

Paper-ID: VGI_195701



Der Doppelbildtachygraph

Franz Embacher ¹

¹ *Bundesstrombauamt, Wien*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **45** (1, 2), S. 1–9, 49–55

1957

BibT_EX:

```
@ARTICLE{Embacher_VGI_195701,  
Title = {Der Doppelbildtachygraph},  
Author = {Embacher, Franz},  
Journal = {{\u}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen},  
Pages = {1--9, 49--55},  
Number = {1, 2},  
Year = {1957},  
Volume = {45}  
}
```



ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN

Herausgegeben vom
ÖSTERREICHISCHEN VEREIN FÜR VERMESSUNGSWESEN

Offizielles Organ
des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Gruppen f. Vermessungswesen),
der Österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung und
der Österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie

REDAKTION:

o. ö. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. H. R o h r e r
Präsident i. R. Dipl.-Ing. K. L e g o und Doz. Dr. K a r l L e d e r s t e g e r

Nr. 1

Baden bei Wien, Ende Februar 1957

XLV. Jg.

Der Doppelbildtachygraph

Von Ing. Franz E m b a c h e r, Bundesstrombauamt Wien

Der Doppelbildtachygraph ist ein geodätisches Instrument, mit welchem die Lage von Punkten im einigermaßen ebenen Gelände aufgenommen und unmittelbar graphisch dargestellt werden kann.

Nachdem der Meßvorgang so einfach ist, daß auch bewegliche Ziele zu erfassen sind, eignet sich das Gerät besonders zur Ortsbestimmung von Vermessungsbooten bei der Aufnahme von Gewässersohlen¹⁾.

Kurze Beschreibung des Meßvorganges

Das Blickfeld des Fernrohres setzt sich aus zwei optisch unabhängigen Halbkreisbildern zusammen und jeder anvisierte Gegenstand erscheint gleichzeitig in der linken sowie in der rechten Bildhälfte.

Die lagemäßige Aufnahme einer lotrecht stehenden Latte erfolgt durch Drehen an zwei Handrädern. Mit dem linken Rad wird das Fernrohr um die Alhidadenachse geschwenkt und die Latte seitlich derart anvisiert, daß ihre beiden Bilder im gleichen Abstand vom vertikalen Mittelstrich erscheinen. Beim Betätigen des rechten Rades hebt oder senkt sich das rechts sichtbare Lattenbild und eine Pikiereinrichtung bewegt sich parallel zur Fernrohrachse. Werden die Lattenbilder um einen bestimmten runden Meterbetrag gegenseitig verschoben (Abb. 1), so steht zwangsweise die Pikierspitze in

¹⁾ Der erste Doppelbildtachygraph wurde im Auftrag des Bundesstrombauamtes von der Firma R. u. A. Rost, Wien, nach dem vom Verfasser entwickelten Meßprinzip mechanisch durchkonstruiert und hergestellt.

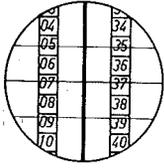


Abb. 1: Bildfeld

dem der maßstäblichen Aufnahmedistanz entsprechenden Abstand von der Instrumentenstehachse. Da ein unter der Pikiereinrichtung angebrachtes Reißbrett an der Alhidadendrehung nicht teilnimmt, befindet sich die Pikierspitze jeweils richtungs- und entfernungsmäßig über jener Stelle im aufgespannten Plan, welche der örtlichen Lage des Zieles in der Natur entspricht. Zur Markierung des Punktes braucht der Beobachter lediglich mit dem Handteller auf eine am rechten Handrad angebrachte Taste zu drücken.

Bei Sohlenaufnahmen wird durch fortgesetzte Ausübung dieser Tätigkeiten der Weg eines frei fahrenden Vermessungsbootes verfolgt, und seine Lage im Augenblick der Tiefenmessungen im Plan festgehalten.

Das optisch-mechanische Meßprinzip (Abb. 2)

Die im Fernrohr eingeschobene vertikale Trennwand bewirkt eine vollständige Bildteilung. Jede Objektivhälfte erzeugt für sich ein reelles Bild in der Fadenkreuzebene.

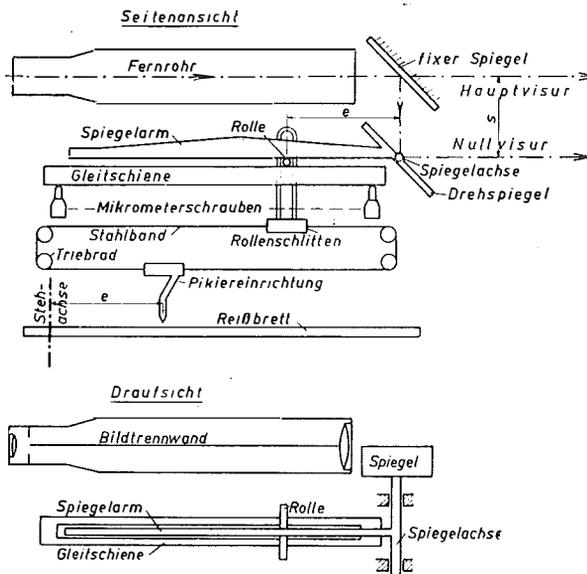


Abb. 2: Die Hauptteile des Instrumentes in der Nullstellung

Der aus der linken Objektivhälfte ungebrochen austretende, im allgemeinen horizontal gerichtete Achsstrahl wird im weiteren als *Hauptvisur* bezeichnet. Die aus der rechten Objektivhälfte kommenden Sehstrahlen werden vom fixen Spiegel vertikal nach unten abgelenkt und von dem um eine horizontale Achse beweglichen Drehspiegel wieder in die Blickrichtung reflektiert.

Eine geringe Neigung des Drehspiegels um seine Längsachse verschiebt das rechts sichtbare Bild seitlich so weit, daß es ungefähr den gleichen Ausschnitt darstellt wie das linke Bild.

Der Spiegelarm steuert die Bewegung des Drehspiegels. Er liegt auf der in der Längsrichtung des Instrumentes verschiebbaren Rolle und diese wieder auf der zweiteiligen Gleitschiene auf. Sowohl die Unterkante des Armes als auch die Oberkanten der Schiene sind mit größtmöglicher Genauigkeit geradlinig gearbeitet. An ihren beiden Enden ruht die Gleitschiene höhenbeweglich auf Mikrometerschrauben auf. Mit dem umlaufenden Stahlband ist oben der Rollenschlitten und unten die Pikiereinrichtung verbunden. Bei ihrer gegenläufigen Bewegung sind die Abstände Pikierspitze-Stehachse und Rolle-Spiegelachse stets gleich groß. Das Stahlband kann mit einem an der rechten Instrumentenseite angebrachten Handrad angetrieben und die Rolle bzw. die Pikiereinrichtung in eine beliebige Stellung gebracht werden.

Nimmt die Gleitschiene eine solche Höhenlage ein, daß beim Verschieben der Rolle der Spiegelarm mit Spiegel keine Drehbewegung erfährt und die aus der rechten Objektivhälfte kommenden Sehstrahlen parallel zur Hauptvisur austreten, dann befinden sich die Hauptteile in der *Nullstellung* (Abb. 2) und der rechte Strahlengang bildet die *Nullvisur*.

Verschiebt man aus dieser Stellung heraus die Gleitschiene durch gleichmäßiges Betätigen der Mikrometerschrauben um die Höhe h parallel nach oben oder unten, dann dreht sich der Spiegelarm mit Spiegel um einen von der Rollenentfernung e abhängigen Winkel (Abb. 3). In dieser *Meßstellung* wird der rechte Strahlengang um den doppelten Winkel abgelenkt (Reflexionsgesetz) und erhält nun die Bezeichnung *Meßvisur*.

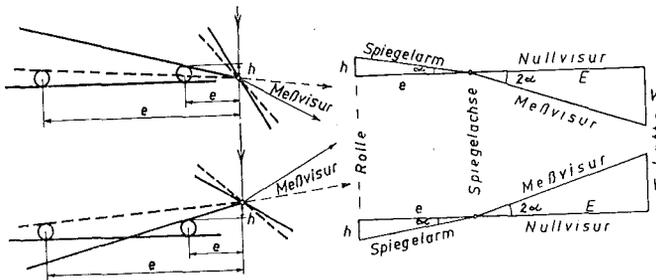


Abb. 3: Bewegung der Hauptteile

An einer lotrecht stehenden Latte beschreibt die Visur einen von der Entfernung E abhängigen Visurweg V und die Lattenlesung des rechten Bildes verändert sich um den gleichen Betrag.

Die in Abb. 3 rechts gezeichneten inneren und äußeren Dreiecke veranschaulichen den mathematischen Vorgang.

In jeder beliebigen Meßstellung ist

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{e} \quad \text{und} \quad \operatorname{tg} 2\alpha = \frac{V}{E}$$

Der Doppelbildtachygraph ermöglicht die Anwendung zweier Arbeitsweisen (Abb. 4).

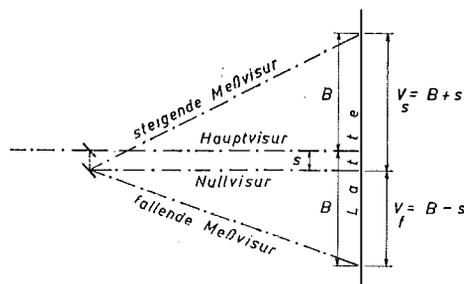


Abb. 4: Bezeichnung der Visuren

I. Aufnahme mit fallender Meßvisur.

Wird die Gleitschiene um die Höhe h gehoben, dann bewegt sich die Meßvisur an der Latte nach unten. Da die Nullvisur um den lotrechten Abstand der Spiegel $s = 6$ cm tiefer liegt als die Hauptvisur und daher in der Nullstellung das rechte Bild eine um 6 cm geringere Lattenlesung aufweist als das linke, beträgt beim Einstellen einer mit B bezeichneten ganzzahligen Bildverschiebung der tatsächliche Visurweg nur $V_f = B - s$. Diese Arbeitsweise ist dann zu wählen, wenn der Instrumentenstandpunkt so hoch liegt, daß die Hauptvisur die in den Aufnahmepunkten aufgestellten Latten an ihren oberen Teilen anschneidet und für die Verschiebung der Meßvisur ein genügend langer Lattenabschnitt zur Verfügung steht.

II. Aufnahme mit steigender Meßvisur.

Wenn die Gleitschiene um h gesenkt wird, bewegt sich die Meßvisur nach oben. Um eine Bildverschiebung von B Metern zu erzielen, ist ein Visurweg von $V_s = B + s$ erforderlich. Diese Arbeitsweise eignet sich für Aufnahmen im ebenen Gelände, wo die Hauptvisur die aufgestellten Latten an ihren unteren Teilen trifft.

Die angeführte Gleichung erhält nun die Form

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{B \pm s}{E}$$

Bei den auftretenden kleinen Winkeln α ist die Näherung $\operatorname{tg} 2\alpha = 2 \operatorname{tg} \alpha$ zulässig. Damit ergibt sich die Beziehung

$$\frac{B \pm s}{E} = 2 \frac{h}{e} \quad \text{bzw.} \quad e = \frac{2h}{B \pm s} \cdot E$$

Bleiben während einer Messung h und B unverändert, dann stellt der Wert des Bruches eine Konstante dar und es ist erwiesen, daß nach Durchführung des geschilderten Aufnahmeproganges der jeweilige Abstand der Rolle von der Spiegelachse und damit der Abstand der Pikierspitze von der Instrumentenstehachse proportional der Aufnahmedistanz ist.

Das Maß, um welche die Gleitschiene der Höhe nach verschoben werden muß, ergibt die abgeleitete Formel mit $h = \frac{B \pm s}{2 \frac{E}{e}}$

Da $\frac{E}{e}$ der Maßstabzahl m entspricht, wird die Gleitschiene bei der Messung mit steigender Visur um $h = \frac{B + s}{2 m}$ zu senken und bei der Messung mit fallender Visur um $h = \frac{B - s}{2 m}$ zu heben sein.

Es bedeuten:

- h ... Hebung bzw. Senkung der Gleitschiene aus der Nullstellung
- B ... ganzzahlige Bildverschiebung
- s ... lotrechter Spiegelabstand = 6 cm und
- m ... Maßstabzahl

Beschreibung des Doppelbildtachygraphen

Durch den Ausbau des Tachygraphen als Doppelachseninstrument trennen sich im wesentlichen folgende drei Hauptteile:

- A) die bewegliche Alhidade mit Fernrohr, Distanzmeß- und Pikiereinrichtung,
- B) der während der Aufnahmearbeit feststehende Limbus mit Reißbrett und
- C) der Instrumentenfuß.

Das Fernrohr (1)²⁾ zeigt bei einem Bildwinkel von 1°10' vierzigfache Vergrößerung und trägt eine Reversionslibelle (2) mit einer Empfindlichkeit von 10 Sekunden pro Doppelmillimeter. Es liegt wälzbar in zwei Ringen auf einer Fernrohrplatte auf und kann mittels der Tangentialkippschraube (3) bis zu einer Neigung von $\pm 1:15$ aus der Horizontalen gebracht werden. Die Schraube weist eine Ganghöhe von 0,5 mm auf. Ihr Abstand von der Kippachse beträgt 250 mm, so daß fünf volle Umdrehungen derselben die Hauptvisur um ein Hundertstel der Distanz der Höhe nach verschieben.

Der unterste, randrierte Teil der Kippschraube steht in fester Verbindung mit dem Gewindebolzen. Die darüberliegende, ebenfalls mit einer Randrierung versehene Hülse ist auf Reibung montiert und an ihrem Umfang in 50 Intervalle geteilt. Ein Teilstrich entspricht daher einem Schraubengang von $\frac{1}{100}$ mm. In jeder Schraubenstellung kann durch Festhalten der unteren und durch Drehen an den oberen Randrierung die Teiltrommel auf Null eingerichtet werden. Zum Kippen des Fernrohres ist stets die untere Randrierung zu verwenden.

Das lange Gehäuse (4) nimmt die Gleitschiene und den Spiegelarm auf. Es ermöglicht dem letzteren eine Drehung um die Spiegelachse bis zu einer

²⁾ Die eingeklammerten Zahlen stellen die Bezeichnung der Teile in Abb. 5 dar,

Neigung von $\pm 1:10$ aus der Nullstellung. Das kleinere Spiegelgehäuse (5) ist zum Schutz der oberflächenbelegten Spiegel an der Ein- und Austrittsstelle der Sehstrahlen mit Fenstern abgeschlossen. Auf der rechten Seite ist das lange Gehäuse durchbrochen und zeigt auf einer Distanzteileung (6) den jeweiligen Abstand der Pikierspitze von der Stehachse an.

Um Beschädigungen der Spiegelarm- und Gleitschienenkanten beim Transport des Instrumentes zu verhüten, ist eine Fixierung der beweglichen Teile vorgesehen.

Nach kräftigem Drehen der Transportklemme (7) im Uhrzeigersinn drückt eine Flachfeder von oben auf den Spiegelarm und verhindert dadurch Vibrationsschläge. Zur Schonung der Spiegelachse und zur Erzielung eines gleichmäßigen Federdruckes muß vor dem Einschalten der Klemme die Pikiereinrichtung auf $e = 27 \text{ cm}$ eingestellt und bei größeren Gleitschienenverschiebungen als $h = \pm 1,5 \text{ mm}$ die Schiene in die Nullstellung gebracht werden. Vor jeder Justier- bzw. Aufnahmetätigkeit ist die Arretierung durch kräftiges Drehen im entgegengesetzten Sinne zu lösen.

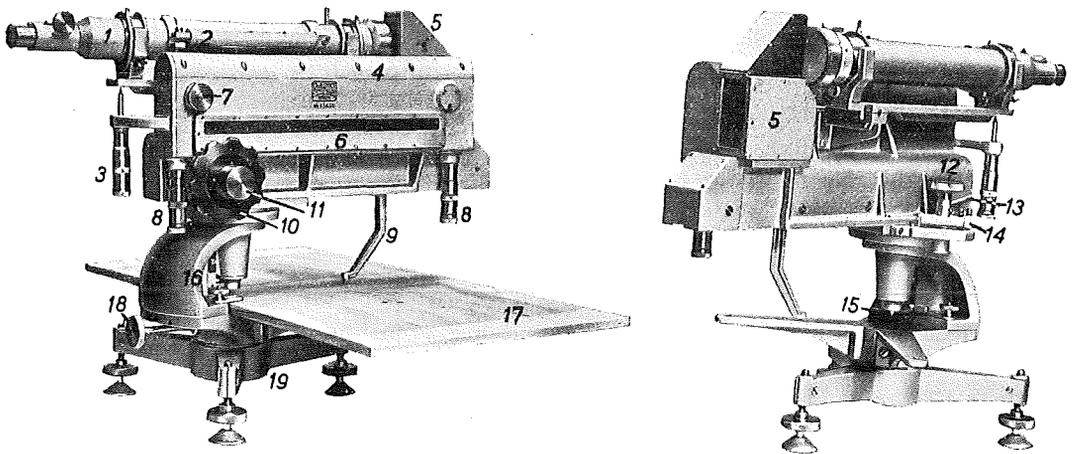


Abb. 5: Der Doppelbildtachygraph

Die beiden Mikrometerschrauben (8) dienen zur Höhenverschiebung der Gleitschiene um max. $\pm 6 \text{ mm}$. Ihre Ganghöhen sind $0,5 \text{ mm}$ bei einer Teilung des Umfanges in 50 Intervalle. Beide Mikrometerschrauben weisen die gleiche Konstruktion auf wie die bereits beschriebene Tangentialkippschraube.

Unter dem Gehäuse bewegt sich die Pikiereinrichtung (9).

Das Distanzhandrad (10) treibt das Stahlband und damit die Rolle und die Pikiereinrichtung an. An diesem Handrad ist die vorstehende Taste (11) angebracht, welche beim Drücken mit dem rechten Handteller die Pikierspitze in jeder beliebigen Stellung der Pikiereinrichtung in den aufgespannten Plan eindrückt. Die Längsbewegung der Pikierspitze ist mit Entfernungen von $15\text{--}300 \text{ mm}$ von der Stehachse begrenzt.

Links befindet sich das Richtungshandrad (12). Es trägt unten ein Ritzel, welches an einem mit dem Limbus verbundenen Zahnkranz abrollt und durch Drehen des Fernrohres um die Alhidadenachse das seitliche Einstellen fester oder die dauernde Verfolgung beweglicher Ziele ermöglicht.

Auf der Achse des linken Handrades ist der Klemmehebel (13) angeordnet, welcher im angehobenen Zustand die Alhidadendrehung verhindert.

Die beiden Kreuzlibellen (14) dienen zur Lotrechtstellung der Stehachse.

An ihrem untersten Teil trägt die konische Alhidadenachse die senkbare Zentrierspitze (15), welche den Instrumentenstandpunkt im Plan pikiert. Auf dem Limbus (16) sind zwei Arme und Schrauben zur Befestigung des Reißbrettes (17) angebracht.

Nach dem Öffnen der Limbusklemme (18) kann der Limbus mit Reißbrett um die in den Instrumentenfuß (19) reichende Limbusachse gedreht werden. Dieses Doppelachsensystem ermöglicht eine der Natur entsprechende Orientierung des Planes.

Genauigkeitsrechnungen

Die Genauigkeit der Distanzmessung hängt ab von:

- der mechanischen Bearbeitungsgenauigkeit des Spiegelarmes, der Gleitschiene und der Mikrometerschrauben,
- eventuellen Abweichungen der Hauptvisur von der Horizontalen,
- der Näherungsannahme $\operatorname{tg} 2\alpha \doteq 2 \operatorname{tg} \alpha$,
- der Kollimation der Meßvisur,
- der Größe des Rollendurchmessers und
- der Elastizität des Spiegelarmes und der Gleitschiene.

Zu a). Präzise Mikrometerschrauben weisen bei einigen wenigen Umdrehungen praktisch keine Ganghöhendifferenzen auf. Die Bearbeitungsgenauigkeit der Arme wird mit $0,005 \text{ mm}$ garantiert. Da in der praktischen Ausführung an Stelle der Rolle Gleitflächen angeordnet sind, gleichen sich auf eine Länge von ca. 20 mm die Bearbeitungsfehler zum Teil aus. Es kann daher angenommen werden, daß selbst bei ungünstigster Überlagerung der Spiegelarm und Gleitschienenunebenheiten kein größerer Gesamtfehler als $0,005 \text{ mm}$ auftritt.

Der Einfluß dieser Abweichung vom ideellen h -Wert auf die Distanzmessung läßt sich aus dem inneren Rechnungsdreieck ableiten (Abb. 6).



Abb. 6: Einfluß der Bearbeitungsgenauigkeit

$$\frac{\Delta e}{\Delta h} = \frac{e}{h}; \quad \Delta e = \Delta h \cdot \frac{e}{h} \quad \text{und} \quad \Delta e \% = \frac{100 \cdot \Delta h}{h}$$

Mit einem Δh von 0,005 mm treten folgende Distanzfehler auf:

h , mm	Δe , %
0,75	0,7
1,00	0,5
1,50	0,3
5,00	0,1

Bei Geländeaufnahmen kann man den Aufnahmemaßstab so wählen, daß h gleich oder größer ist als 1,5 mm. Der dabei auftretende Distanzfehler von 0,3% läßt sich auch bei der Dreifadentachymetrie kaum unterbieten. Lediglich bei Stromsohlenaufnahmen ergeben sich Gleitschienehöhen von $h \doteq 0,75$ mm und damit stärkere Abweichungen, welche aber zu Gunsten einer größeren Reichweite toleriert werden können.

Zu b). Wenn bei der Aufnahme sehr hoch oder tief liegender Punkte die Hauptvisur von der Horizontalen abweicht, entstehen Fehlresultate. Nach Abb. 7 registriert das Instrument bei Schrägvisuren die zu große Entfernung E' , in welcher eine lotrecht auf der Nullvisur stehende Latte unter dem Winkel 2α gesehen wird.

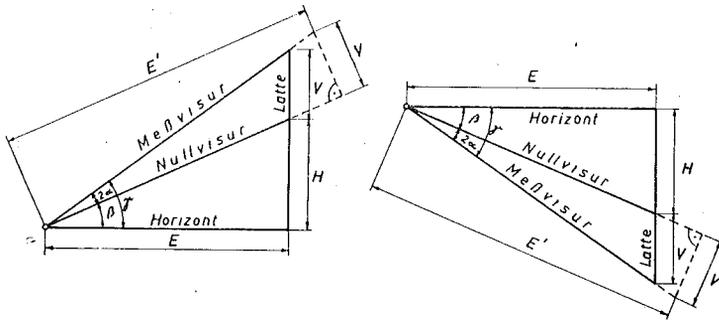


Abb. 7: Messung mit geneigter Hauptvisur

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{V}{E'} ; \quad E' = \frac{V}{\operatorname{tg} 2\alpha} ; \quad \Delta E = E' - E = \frac{V}{\operatorname{tg} 2\alpha} - E$$

$$H = E \operatorname{tg} \beta ; \quad \operatorname{tg} \gamma = \frac{V + H}{E} = \frac{V}{E} + \operatorname{tg} \beta$$

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \operatorname{tg} (\gamma - \beta) = \frac{\operatorname{tg} \gamma - \operatorname{tg} \beta}{1 + \operatorname{tg} \gamma \operatorname{tg} \beta}$$

$$\operatorname{tg} 2\alpha = \frac{\frac{V}{E}}{1 + \left(\frac{V}{E} + \operatorname{tg} \beta\right) \operatorname{tg} \beta}$$

$$\Delta E = E \operatorname{tg}^2 \beta + V \operatorname{tg} \beta$$

Bei $V \doteq 3$ m und $\operatorname{tg} \beta$ (max) = $\frac{1}{15}$ ist das Produkt $V \cdot \operatorname{tg} \beta$ (max) = 2 dm.

Es wird zur Vereinfachung der folgenden Ableitung vernachlässigt.

$$\Delta E \doteq E \operatorname{tg}^2 \beta \quad \text{oder} \quad \Delta E \% = 100 \operatorname{tg}^2 \beta$$

Bezeichnet man mit u die ausgeführte Anzahl von Umdrehungen an der Tangentialkippschraube, dann wird $\operatorname{tg} \beta = \frac{u \cdot 0,5}{250}$ und $\Delta E \% = \frac{u^2}{2500}$.

Aus der letzten Formel ist ersichtlich, daß sich Hauptvisurneigungen bis zu 16 Umdrehungen der Tangentschraube praktisch überhaupt nicht auswirken. *Die Distanzmessung ist daher nicht an eine genaue Horizontalvisur gebunden.*

Selbst bei Schrägvisuren mit maximaler Fernrohrneigung ($u = 33$) tritt nur ein Fehler von 0,4% der Entfernung auf. Vermeidet man durch entsprechende Wahl des Aufstellungsplatzes extrem nach oben oder unten geneigte Visuren oder berücksichtigt man nach der Formel $\Delta E = -\frac{u^2 \cdot E}{250.000}$ die in Grenzfällen auftretenden Abweichungen sofort bei der Aufnahme, dann sind die verbleibenden Registrierungsfehler so klein, daß sie vernachlässigt werden können.

Die unter Punkt c bis f genannten Fehlereinflüsse wurden ebenfalls einer mathematischen Untersuchung zugeführt. Ihre Auswirkungen sind so klein, daß sie lediglich theoretischen Charakter aufweisen. Auf die Meßgenauigkeit wirken sich praktisch nur die mechanischen Schienenunebenheiten und größere Fernrohrneigungen aus.

(Schluß folgt.)

Zur rechnerischen Durchführung des Vierpunktverfahrens

Von W. W u n d e r l i c h, Wien

Unter der Voraussetzung *ebenen Geländes* ist der geometrische Zusammenhang zwischen Kartenbild und Luftbild bekanntlich ein *kollinear*er und daher vollkommen bestimmt, wenn vier Geländepunkte in beiden Bildern identifiziert werden können, wobei lediglich die Einschränkung zu beachten ist, daß diese Punkte ein echtes Viereck bilden müssen, also keine drei in einer Geraden liegen dürfen. Die Übertragung weiterer Punkte aus einem Bild in das andere ist dann in eindeutiger Weise möglich und wird unter der Bezeichnung „*Vierpunktverfahren*“ in der Praxis häufig angewendet¹⁾. Dem Verfahren kommt insofern weitergehende Bedeutung zu, als es auch bei beschränkten Abweichungen des Geländes oder einzelner Objekte von der Ebene mit guter Genauigkeit anwendbar bleibt.

Die *konstruktive Durchführung* dieser Aufgabe geschieht am bequemsten mittels der „*Papierstreifenmethode*“, die auf der Doppelverhältniseigenschaft entsprechender Strahlenquadrupel in zugeordneten Strahlbüscheln

¹⁾ Vgl. etwa K. S c h w i d e f s k y, *Einführung in die Luft- und Erdbildmessung* (Leipzig/Berlin, 2. Aufl. 1939), S. 67 ff.

Der Doppelbildtachygraph

Von Ing. Franz Embacher, Bundesstrombauamt Wien

(Schluß)

Die Reklifikation des Instrumentes

Die Reklifikation der Kreuzlibellen, Zentrierung des Fadenkreuzes, Horizontierung des Mittelfadens und die Justierung der Reversionslibelle einschließlich der Kreuzungsfehlerberichtigung erfolgt nach den allgemein gültigen Regeln.

Die Distanzmessereinrichtung wird vom Mechaniker mit Hilfe der Spiegelstellschraubchen grob in die Nullstellung gebracht. Bei richtiger Behandlung des Instrumentes ist eine Nachjustierung derselben nicht erforderlich.

Die Feinjustierung erfolgt bei gelöster Transportklemme in nachstehender Weise: Eine ca. 300 m entfernt stehende Dezimeterlatte wird in der üblichen Weise anvisiert, die Pikiereinrichtung in die äußerste Registrierdistanz $e = 30\text{ cm}$ geschoben und die rückwärtige Mikrometerschraube an der unteren Randrierung so lange gedreht, bis die Lattenlesung im rechten Bildfeld um den lotrechten Abstand der Spiegelflächen ($s = 6\text{ cm}$) kleiner ist als jene in der linken Bildhälfte. (Die Mikrometer sollen grundsätzlich so eingestellt werden, daß die letzte Drehbewegung im Sinne einer Schraubhebung erfolgt.) Nun wird mit der Pikiereinrichtung die Registrierdistanz $e = 10\text{ cm}$ aufgesucht und durch Betätigen der vorderen Mikrometerschraube im rechten Halbkreisbild wieder die um den Spiegelabstand kleinere Lesung herbeigeführt. Diese Vorgänge sind so lange zu wiederholen, bis in jeder beliebigen Lage der Pikiereinrichtung zwischen $e = 10$ und $e = 30\text{ cm}$ eine Lesungsdifferenz von 6 cm aufscheint.

Je kürzer die eingestellte Registrierdistanz ist, umso weniger genau braucht die Ablesungsdifferenz von 6 cm eingehalten werden. Die im Punkt a) des vorhergehenden Abschnittes abgeleitete Meßgenauigkeit ist gewährleistet, wenn die auftretenden Abweichungen innerhalb folgender Grenzen bleiben:

$e, \text{ cm}$	max. Abweichung, cm/300 m
30	1
25	1,2
20	1,5
15	2
10	3
5	6
3	10
1,5	20

Wenn sich der im äußersten Meßbereich auftretende Distanzfehler nicht proportional mit der abnehmenden Registrierdistanz verkleinern soll, sondern sein Längenausmaß auch in den kurzen Entfernungen toleriert wird,

dann können die Abweichungen bis zum Quadrat der oben angegebenen Zahlen anwachsen.

Beim Bewegen des Distanzrades ist eine völlige Stabilität der linken Hauptvisurlesung nicht erforderlich. Durch Gewichtsverlagerungen des Rollenschlittens und der Pikiereinrichtung sowie durch die Auswirkung des Drehens am Handrad können kleine Abweichungen auftreten. Wesentlich für den Berichtigungsvorgang ist nur die Differenz zwischen beiden Ablesungen.

In dieser Stellung der Mikrometerschrauben sind die randrierten Teilungshülsen derselben bei gleichzeitigem Festhalten der unten liegenden Randrierung auf Null einzurichten und die Visurdifferenz neuerlich zu überprüfen.

Um genaue Resultate zu erzielen, ist der beschriebene Justiervorgang besonders an der rückwärtigen Schraube möglichst mit großer Sorgfalt auszuführen und vor Beginn der Arbeit in jedem neuen Instrumentenstandpunkt kurz zu überprüfen.

Nach Durchführung aller Berichtigungen ist die in Abb. 2 gezeichnete Nullstellung der Hauptteile erreicht.

Die Wahl der Aufnahmekonstanten

Für die günstigste Wahl der Bildverschiebung B , des Aufnahmemaßstabes m und der sich daraus ergebenden Gleitschienenhebung bzw. Senkung h sind folgende Überlegungen bestimmend:

Bei gegebenem Aufnahmemaßstab ist die erzielbare Meßgenauigkeit umso größer, je größer die Bildverschiebung gewählt wird. Nun sind die zur Verwendung kommenden 6 m -Latten vom Instrument aus nicht immer zur Gänze sichtbar und extrem große Bildverschiebungen kommen meist nur bei schrägen Hauptvisuren zustande. Es erscheint daher ein B von 3 Metern in fast allen Fällen am geeignetsten. Wollte man auch die maximale Höhenverschiebung der Gleitschiene mit $h \doteq 5 \text{ mm}$ ausnützen, dann errechnet sich aus der Formel $h = \frac{B \pm s}{2 m}$ ein Aufnahmemaßstab von 1:300.

Diese, die höchste Genauigkeit garantierende Methode läßt allerdings nur eine Reichweite des Instrumentes von 90 m zu. Außerdem kann sich der Spiegelarm aus konstruktiven Gründen nur mit einer Größtneigung von 1:10 aus der Nullstellung drehen. Die kleinste Registrierentfernung würde daher 50 mm betragen, welche einer Aufnahmedistanz von 15 m entspricht.

Ist die Ausnützung des kürzesten Registrierbereiches erwünscht, dann darf die Gleitschiene nur um maximal 1,5 mm aus der Nullstellung gehoben oder gesenkt werden. Mit $B = 3 \text{ m}$ und $h \doteq 1,5 \text{ mm}$ ergibt sich ein Maßstab von 1:1000 und Reichweiten von 15—300 m . Laut Punkt a) der Genauigkeitsrechnungen ist bei dieser Konstantenwahl eine theoretische Meßgenauigkeit von 0,3% der Distanz gesichert. Es ist schon wegen des praktischen Maßstabverhältnisses und der der Dreifadenablesung kaum nach-

stehenden Genauigkeit zur ausschließlichen Aufnahme von Geländepunkten diese Arbeitsweise vorzuziehen.

Bei der Aufnahme von Gewässersohlen wird auf die Ausnützung höchster Genauigkeit verzichtet und dafür eine möglichst große Reichweite gefordert. Letztere findet bei Verwendung von in Dezimetern geteilten Zielgeräten durch die Fernrohrleistung mit etwa 600 Meter ihre Begrenzung. Es ist daher die Anwendung eines Registriermaßstabes von 1:2000 mit Reichweiten von 30—600 Metern gegeben. Maßstäbe bis 1:3000 sind unter Beibehaltung der üblichen Zielgeräte dann anwendbar, wenn an Stelle der theoretischen Reichweite mit der kleineren Fernrohrsichtweite das Auslangen gefunden wird.

Wenn etwa bei der Aufnahme von Binnenseen, Küsten oder Seehäfen eine wesentlich größere Reichweite erforderlich ist, dann muß die Bildverschiebung und das Ausmaß der Zielgeräte entsprechend vergrößert werden.

Der praktische Arbeitsvorgang bei der Aufnahme von unbeweglichen Punkten

Nachdem man den Instrumentenstandpunkt und die sich ergebende günstigere Arbeitsweise mit fallender oder steigender Meßvisur, die Bildverschiebung B und den Maßstab m gewählt hat, wird bei gelöster Transportklemme die Rektifikation (besonders der Mikrometerschrauben) überprüft und durch Drehen an den unteren Mikrometerandrierungen die Gleitschiene bei Messungen mit steigender Visur um $h = \frac{B + s}{2 m}$ gesenkt und bei Messungen mit fallender Visur um $h = \frac{B - s}{2 m}$ gehoben. (Ein Mikrometer-teilstrich entspricht einem Höhenweg von $\frac{1}{100}$ mm.)

Zur Lageaufnahme eines Punktes dreht der Beobachter derart an den Handrädern, daß beide Bilder einer lotrecht stehenden Latte im gleichen Abstand vom Vertikalstrich des Bildfeldes erscheinen und im rechten Bild eine um B Meter andere Lesung am Horizontalfaden anliegt wie im linken Bild.

Durch sofortiges Eindrücken der Pikiertaste hält er den Punkt im Plan fest.

Empfehlenswert ist die Verwendung solcher $6 m$ -Latten, welche nur in Dezimetern unterteilt und auch auf Distanzen bis zu 600 Metern ablesbar sind (Abb. 1).

Schneidet die horizontale Hauptvisur die Latte so ungünstig, daß sich die Verschiebung der Bilder um das erforderliche Maß nicht erzielen läßt, dann braucht lediglich das Fernrohr mit seiner Kippschraube so lange geneigt werden, bis beide Lattenbilder am Mittelfaden anliegen (siehe Punkt b der Genauigkeitsrechnungen).

Zur Höhenbestimmung liest der Beobachter mit einspielender Reversionslibelle in der linken Bildhälfte die Latte ab und vermerkt das Ergebnis

im Plan. Nach Umrechnung auf den Visurhorizont ergibt sich die absolute Höhe des aufgenommenen Punktes.

Trifft die horizontal gerichtete Hauptvisur die Latte infolge ihres zu hohen oder zu tiefen Standpunktes nicht, dann erfolgt eine Rekonstruktion der Lesung mit Hilfe der Tangentialkippschraube, bei welcher der Schraubengang stets proportional dem lotrechten Visurweg ist. Bei einspielender Reversionslibelle wird die Teilung der Tangentialkippschraube abgelesen oder in die Nullstellung gebracht und die Schraube um so viele volle Umdrehungen gehoben oder gesenkt, bis zum erstenmal die Hauptvisur an der Latte liegt. Die Anzahl der Schraubenumdrehungen und die Lattenlesung werden notiert. Nun muß die Tangentenschraube im gleichen Sinn um so viele volle Drehungen gehoben oder gesenkt werden, bis zum letzten Mal eine Ablesung der Hauptvisur zustande kommt. Die Drehungszahl und die Lattenlesung werden wieder festgehalten. Aus diesen Daten läßt sich mit Hilfe einer einfachen Proportion die Horizontalablesung errechnen.

Beispiel: Die Latte steht beträchtlich über dem Visurhorizont. Bei einspielender Reversionslibelle liegen am Index der Tangentenschraube 43 Einheiten an. Nach 8 Umdrehungen (Schraubenstellung 43) beträgt die Lattenlesung 37 cm und nach weiteren 6 Umdrehungen (Schraubenstellung 43) 583 cm. Wenn 6 Umdrehungen einen Visurweg von $583 - 37 = 546$ cm verursachen, dann führen 8 Umdrehungen zu einer Visurverschiebung von $8 \frac{546}{6} = 728$ cm. Der Horizontalvisur entspricht daher eine Lattenlesung von $37 - 728 = -691$ cm.

Bei besonders wichtigen Punkten kann die mechanische Distanzmessung überprüft werden durch die Ablesung der Reichenbachfäden bzw. durch Einstellen der Hauptvisur auf einen runden Lattenmeter, Drehen der Tangentenschraube um fünf volle Umdrehungen und neuerliches Ablesen der Latte. Die festgestellte Lesungsdifferenz entspricht einem Hundertstel der Distanz.

Reicht der gegebene Aufnahmehalbkreis nicht aus, dann wird eine in der Aufnahmegrenze gelegene Richtung pikiert und diese bei der ergänzenden Aufnahme ebenfalls im Plan festgehalten. Die beiden Aufnahmeblätter können dann mit Hilfe der Standpunkt- und Richtungspikierungen zu einem Plan zusammengesetzt werden.

Der praktische Arbeitsvorgang bei der Aufnahme von Gewässersohlen ³⁾

Zur Sohlenaufnahme wird das Gewässer in Form von Querprofilen oder überkreuzend befahren und Tiefenmessungen mittels einer Sondierstange (Peilstange) bzw. mit einem Echlot ausgeführt. In jenen Augen-

³⁾ Diese Methode wurde von Min.-Rat Reich im Zusammenhang mit der Konstruktion des ersten zur tachygraphometrischen Aufnahme von Gewässersohlen bestimmten Instrumentes (Sondiertachygraph Reich-Ganser) bei der österreichischen Wasserbauverwaltung eingeführt und hat sich als sehr wirtschaftlich und zeitsparend erwiesen.

Siehe: „Stromgrundaufnahmen auf tachygraphometrischem Wege“, Ing. K. Levasseur, Die Wasserwirtschaft, Jahrgang 1931, Hefte 11, 17, 18 und 21.

blicken, wo die Lotungen erfolgen, hält der Beobachter die Position des Vermessungsbootes im Plan fest.

Der Instrumentenstandpunkt soll eine entsprechend weite Sicht auf das eigene Ufer zulassen, möglichst in der Nähe eines Fixpunktes liegen und kein dauerndes Sonnengegenlicht aufweisen.

Wenn das Ufer so hoch ist, daß sich ein 4,3—5,7 m über dem Wasserspiegel liegender Visurhorizont erzielen läßt, kann der Tachygraph dort aufgestellt und die Arbeitsweise mit fallender Meßvisur gewählt werden (Abb. 8, rechts). Ist die Uferhöhe für diese Arbeitsweise nicht ausreichend, dann stellt man auf einen möglichst tief gelegenen Punkt auf und arbeitet mit steigender Visur (Abb. 8, links).

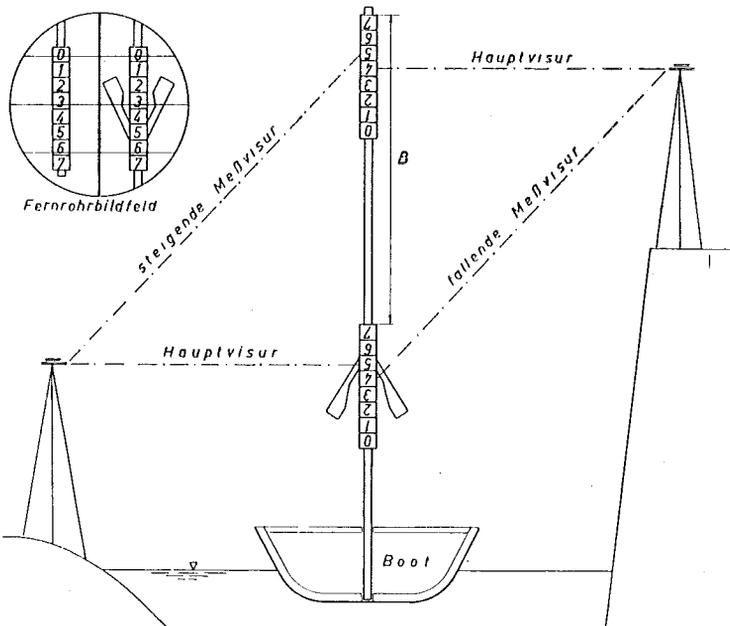


Abb. 8: Aufnahme von Gewässersohlen

Nach dem Aufstellen des Instrumentes wird die Transportklemme gelöst, die Rektifikation überprüft (besonders die Mikrometerschrauben) und mit den unteren Mikrometerrandrierungen die Gleitschiene bei fallender Visur um $h = \frac{B - s}{2 m}$ gehoben und bei steigender Visur um $h = \frac{B + s}{2 m}$ gesenkt. (Ein Mikrometerteilstrich = $\frac{1}{100} \text{ mm}$.)

Wie schon erwähnt, erweist sich bei Stromaufnahmen eine Bildverschiebung von $B = 3 \text{ m}$ und ein Aufnahmemaßstab von 1:2000 am geeignetsten.

Das Instrument ermöglicht auch die Verwendung eines vorbereiteten Uferplanes. Hiezu muß die Lage des Instrumentenstandpunktes im Plan eingezeichnet und dieser so auf dem Reißbrett aufgespannt werden, daß die Zentrierspitze beim Absenken diesen Punkt trifft. Dann bringt man durch

Drehen an beiden Handrädern die Pikierspitze genau über einen im Plan eingezeichneten Fixpunkt, der möglichst weit vom Instrumentenstandpunkt entfernt liegt, und klemmt die Alhidade fest. Jetzt wird die Limbusklemme geöffnet und das ganze Instrument mit Reißbrett so lange um die Limbusachse geschwenkt, bis im Fernrohr die auf dem Fixpunkt aufgestellte Trassierstange in beiden Bildhälften im gleichen Abstand vom Vertikalstrich zu sehen ist. Nach dem Schließen der Limbusklemme soll dieser Vorgang zur Kontrolle bezüglich eines zweiten Fixpunktes wiederholt werden. Damit entspricht bei der folgenden Messung die Lage jedes aufgenommenen Punktes auch der richtigen Lage im Ufergerippe.

Bei beharrlichem Wasserstand können vor Beginn der Sondierfahrten alle erforderlichen Wasseranslags- und Uferpunkte lage- und höhenmäßig aufgenommen werden (siehe vorhergehenden Abschnitt). Liegt eine stark veränderliche Wasserführung vor, dann muß die Höhenaufnahme des Spiegels vor Beginn und nach Beendigung jeder einzelnen Fahrt erfolgen.

Bei Sohlenaufnahmen verwendet man an Stelle der Latte ein spezielles Zielgerät. Es besteht aus einer im Boot senkrecht aufgestellten, nach allen Richtungen drehbaren Stange, an welcher eine zweite, der Höhe nach verschiebbare Stange montiert ist. An der letzteren sind Vorrichtungen zur Befestigung von zwei kurzen Lattenstücken angebracht, deren Abstand wahlweise auf 1, 2 oder 3 Meter festgelegt werden kann. Die Latten sind 0,80 m lang und weisen das in Abb. 8 gezeichnete Teilungsbild auf. Hinter jenem Lattenstück, welches von der Meßvisur getroffen wird, sind rot-weiß bemalte Klappen montiert, die beim Ziehen an einer Schnur seitlich aus der Latte herauscheren und damit den Sondierzeitpunkt signalisieren.

Vor Beginn der Sondierfahrten muß die bewegliche Stange mit den Ziellatten so eingerichtet werden, daß die horizontale Hauptvisur bei hohen Standpunkten etwa die Mitte der oberen und bei tiefen Aufstellungen die Mitte der unteren Latte trifft.

Zur Aufnahme des Bootsweges wird die Reversionslibelle ungefähr eingespielt und ohne Unterbrechung so an den Handrädern gedreht, daß die dauernd zum Instrument gerichteten Ziellatten in beiden Bildhälften zu sehen sind und die Lattenlesung im rechten Bild jeweils gleich ist jener des linken Bildes (Abb. 8, links oben). Hält der Beobachter die beiden Lattenbilder stets in der gleichen Höhe, dann können selbst Wellenbewegungen und plötzliche Gefällsänderungen des Wasserspiegels keinen Einfluß auf die Meßgenauigkeit ausüben.

Die Lattenstücke sind genügend lang, daß trotz Aufstellungsfehler und Wasserspiegelgefälle die Visur im allgemeinen im Bereich der Teilung bleibt. Nähert sich in außergewöhnlichen Fällen die Hauptvisur während der Aufnahmearbeit dem Lattenende, dann braucht lediglich eine kleine Drehung an der Tangentialkippschraube ausgeführt werden.

In dem Augenblick, wo bei händisch ausgeführten Peilungen die Stange den Grund berührt, werden von der Bootsbesatzung die Signalklappen betätigt und die festgestellten Tiefen in ein Heft eingetragen. Bei Verwendung eines Echographen kann die Signalisierung und gleichzeitige Markierung des Echogrammes in beliebigen Abständen erfolgen.

Sieht der Instrumentenbeobachter die Signalklappen im Fernrohrblickfeld, dann drückt er mit dem Handteller der rechten Hand auf die Pikiertaste. Durch dauernde Wiederholung dieser Tätigkeiten wird die Position jedes Peilortes im Plan festgehalten.

Es ist vorteilhaft, bei jeder fünften Tiefenmessung ein anderes optisches Signal zu geben (z. B. Schwenken einer Fahne vor der Latte). Diese Lagepunkte werden entweder durch festeres Eindrücken der Pikiertaste oder durch einen vom Helfer (Schirmträger) auszuführenden kurzen Bleistiftstrich besonders markiert. Dieser Vorgang ermöglicht die verlässliche Interpolation einzelner versäumter Lagepunkte.

Die über dem Wasserspiegel liegenden Anlandungen werden etwa in der Verlängerung der Sondierungsfahrten profilartig aufgenommen. Damit ist zwischen den Uferlinien ein übersichtliches Netz von verstreuten Punkten gegeben.

Bei der Auswertung von Flußaufnahmen ist zu beachten, daß die erhobenen Tiefen von der variablen Wasserführung abhängig sind. Als Vergleichsebene muß daher ein höhenmäßig festliegender charakteristischer Wasserspiegel herangezogen werden.

Da sich bei jeder Sondierungsfahrt der Höhenunterschied zwischen Aufnahmewasserspiegel und Bezugswasser feststellen läßt, kann diese Differenz mit dem entsprechenden Vorzeichen als Reduktion an die gemessenen Tiefen angebracht und auch die Höhen der aufgenommenen Anlandungspunkte auf den Bezugswasserspiegel umgerechnet werden. Die so reduzierten Tiefen bzw. Höhen bilden in Verbindung mit den aufgenommenen Lagepunkten die Grundlage für die Entwicklung eines Schichten- (Isobathen-)planes.

Schlußbemerkungen

Mit dem von der Fa. Rost hergestellten ersten Instrument dieser Type wurden ausgedehnte Probemessungen unternommen. Das Ergebnis derselben zeigt, daß die im Punkt a der Genauigkeitsrechnungen angegebenen Distanzfehler bei sorgfältiger Justierung nicht überschritten werden.

Damit ist die Feststellung zulässig, daß trotz des äußerst einfachen und bequemen Arbeitsvorganges der Doppelbildtachygraph praktisch mit der gleichen Genauigkeit arbeitet, wie sie von der Dreifachentachymetrie zu erwarten ist.

Das tachygraphometrische Prinzip erübrigt jede Auftragetätigkeit, ermöglicht schon während der Aufnahme eine wertvolle Übersicht und trägt wesentlich zur Vermeidung von Irrtümern bei.