

Paper-ID: VGI_193103



Schwingungsschiefe und Skalenschiefe bei der Schachtlotung

Th. Kappes

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **29** (1), S. 13–21

1931

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Kappes_VGI_193103,  
  Title = {Schwingungsschiefe und Skalenschiefe bei der Schachtlotung},  
  Author = {Kappes, Th.},  
  Journal = {{{\0}sterreichische Zeitschrift f{{\"u}r Vermessungswesen}},  
  Pages = {13--21},  
  Number = {1},  
  Year = {1931},  
  Volume = {29}  
}
```



Eine der markantesten Persönlichkeiten der deutschen und österreichischen Landwirtschaftswissenschaften, ein weltberühmter Bahnbrecher auf dem Gebiete der Züchtung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen ist heimgegangen, seine wissenschaftlichen Arbeiten aber bleiben als wertvolles Vermächtnis der Landwirtschaft erhalten und bilden Fruwirth's bleibendes Denkmal.

Indem die *Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen* durch die Darbietung eines Lebensbildes von Hofrat Prof. Dr. C. Fruwirth und durch Würdigung seiner Leistungen das Andenken dieses hervorragenden Gelehrten ehrt, ist sie überzeugt, daß alle Vermessungsingenieure Österreichs, die Fruwirth's Schüler waren, ebenso alle, die Fruwirth kannten, ihm stets ein treues, ehrendes Gedenken bewahren werden.

Schwingungsschiefe und Skalenschiefe bei der Schachtlotung.

Von Dr.-Ing. Th. Kappes.

Bei Ausführung von Schwingungsbeobachtungen mittels Skala zwecks Bestimmung der Ruhelage des Schachtlotes entstehen leicht Projektionsfehler. Als Ursache dieser Fehler kommen in Frage:

1. Die „Schwingungsschiefe“, d. h. die Nichtparallelität zwischen Schwingungsebene des Schachtlotes und Skala;
2. die „Skalenschiefe“, d. h. die schiefwinklige Stellung der Skala zur Verbindungslinie von Theodolit und Ruhelage des Schachtlotes.

Im folgenden soll der Einfluß beider auf die Ortungszahl untersucht werden für den Fall, daß mit zwei rechtwinklig miteinander verbundenen durchsichtigen Glasskalen und Cseti'schem Spiegel beobachtet wird. Die Bezifferung sei auf beiden Skalen verschieden und wachse zum Scheitel des rechten Winkels hin ¹⁾).

I. Verbesserung der Ortungszahl wegen Schwingungsschiefe.

In Abbildung 1 sei L die Ruhelage des Lotes, T der Standpunkt des Theodolits. Die unmittelbar zu beobachtende Skala (natürliche Skala) stehe senkrecht zu LT . Sind A und B zwei aufeinander folgende Umkehrpunkte des parallel zur Skala schwingenden Lotes, so ergibt bei Vernachlässigung der Dämpfung das Mittel der beiden auf der Skala beobachteten Umkehren die Ortungszahl n . Schwingt das Lot schiefwinklig zur Skala und gehören zu zwei aufeinanderfolgenden Umkehren C ; D die durch Vertikalprojektion erhaltenen Skalenwerte \bar{c} und \bar{d} , so ergibt das arithmetische Mittel aus \bar{c} und \bar{d} ebenfalls den Wert n . Dagegen führen die beobachteten Werte c und d zu einer mit

¹⁾ Diese Bezifferungsweise entspricht der bei den Skalen des Wilski'schen Schachtlotgeräts angewandten.

$$v_n = \frac{b^2 \cdot z \cdot \sin 2\sigma}{2z^2} = \frac{b^2 \cdot \sin 2\sigma}{2z} \dots \dots \dots 5)$$

Diese Formel stimmt mit der von G o r s k y ²⁾ auf anderem Wege ermittelten überein.

v. S a n d e n ³⁾ erhält für v_n in unserer Bezeichnungswiese

$$v_n = \frac{b^2 \cdot \operatorname{tg} \sigma}{z},$$

eine Formel, die der von F r o s t ⁴⁾ entwickelten Formel

$$v_n = \frac{b^2 \sin \sigma}{z}$$

entspricht, da bei kleinem σ $\sin \sigma = \operatorname{tg} \sigma$ gesetzt werden kann. Der Zusammenhang zwischen der Formel (5) und den beiden hier wiedergegebenen ist ohne weiteres zu erkennen.

Für den auf der Spiegelskala entstehenden Projektionsfehler v_s erhält man unter Beachtung der in Abbildung 2 angewandten Bezeichnungswiese

$$v_s = \frac{1}{2} \{ e + f - (g + h) \} = \frac{1}{2} \{ f - h - (g - e) \} \dots \dots 6)$$

Ferner ergibt sich aus der Abbildung

$$\begin{aligned} f - h &= \bar{f} - (\bar{f} - f) - \bar{h} + (\bar{h} - h) \\ &= t - \Delta s + b - \frac{\Delta n(t - \Delta s + b + \Delta n)}{z + t + \Delta n} - t + \Delta s - b \cdot \cos \sigma + \\ &\quad + \frac{(\Delta n + b \cdot \sin \sigma)(t - \Delta s + b \cdot \cos \sigma + \Delta n)}{z + t + \Delta n + b \cdot \sin \sigma} \dots \dots 7) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} g - e &= \bar{g} - (\bar{g} - g) - \bar{e} + (\bar{e} - e) \\ &= t - \Delta s - b \cdot \cos \sigma - \frac{(\Delta n - b \cdot \sin \sigma)(t - \Delta s - b \cdot \cos \sigma + \Delta n)}{z + t + \Delta n - b \cdot \sin \sigma} - \\ &\quad - t + \Delta s + b + \frac{\Delta n(t - \Delta s - b + \Delta n)}{z + t + \Delta n} \dots \dots \dots 8) \end{aligned}$$

Setzt man die Werte (7) und (8) in Gleichung (6) ein, so erhält man

$$\begin{aligned} v_s &= \frac{1}{2} \left\{ \frac{(\Delta n + b \cdot \sin \sigma)(t - \Delta s + b \cdot \cos \sigma + \Delta n)}{z + t + \Delta n + b \cdot \sin \sigma} + \right. \\ &\quad \left. + \frac{(\Delta n - b \cdot \sin \sigma)(t - \Delta s - b \cdot \cos \sigma + \Delta n)}{z + t + \Delta n - b \cdot \sin \sigma} - \frac{\Delta n(2t - 2\Delta s + 2\Delta n)}{z + t + \Delta n} \right\} \end{aligned}$$

Da die Größen t , Δn und $b \cdot \sin \sigma$ im Verhältnis zu z sehr klein sind, so kann man diese in den Nennern der letzten Gleichung vernachlässigen. Es wird dann

²⁾ G o r s k y, Prilog teoriji geometrijskog projiciranja tačaka u šahtu (Zur Theorie der geometrischen Projektion der Punkte im Schachte), in „Rudarski i Topionički Vesnik“ (Berg- und hüttenm. Nachrichten) Beograd 1929, Seite 208ff.

³⁾ v. S a n d e n, Bericht über eine Schachtlotung auf 980 m Tiefe in Mitt. a. d. Markscheidewesen 1921, Heft 1, Seite 41.

⁴⁾ G o r s k y, a. a. O. Seite 209.

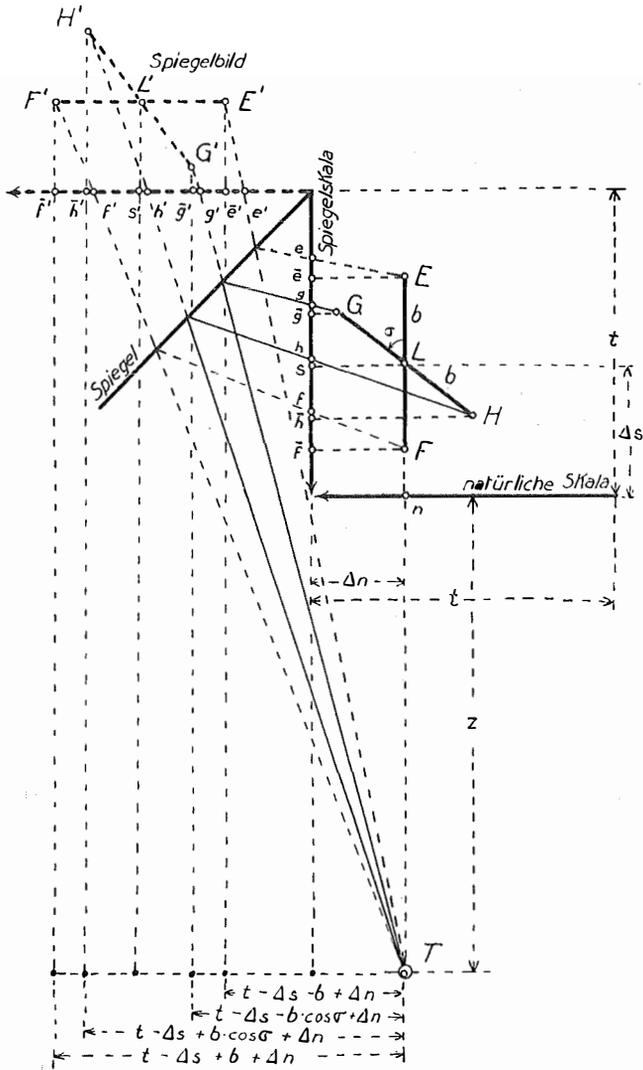


Abb. 2

$$v_s = \frac{(\Delta n + b \cdot \sin \sigma) \cdot (t - \Delta s + b \cdot \cos \sigma + \Delta n) + (\Delta n - b \cdot \sin \sigma) \cdot (t - \Delta s - b \cdot \cos \sigma + \Delta n) - \Delta n (2t - 2\Delta s + 2\Delta n)}{2z}$$

$$v_s = \frac{2b^2 \cdot \sin \sigma \cdot \cos \sigma}{2z} = \frac{b^2 \cdot \sin 2\sigma}{2z} \dots \dots \dots 9)$$

Es ist demnach

$$v_n = v_s^5).$$

⁵⁾ Die von G o r s k y (a. a. O. Seite 210) ausgesprochene Ansicht, daß die Ordnungszahl der Spiegelstafa fehlerlos erhalten wird, beruht sicher auf einem Irrtum.

Das Vorzeichen von v_n und v_s ist von der Schwingungsrichtung abhängig. Aus den Abbildungen 1 und 2 läßt sich leicht folgende Vorzeichenregel ableiten:

Auf der natürlichen Skala wird die Verbesserung positiv, wenn die Schwingungsebene im Uhrzeigersinne verschwenkt ist; im umgekehrten Falle wird die Verbesserung negativ. Auf der Spiegelskala wird die Verbesserung positiv, wenn die Schwingungsebene entgegengesetzt dem Uhrzeigersinne verschwenkt ist; im umgekehrten Falle wird sie negativ.

II. Verbesserung der Ortungszahl wegen Skalenschiefe.

1. Fall: Skala steht bei Beginn der Schwingungsbeobachtungen senkrecht zur Verbindungslinie von Theodolit und Lotpunkt.

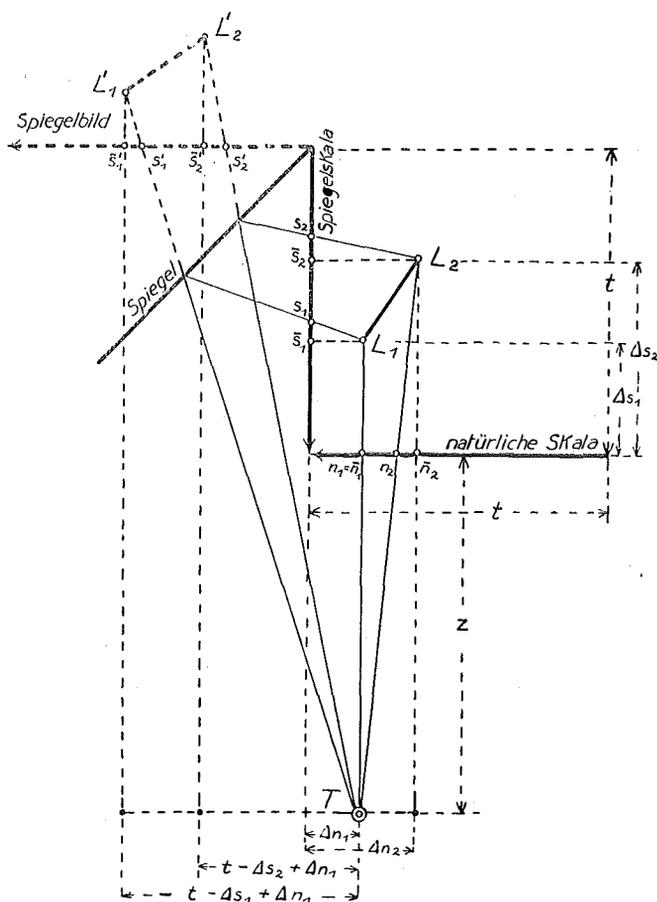


Abb. 3

In Abbildung 3 bedeuten L_1 und L_2 die Ruhelagen des Lotdrahtes bei zwei verschiedenen Belastungen. Die natürliche Skala stehe zur Verbindungslinie $L_1 T$ senkrecht, zu $L_2 T$ dagegen schiefwinklig. Die den lotrechten Projektionen entsprechenden Ortungszahlen der beiden Lotpunkte seien \bar{n}_1, \bar{n}_2 ,

\bar{s}_1, \bar{s}_2 . Die beobachteten Werte seien n_1, n_2, s_1, s_2 . Da gemäß Voraussetzung die natürliche Skala senkrecht auf $L_1 T$ steht, so ist $n_1 = \bar{n}_1$ und daher

$$v_{n_1} = \bar{n}_1 - n_1 = 0 \quad \dots \dots \dots 10)$$

Ferner ergibt sich aus Abbildung 3

$$v_{n_2} = \bar{n}_2 - n_2 = \frac{(\bar{n}_2 - \bar{n}_1) \cdot \Delta s_2}{z + \Delta s_2} \quad \dots \dots \dots 11)$$

Für die Spiegelskala hat man in entsprechender Weise

$$v_{s_1} = \bar{s}_1 - s_1 = \frac{(t - \Delta s_1 + \Delta n_1) \cdot \Delta n_1}{z + t + \Delta n_1} \quad \dots \dots \dots 12)$$

$$v_{s_2} = \bar{s}_2 - s_2 = \frac{(t - \Delta s_2 + \Delta n_1) \cdot \Delta n_2}{z + t + \Delta n_2} \quad \dots \dots \dots 13)$$

Man ersieht aus Gleichung (12), daß trotz der rechtwinkligen Stellung der Skala zu $L_1 T$ die Ortungszahl s_1 der Spiegelskala fehlerhaft erhalten wird.

Durch die Gleichungen (11) bis (13) sind die durch schiefe Projektion bedingten Verbesserungen dargestellt, die man an den beobachteten Ortungszahlen n_2, s_1, s_2 anbringen müßte, um die den Vertikalprojektionen entsprechenden Ortungszahlen $\bar{n}_2, \bar{s}_1, \bar{s}_2$ zu erhalten.

Für die Fehler $\Delta v_n, \Delta v_s$ der Skalenprojektionen $n_2 - n_1$ und $s_2 - s_1$ der Lotwanderung $L_1 L_2$ ergibt sich daher

$$\Delta v_n = v_{n_2} - v_{n_1}$$

$$\Delta v_s = v_{s_2} - v_{s_1}$$

Setzt man noch $\bar{n}_1 = n_1$ und $\bar{n}_2 = n_2$, so erhält man nach Berücksichtigung der Gleichungen (10) bis (13)

$$\Delta v_n = \frac{(n_2 - n_1) \cdot \Delta s_2}{z + \Delta s_2} \quad \dots \dots \dots 14)$$

$$\Delta v_s = \frac{(t - \Delta s_2 + \Delta n_1) \Delta n_2}{z + t + \Delta n_2} - \frac{(t - \Delta s_1 + \Delta n_1) \Delta n_1}{z + t + \Delta n_1} \quad \dots \dots 15)$$

2. Fall: Skala steht bei Beginn der Schwingungsbeobachtungen schiefwinklig zur Verbindungslinie von Theodolit und Lotpunkt.

Die Skala möge bei Beginn der Schwingungsbeobachtungen um den Winkel ζ verschwenkt sein. Die Betrachtung von Abbildung 4 führt zu folgenden Beziehungen:

$$v'_{n_1} = \bar{n}_1 - n_1 = -\Delta s_1 \cdot \operatorname{tg} \zeta \quad \dots \dots \dots 16)$$

$$v'_{n_2} = \bar{n}_2 - n_2 = -\Delta s_2 \cdot \frac{(z + \Delta s_1) \operatorname{tg} \zeta + \bar{n}_1 - \bar{n}_2}{z + \Delta s_2} \quad \dots \dots 17)$$

$$v'_{s_1} = \bar{s}_1 - s_1 = (t - \Delta s_1 + \Delta n_1 - (z + \Delta s_1) \operatorname{tg} \zeta) \frac{\Delta n_1}{z + t + \Delta n_1} \quad \dots \dots 18)$$

$$v'_{s_2} = \bar{s}_2 - s_2 = (t - \Delta s_2 + \Delta n_1 - (z + \Delta s_1) \operatorname{tg} \zeta) \frac{\Delta n_2}{z + t + \Delta n_2} \quad \dots \dots 19)$$

Für die Verbesserungen der Skalenprojektionen der Lotwanderung $L_1 L_2$ erhält man somit

Tabelle 1.

$2b \backslash z$	2000	4000	6000
150	0,48	0,24	0,16
100	0,21	0,11	0,07
50	0,05	0,03	0,02

B. Verbesserung der Skalenprojektionen der Lotwanderung wegen Skalenschiefe:

1. Fall: Skala steht bei Beginn der Schwingungsbeobachtungen senkrecht zur Verbindungslinie Theodolit—Lotpunkt.

Tabelle 2.

t	Δn_1	Δn_2	Δs_1	Δs_2	$n_2 - n_1$	$s_2 - s_1$	z	Δv_n	Δv_s
200	95	100	95	100	- 5	- 5	2000	- 0,24	+ 0,20
							4000	- 0,12	+ 0,11
							6000	- 0,08	+ 0,08

2. Fall: Skala steht bei Beginn der Messungen schiefwinklig zur Verbindungslinie Theodolit—Lotpunkt.

Tabelle 3.

t	Δn_1	Δn_2	Δs_1	Δs_2	$n_2 - n_1$	$s_2 - s_1$	z	ζ	$\Delta v'_n$	$\Delta v'_s$
200	95	100	95	100	- 5	- 5	2000	1°	- 0,32	+ 0,11
							4000		- 0,21	+ 0,03
							6000		- 0,17	- 0,01
							2000	$0,5^\circ$	- 0,27	+ 0,18
							4000		- 0,16	+ 0,07
							6000		- 0,12	+ 0,03

Zusammenfassend läßt sich folgendes sagen:

Der Einfluß der Schwingungsschiefe (siehe Tabelle 1) ist unbedenklich, falls man die Schwingungsweite $2b$ kleiner als 100 Millimeter und den Abstand des Theodolites von der Skala mindestens 4 Meter groß wählt.

Dagegen ist der Einfluß der Skalenschiefe erheblich größer (siehe Tabelle 3). Es ist dringend erwünscht, daß bei Beginn der Schwingungsbeobachtungen die natürliche Skala innerhalb von $\pm 0,5$ Grad genau senkrecht zur Verbindungslinie von Theodolit und Lotpunkt steht. Der dann noch verbleibende Einfluß der Lotwanderung, wie sie infolge verschiedener Belastungen entsteht und daher Skalenschiefe erzeugt, nimmt mit zunehmendem Theodolitabstand ab (siehe Tabelle 2).

Für das Senkrechtstellen der natürlichen Skala zur Verbindungslinie von Lotpunkt und Theodolit empfiehlt sich vielleicht die Verwendung einer zur natürlichen Skala parallelen Hilfsskala mit einer der natürlichen Skala entsprechenden Teilung und Bezifferung. Man könnte diese Hilfsskala im Scheitel des Spiegels und der Spiegelskala anbringen (siehe Abb. 5). Es muß dann bei senkrechter Stellung der natürlichen Skala die auf das Lot gerichtete Zielachse des Theodolits zu denselben Ablesungen auf der Hilfsskala und der natürlichen Skala führen.

Die Hilfsskala läßt sich auch durch einen in derselben Weise zu verwendenden Hilfsspiegel ersetzen.

Als weiteres Hilfsmittel zur Senkrechtstellung der natürlichen Skala ließe sich vielleicht auch die Autokollimation verwenden. Zu diesem Zwecke könnte man an der natürlichen Skala einen verschiebbaren, der Skala parallelen Spiegel anbringen. Die Senkrechtstellung der natürlichen Skala ergibt sich hier durch Autokollimation zwischen dem Hilfsspiegel und dem auf das Lot eingestellten Theodolitfernrohr.

Verfasser hofft in nächster Zeit über Versuche in diesem Sinne berichten zu können.

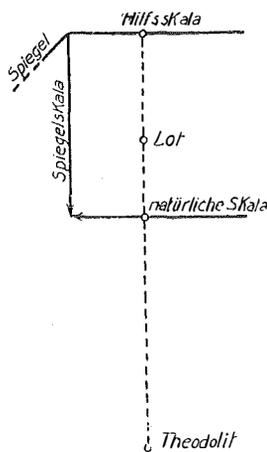


Abb. 5

Referate.

1. Ergebnisse der Photogrammetrie in Ungarn.

Am 23. Jänner 1930 hielt in der österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie der in geodätischen und photogrammetrischen Fachkreisen wohlbekannte Leiter des kgl. ung. Kartographischen Institutes, Direktor Aurel Kruttschnitt, einen Vortrag über die „Ergebnisse der Photogrammetrie in Ungarn“. Diesem Vortrag hatte man in hiesigen Fachkreisen mit besonderem Interesse entgegengesehen, da die Bestrebungen des ung. kartographischen Institutes, sich durch praktische Arbeiten über die Verwendbarkeit der aërophotogrammetrischen Aufnahmemethoden für die Herstellung von modernen topographischen Karten Gewißheit zu verschaffen, bekannt waren. Der Vortragende hat die in ihn gesetzten Erwartungen vollauf erfüllt. In klarer, übersichtlicher und ungeschminkter Weise hat er über die Ergebnisse der systematisch vorgenommenen Versuchsaufnahmen berichtet. Das ung. kartographische Institut hat sich unter der vorbildlichen Leitung seines Direktors durch diese wertvollen und gediegenen Arbeiten den Dank aller interessierten Fachkreise verdient.

Da der VII. Band, 1. Hälfte, des Internationalen Archivs für Photogrammetrie einen ausführlichen Bericht über diese Arbeiten auf Seite 81–101 enthält, möge hier nur das Wesentlichste aus dem reichen Inhalte des Vortrages wiedergegeben werden, wobei nur jene Teile eine ausführliche Behandlung erfahren sollen, welche in dem erwähnten Berichte nur kurz gestreift sind.

Da das ehemalige k. u. k. Militär-geographische Institut in Wien für die ganze Monarchie bestimmt war, sah sich Ungarn nach der Auflösung der Monarchie genötigt, ein eigenes Institut für die topographische Landesvermessung aufzustellen. Die von demselben in den Jahren 1923–1925 gemachten Versuchsmessungen hatten zur Folge, daß sich Ungarn fast ausschließlich der Luftphotogrammetrie zuwandte. Eine Hegershoff'sche und eine Zeiß'sche