eingestellten Tachymeterpunktes.
- δ) Wird mit der Einrichtung zur Verschiebung des Pikierstiftes eine mit einer Höhenskala versehene vertikale Säule befestigt, so kann analog dem Kontakt-Tachymeter die Höhendifferenz abgelesen werden, wobei jedoch bei dem beschriebenen Gerät eine automatische Einstellung der Horizontalentfernung erfolgt. Eine entsprechende, ebenfalls unten beschriebene Einrichtung der genannten Säule gestattet bei Kenntnis der Meereshöhe des Instrumenten-Horizontes die direkte Ablesung der Meereshöhe des Neupunktes.

Das in Fig. 3 dargestellte Diagramm könnte auch durch ein anderes ersetzt werden: Man trägt die  $l$ -Werte nicht symmetrisch zur Ordinaten-Achse, sondern nur auf einer Seite derselben auf. Sodann müßte eine Zielmarke der Latte in der Vertikalen des Tachymeterpunktes zu liegen kommen. Dieses Diagramm wird für horizontale Latten keine Verwendung finden. Für vertikale Latten wird jedoch das unsymmetrische Diagramm zweckmäßig sein.

## B. Aufbau des Gerätes und der Zusatzeinrichtungen

Ein Versuchs- und Anschauungsmodell dieses Gerätes wurde gebaut. Die wichtigsten Details desselben sind in Fig. 4 schematisch dargestellt. Das photogrammetrische Objektiv 1 ist im Rohr 2 verschiebbar gelagert und wird mittels Federkraft an die rechte vertikale Kante des Rahmens 3 gedrückt. Das Rohr 2 ist samt dem Objektiv 1 in der Führung 4 mittels eines nicht gezeichneten Seilzuges verschiebbar. Das Diagramm 5 ist in der Führung 6 mittels des Stahlbandes 7, das über die Rollen 8, 9, 10, 11 läuft, verschiebbar. Auf der Achse der Rolle 8 sitzt die Rändelscheibe 12 zur Bewegung des Diagrammes. 13 ist eine nach Gl. (3) berechnete Gleitkurve, die mit der Diagrammfassung starr verbunden ist. Der Rahmen 3 ist auf vier Rollen horizontal verschiebbar gelagert und mit diesem ist die Gleitrolle 14 fest verbunden. Mit Einstellung des Diagrammes wird somit automatisch die Fernrohrparallaxe beseitigt. Mit dem Stahlband 7 ist der Pikierstift 15 sowie die Säule 16 zur Ablesung der Höhen verbunden. Das Lineal 17 ist um eine physische Achse drehbar, deren geometrische Achse durch die oben erwähnte Marke A geht. Das Lineal 17 weist einen Schlitz 18 auf, in dem ein mit dem Rohr 2 verbundener Mitnehmerstift gleitet.



Der Winkel dieses Lineals mit der Horizontalen ist der in der Fig. 1 und 2 dargestellte Winkel  $\alpha$ . Das Okular 19 wird vor Beginn der Arbeit vom Beobachter so eingestellt, daß dieser bei horizontaler Visur die oben erwähnte Marke A am deutlichsten sieht. Sodann sieht dieser Beobachter nach Einstellung des Diagrammes eine h o r i z o n t a l e Latte in ihrer ganzen Ausdehnung scharf, gleichgültig wie groß ihre Entfernung und der Winkel  $\alpha$  ist.

Der bei der angetriebenen Rolle 8 auftretende Schlupf des Stahlbandes beeinflusst nicht die Genauigkeit der Einstellung des Pikierstiftes; denn Pikierstift und Diagramm sind mit dem Stahlbande fest verbunden. Nur die Einstellung des Diagrammes wird infolge dieses Schlupfes langwieriger. Es ist daher besser, die Rolle 11 (größerer umspannter Bogen) anzutreiben.

Wegen des genannten Schlupfes kann an Stelle der Rändelscheibe keine Trommel zur numerischen Ablesung der Entfernung treten.

Will man eine numerische Ablesung anbringen, so müßte man das Diagramm mittels einer vertikal gelagerten Spindel, auf der diese Trommel sitzt, antreiben.

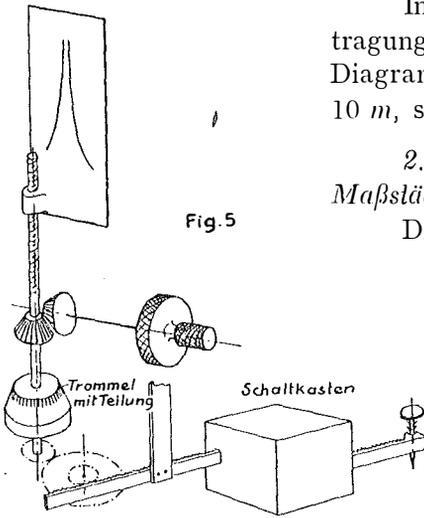


Fig. 5

In dieser Ausführung gestattet das Gerät die Auftragung nur in einem Maßstab. Entsprechen z. B. im Diagramm 5 mm Ordinatenlänge einer Entfernung von 10 m, so erfolgt die Auftragung im Maßstab 1:2000.

## 2. Einrichtung zur Auftragung in verschiedenen Maßstäben

Diese sind aus den Figuren 5 und 6 ersichtlich.

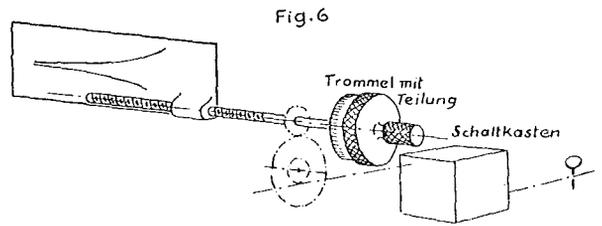


Fig. 6

## 3. Optische Einrichtung eines Tachy-Topographen für vertikale Latte

Würde man für eine vertikale Latte das Okular so anordnen, wie dies im Modell für horizontale Latte ausgeführt und in Fig. 4 dargestellt ist, so könnte man, wenn  $\alpha \neq 0$  (siehe Fig. 1 und 2) nur den Mittelpunkt der Latte scharf sehen; denn das Okular wäre sodann zum Bilde der Latte geneigt. Würde man die Achse des Okulars senkrecht zum Lattenbild richten, so würden, wenn  $\alpha$  einen größeren Wert erreicht, die durch das Objektiv gehenden Lichtstrahlen im Okular vignettiert werden. Die Lichtstrahlen müssen vielmehr ungefähr senkrecht zur Ebene des vom Objektiv erzeugten Bildes gerichtet werden. Eine Mattscheibe, von der diffuse also auch normal zur Bildebene gerichtete Strahlen ausgesandt werden, ist wegen der Unschärfe des Bildes (Korn) ungeeignet.

Eine plankonvexe Linse, deren vorderer Brennpunkt mit dem hinteren Hauptpunkt des Objektivs zusammenfällt und deren plane Fläche hinter dem Diagramm liegt, würde die Strahlen senkrecht zur Bildebene richten. Diese Linse müßte sich bei der Vertikalverschiebung des Objektivs mit diesem mitbewegen, was konstruktiv nur schwierig erreicht werden kann.

Die mit dem Winkel  $\alpha$  notwendige Veränderung des Winkels eines ablenkenden Glaskeiles kann durch die bekannte Kombination: Plankonvex- und Plankonkavlinse von gleichen Krümmungsradien, erreicht werden. Zur automatischen Einstellung des Glaskeilwinkels kann man etwa das in Fig. 7 dargestellte Getriebe anbringen. Mit der Zahnstange  $Z$  dieses Getriebes ist eine nicht gezeichnete Platte verbunden. Diese weist einen Kurvenschlitz für einen

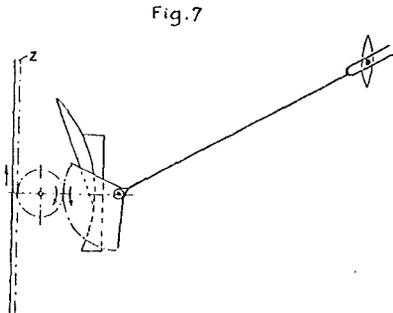


Fig. 7

Mitnehmer der Plankonvexlinse auf. Dieses Getriebe erfordert keine Präzision; denn die Lichtstrahlen müssen nur ungefähr senkrecht zur Bildebene abgelenkt werden.

#### 4. Leuchtende Glühlampendrähte als Marken

Die beiden erwähnten Zielmarken  $M_1$ ,  $M_2$  sind leuchtende Glühlampendrähte. Der Vorteil dieser Marken ist:

- a) Die Sichtbarkeit punktförmiger Objekte ist bekanntlich prop. dem Quadrat des Objektivdurchmessers und ist von der Fernrohrvergrößerung unabhängig. Man kann daher mit kleiner Vergrößerung arbeiten.
- b) Beobachtung bei ungünstiger Beleuchtung (z. B. Wald) sehr zweckmäßig.
- c) Das verhältnismäßig geringe Auflösungsvermögen photographischer Objektive wird durch den großen Kontrast, der bei selbstleuchtenden Marken auftritt, wettgemacht.
- d) Der Fehler infolge Luftzitterns wird etwas verkleinert, weil die Einstellung bzw. Ablesung bei zitternden Lichtpunkten erfahrungsmäßig genauer erfolgen kann als bei zitternden Skalen.

Gut geeignet sind Speziallampen (Fokussierlampen), etwa 3.5 Volt, mit schraubenförmig gewundenem Draht. Die Lampen sind an der Latte justierbar angeordnet, so daß mit Hilfe eines aufsteckbaren Mikroskopes die Basislänge eingestellt werden kann.

Bemerkt sei, daß zur Verbesserung der Reichenbach'schen Distanzmessung ebenfalls leuchtende Glühlampendrähte Verwendung finden könnten. Eine Lampe wird an der Latte fest angeordnet, und zwar z. B. in 1,000  $m$  Höhe. Auf einer verschiebbaren Platte sind 10 Lampen befestigt, deren vertikaler Abstand 1  $cm$  ist. Damit die Lampen bei großen Distanzen voneinander getrennt erscheinen, können sie horizontaleinige Zentimeter versetzt angeordnet werden, oder man verwendet großen Objektivdurchmesser. (Die untere Grenze, zwei leuchtende Punkte getrennt zu sehen, das Auflösungsvermögen, ist bekanntlich proportional dem Objektivdurchmesser.) Die Platte ist von  $dm$  zu  $dm$  auf der Latte einklinkbar. Der Beobachter gibt geeignete Signale, die eine rasche Einstellung dieser Platte ermöglichen. Die Ablesung auf  $dm$  geschieht auf der Latte, die Ablesung auf  $cm$  sowie die Schätzung auf  $mm$  geschieht auf der genannten Platte. Verwendung dieses Gerätes für spezielle Aufgaben: Entfernungen von Leitungs- und Seilbahnmasten und Hochgebirgstopographie. Die leuchtenden Glühlampendrähte sind mit normalen Tachymeterfernrohren selbst an hellen Tagen auf 600 bis 800  $m$  gut sichtbar.

#### 5. Einrichtung zur Ablesung der Höhenunterschiede

Da die Verschiebung der Säule 16 (Fig. 4) im Maßstab 1:2000 erfolgt, muß die Teilung zur Ablesung der Höhen ebenfalls diesem Maßstab entsprechen. Man kann z. B. folgende Teilung anbringen:

Kleinste Maßstabsintervall 0.5  $mm$  (1  $m$  in der Natur). Anzahl der Nonienteile 20. Somit Ablesung auf 5  $cm$ . Schätzung auf 2.5  $cm$ .

### 6. Einrichtung zur Ablesung der Meereshöhen

Die Meereshöhe des Instrumentenhorizontes wird als bekannt vorausgesetzt.

Angenommen die Länge der Teilung der vertikalen Säule beträgt 10 *cm*. Es könnten sodann Höhenunterschiede von  $\mp 100$  *m* aufgetragen werden. Da man für jeden Tachymeterpunkt die Tausender und Hunderter Meter seiner Meereshöhe im allgemeinen als bekannt annehmen kann, genügt es, bloß die weiteren Stellen der Meereshöhe ablesen zu können. Dies kann durch eine runde Säule erreicht werden, um die ein Film mit 10 Skalen gewunden ist. Die Nullpunkte dieser Skalen sind je um 5 *mm* (10 *m* in der Natur) verschoben. Jede der Zifferskalen kann, durch Drehen der Säule, in die zur Ablesung geeignete Lage gebracht werden. Außerdem sind die Skalen um 5 *mm* (10 *m* in der Natur) achsial verschiebbar, und zwar mit einer Feinschraube. Mit dieser Schraube werden zunächst bei horizontaler Visur von der Meereshöhe des Instrumentenhorizontes die Einer-Meter und deren Bruchteile eingestellt. Die obere Rändelscheibe des Modells ist mit einer Schraube, deren Ganghöhe 0.5 *mm* (1 *m* in der Natur), sowie mit einer in 100 Teile geteilten Trommel verbunden. Letztere dient zum Ablesen der Meereshöhe auf *cm*. Zur Ablesung relativer Höhen braucht man noch eine elfte Teilung.

### C. Aufnahmearbeiten und Herstellung des Planes

Die Polygonseiten werden im allgemeinen entweder an der geteilten Trommel (Fig. 5 und 6) abgelesen oder direkt gemessen.

Die Polygonwinkel werden am Horizontalkreis abgelesen und außerdem werden auf jeder Papierscheibe die Richtungen zu den vorhergehenden und folgenden Polygonpunkten sowie zu Triangulierungspunkten markiert.

Die Höhenwinkel zwischen den Polygonpunkten werden am Vertikalreis abgelesen.

Nach der Koordinaten-Rechnung und Kartierung der Triangulations- und Polygonpunkte wird diese Auftragung auf ein Transparentpapier übertragen.

Zur Übertragung der auf den Papierscheiben festgelegten Tachymeterpunkte auf das Transparentpapier kann folgende einfache Einrichtung Verwendung finden:

Ungefähr in der Mitte eines Zeichenbrettes werden drei Pikiernadeln so in das Holz eingelassen, daß ihre Spitzen nach außen gerichtet sind, ca. 1 *mm* herausragen und die Ecken eines ungefähr gleichseitigen Dreiecks bilden, dessen Seitenlänge ca. 15 *cm* ist. Eine auf diese Spitzen gelegte und festgedrückte Papierscheibe ist gegen Verdrehung gesichert. Das Transparentpapier wird auf jede festgedrückte Scheibe gelegt, zentriert und mittels der Marken zu den Polygon-, bzw. Triangulierungspunkten orientiert. Sodann erfolgt das Durchpausen der Tachymeterpunkte und ihrer Meereshöhen. Sind nur die Höhenunterschiede bestimmt, so verwendet man zur Berechnung der Meereshöhe einen Schiebezettel.