

$E =$	0,00	50,00	100,00	150,00	200,00 m,
$\Delta E = +$	0,00	0,11	0,22	0,33	0,44 m

und damit die in der Abb. 33 angegebene Tafel.

Da das Huygenssche Fernrohr sich weniger für die Entfernungsmessung eignet, so wird es kaum mehr dazu verwendet.

Bei dem nach Porro benannten oder anallaktischen Fernrohr ist die Additionskonstante c gleich Null, so daß $E = kl$; die Bestimmung der Multiplikationskonstanten k geschieht in derselben Weise wie beim Ramsdenschen Fernrohr.

Das im vorstehenden über den Fadenentfernungsmesser Gesagte gilt nur für den Fall, daß Standpunkt und Zielpunkt gleich hoch liegen, so daß die Zielung über den mittleren Horizontalfaden horizontal oder senkrecht zu dem vertikal gehaltenen Maßstab ist; der allgemeine Fall wird später behandelt.

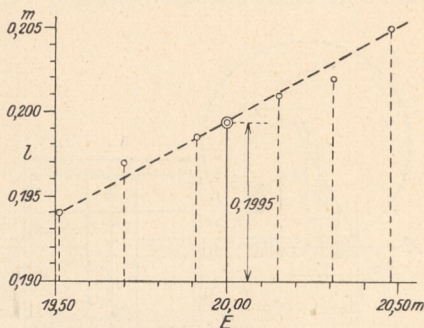


Abb. 31. Ausgleichung einer Gruppe von Beobachtungen bei der Bestimmung der Multiplikationskonstanten eines entfernungsmessenden Fernrohrs mit innerer Einstelllinse.

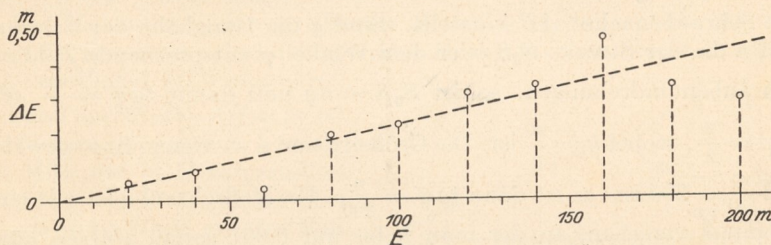


Abb. 32. Ausgleichung der Werte verschiedener Gruppen von Beobachtungen bei der Bestimmung der Multiplikationskonstanten eines entfernungsmessenden Fernrohrs mit innerer Einstelllinse.

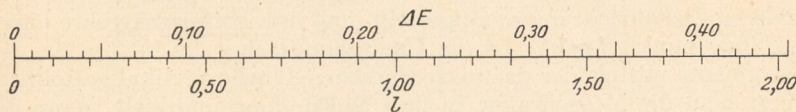


Abb. 33. Tafel zur Bestimmung von ΔE bei der Gleichung $E = 100 l + \Delta E$ eines entfernungsmessenden Fernrohrs.

6. Der Schraubenentfernungsmesser.

Beim Schraubenentfernungsmesser liegt — wie schon früher angegeben wurde — die unveränderliche Grundstrecke b im Zielpunkt und der veränderliche mikrometrische Winkel ε im Standpunkt; die Messung von ε erfolgt nicht unmittelbar in Gradmaß, sondern mittelbar mit Hilfe seiner Tangens. Die Bestimmung des Tangenswertes des Winkels ε geschieht mittels einer horizontal oder vertikal wirkenden Meßschraube; da die Verwendung einer horizontal wirkenden Schraube

hinsichtlich der Bequemlichkeit und der Genauigkeit der Messung im Vorteil ist, so soll im folgenden nur von einer solchen die Rede sein.

Die Streckenmessung mit einer horizontal wirkenden Meßschraube besteht im Grundgedanken darin, daß man die gesuchte Strecke s als Höhe eines gleichschenkligen Dreiecks bestimmt, dessen horizontal

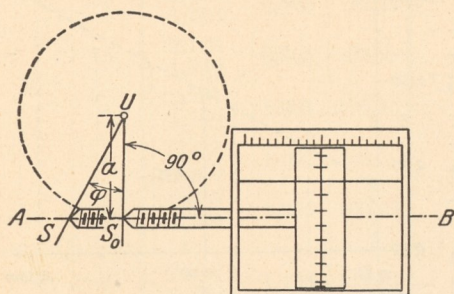


Abb. 34. Wirkungsweise der Tangensschraube eines Schraubenentfernungsmessers.

liegende Grundlinie durch eine, z. B. 2 m lange Strecke an einer Latte angegeben ist, und bei dem man den kleinen Winkel an der Spitze mit Hilfe einer als Tangensschraube wirkenden Meßschraube ermittelt. Die Meßschraube ist derart mit einem um eine vertikale Achse U (Abb. 34) drehbaren Zielfernrohr verbunden, daß bei ihrer Nullstellung die Schraubenachse AB senkrecht zur Verbindungsgeraden zwischen Umdrehungs-

achse U und Schraubenspitze S_0 steht. Einer Vorwärtsbewegung der Schraubenspitze von S_0 nach S entspricht ein Winkel φ , für den $\operatorname{tg} \varphi = \frac{S_0 S}{a}$ ist, wenn a den Abstand der Umdrehungsachse von der Schraubenachse AB vorstellt. Sind g die Ganghöhe der Schraube und n die der Strecke $S_0 S$ oder dem Winkel φ entsprechende Zahl von Schraubenumdrehungen, so ist $S_0 S = ng$ und damit $\operatorname{tg} \varphi = \frac{ng}{a}$ oder

$\operatorname{tg} \varphi = \frac{n}{k}$, wobei $k = \frac{a}{g}$ ist. Die Größen a und g werden z. B. so gewählt, daß $\frac{a}{g} = 200$ ist; es ist dann $\operatorname{tg} \varphi = \frac{n}{200}$. Die Meßschraube ist mit einer Trommel versehen, an der man n bis auf 0,001 genau ablesen kann.

Bei der Messung einer kleineren Strecke s (Abb. 35) wird im Zielpunkt Z die die Grundstrecke b tragende Latte mit Hilfe einer besonderen Zielvorrichtung so aufgestellt, daß ihre Mittelsenkrechte durch den Standpunkt S geht. Ist die Umdrehungsachse des in S stehenden Instruments mittels der dazu erforderlichen Libelle vertikal gestellt, so bringt man die Meßschraube in ihre Nullstellung und zielt dann die Mitte M der Grundstrecke b mit Benutzung einer hierfür vorhandenen Feinbewegungsschraube an. Die jetzt beginnende eigentliche Messung besteht in der Anzielung der Enden E_1 und E_2 der Grundstrecke b mit jedesmaliger Ablesung der Schraubenstellungen n_1 und n_2 ¹; es ist dann $s = a \frac{b}{ng}$ oder $s = \frac{kb}{n}$, wobei $n = n_1 + n_2$ ist. Ist $\frac{a}{g}$ z. B. gleich 200 und $b = 2,000$ m, so hat man zur Berechnung von s die Gleichung

¹ Es ist hierbei angenommen, daß die Teilung zur Ablesung der ganzen Schraubenumdrehungen von der Schraubennullstellung aus nach rechts und links beziffert ist.

$s = \frac{400}{n}$. Zur Erhöhung der Genauigkeit erfolgt die Messung von n_1 und n_2 nicht nur einmal, sondern z. B. fünfmal. Alle Einstellungen der

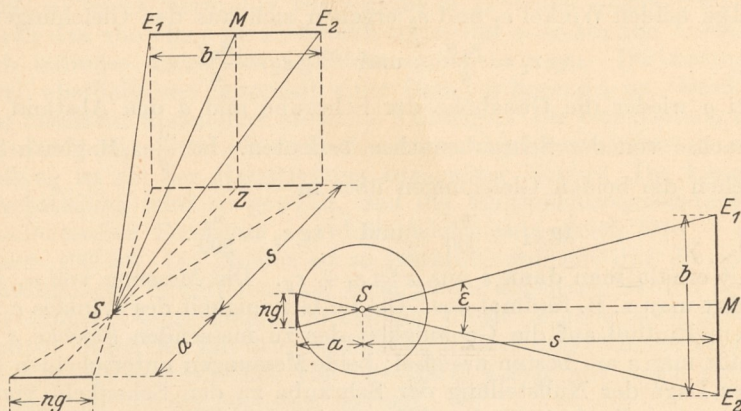


Abb. 35. Einfachste Art der Streckenmessung mit einem Schraubenentfernungsmesser.

Punkte E_1 und E_2 erfolgen mit Drehen der Schraube im Uhrzeigersinn. Man kann so z. B. 150 m lange Strecken mit einem mittleren Fehler von ± 3 bis ± 5 cm messen.

Die Messung einer größeren Strecke $AB = s$ (Abb. 36) verlangt die Benutzung eines Hilfspunktes H , den man am besten so wählt, daß der Winkel $AHB = \varphi \approx 90^\circ$, und daß die Strecke $AH \approx \sqrt{s}$ ist. Die Messung von $AH = b$ erfolgt mit Hilfe der in H aufgestellten 1 m langen Meßlatte in der oben angegebenen Weise mit der Meßschraube des in A aufgestellten Theodolits. Der Winkel $HAB = \alpha$ wird mit Benutzung des Horizontalalkreises des Theodolits in zwei Fernrohrlagen gemessen. Die Messung des kleinen Winkels ε in B erfolgt mit der Meßschraube in der Weise, daß man die Schraube auf Null

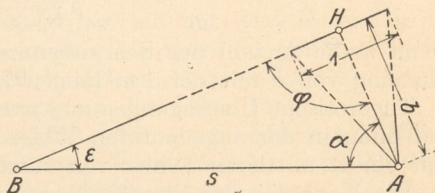


Abb. 36. Streckenmessung mit einem Schraubenentfernungsmesser mit Benutzung eines Hilfspunktes.

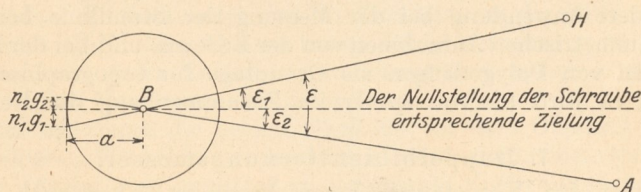


Abb. 37. Messung eines kleinen Horizontalwinkels mit einer Tangenschraube.

stellt und bei festgeklammtem Oberbau den Unterbau des Instruments in eine solche Stellung bringt, daß durch die Zielachse des Fernrohrs der Winkel ε in zwei ungefähr gleich große Winkel ε_1 und ε_2 (Abb. 37) zer-

legt wird. Bei festgeklebtem Unter- und Oberbau zielt man dann mit Hilfe der Meßschraube z. B. zuerst den Punkt H und sodann den Punkt A an und macht dabei an der Schraube die Ablesungen n_1 und n_2 . Die beiden Winkel ε_1 und ε_2 ergeben sich aus den Gleichungen

$$\operatorname{tg} \varepsilon_1 = \frac{n_1 g}{a} \quad \text{und} \quad \operatorname{tg} \varepsilon_2 = \frac{n_2 g}{a},$$

wobei g wieder die Ganghöhe der Schraube und a den Abstand der Drehachse von der Schraubenachse bedeuten. Ist $\frac{a}{g}$ z. B. gleich 200, so gehen die beiden Gleichungen über in

$$\operatorname{tg} \varepsilon_1 = \frac{n_1}{200} \quad \text{und} \quad \operatorname{tg} \varepsilon_2 = \frac{n_2}{200}.$$

Damit erhält man dann ε aus $\varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2$. Die Messung von n_1 und n_2 führt man z. B. fünfmal aus. Da die Genauigkeit des Winkels ε von großem Einfluß auf die Genauigkeit der zu messenden Strecke s ist, so mißt man ε am besten zweimal; beide Messungen unterscheiden sich in der Lage der Nullstellung der Schraube zu den Schenkeln von ε .

Hat man die drei Stücke $AH = b$, Winkel $HAB = \alpha$ und Winkel $HBA = \varepsilon$ des Dreiecks ABH gemessen, so findet man die gesuchte Strecke s (Abb. 36) nach dem Sinussatz aus

$$s = b \frac{\sin \varphi}{\sin \varepsilon}, \quad \text{wobei} \quad \varphi = 180^\circ - (\alpha + \varepsilon).$$

Die Strecke b erhält man hierfür aus

$$b = \frac{200}{n},$$

wenn n die Anzahl der Schraubenumdrehungen ist, die man bei der Messung von b mit der 1 m langen Latte erhalten hat.

Theoretische Überlegungen und praktische Versuche¹ haben ergeben, daß man in der angedeuteten Weise eine rund 1000 m lange Strecke mit einem mittleren Fehler von rund $\pm 0,5$ m messen kann.

Die Vorteile der Streckenmessung mit einer Tangenschraube bestehen insbesondere darin, daß man unabhängig von dem Höhenunterschied zwischen dem Standpunkt und dem Zielpunkt sofort die horizontale Strecke erhält, und daß man — abgesehen von Sichthindernissen — unabhängig von Messungshindernissen ist.

Die Streckenmessung mit dem Schraubenentfernungsmesser findet insbesondere Anwendung bei der Messung der Standlinie bei stereophotogrammetrischen Aufnahmen von der Erde aus und bei der Messung der Seiten von Polygonzügen als Grundlage für topographische Aufnahmen; es wird hiervon später im Zusammenhang die Rede sein.

7. Doppelbildentfernungsmesser.

Zunächst für Katastermessungen bestimmt, aber auch für die Streckenmessung bei Polygonzügen als Grundlage für topographische Aufnahmen in Frage kommend, sind die Entfernungsmesser von

¹ Vgl. Werkmeister, P.: Streckenmessung mit Hilfe des Zeißschen Streckenmeßtheodolits. Z. Vermessungswesen 1922, 321–332 u. 353–363.