

Paper-ID: VGI_196718



Genauigkeitsuntersuchungen und Testergebnisse beim exzentrischen Nivellement

Gerhard Stolzka ¹

¹ *Technische Hochschule Wien, 1040 Wien, Karlsplatz 13*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **55** (5), S. 140–148

1967

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Stolzka_VGI_196718,  
Title = {Genauigkeitsuntersuchungen und Testergebnisse beim exzentrischen  
Nivellement},  
Author = {Stolzka, Gerhard},  
Journal = {{\u}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen},  
Pages = {140--148},  
Number = {5},  
Year = {1967},  
Volume = {55}  
}
```



Alle Ergebnisse unserer Arbeit wurden auf Teststrecken von 0.2 bis 1.8 km Länge ermittelt. Für diese Distanzen wurden mit dem NASM 4 B Geodimeter hohe Genauigkeiten weitgehend unabhängig von äußeren Bedingungen erreicht.

Literatur

- [1] *Mitter*, Praterbasis, Manuskript, erscheint demnächst in der ÖZfV.
- [2] *AGA Werke*, Betriebsanleitung für das Geodimeter NASM 4 B.
- [3] *Jordan-Eggert-Kneissl-Rimmer-Benz-Mitter*, Handbuch der Vermessungskunde, VI. Band.
- [4] *Grosse*, Das neue Geodimeter NASM 4B mit Hg-Lampe und seine Prüfungsmöglichkeiten. Nachrichten aus dem Karten- u. Verm. Wesen, Reihe I, Heft 26.
- [5] *Höpcke*, Erfahrungen zur Betriebssicherheit des Geodimeters AVN 1963, S. 289ff.
- [6] *Linnik*, Methode der kleinsten Quadrate in moderner Darstellung.
- [7] *Smirnow, Dunin, Barkowski*, Mathemat. Statistik für Techniker.
- [8] *Böhm*, Die Messungsfehler und die statistischen Reihen. ZfV 1967, S 225ff.
- [9] *Höpcke*, Korrelation elektromagnetisch gemessener Strecken. AVN 1965, S 140ff.
- [10] *Grafarend*, Fehlertensor bei A-priori und A-posteriori-Korrelationen. ZfV 1967, Heft. 5.

Genauigkeitsuntersuchungen und Testergebnisse beim exzentrischen Nivellement

von *Gerhard Stolzka*, Wien

Im Heft Nr. 5 der Ö. Z. f. Verm. aus dem Jahre 1964 wurde vom Verfasser eine Meßmethode zur Verringerung des Refraktionseinflusses im Nivellement angegeben. Sie besteht in einer exzentrischen Standpunktwahl, die für zwei einander folgende Aufstellungen so gewählt wird, daß sich bei konstanter Geländeneigung und Instrumentenhöhe h_i , sowie bei gleichbleibender Temperaturschichtung für die Meßzeit auf dem Doppelstandpunkt nach dem Ansatz

$$\left[1 - \frac{\Delta h}{2h_i} \cdot x\right]^{c+1} - \left[1 + \frac{\Delta h}{2h_i}(2-x)\right]^{c+1} + \left[1 - \frac{\Delta h}{2h_i}\right]^{c+1} - \left[1 + \frac{\Delta h}{2h_i}(2x-1)\right]^{c+1} + (c+1) \frac{\Delta h}{h_i}(1+x) = 0 \quad (1)$$

alle nach der Temperatur-Höhenformel $t = a + b \cdot h^c$ erfaßbaren Refraktionseinflüsse und die proportional zur Distanz wirkenden Neigungsfehler gleichzeitig ausgeschaltet werden. Hierbei nicht berücksichtigt, aber, wie gezeigt wird, leicht bestimmbar, sind bei letzteren der Einfluß der Erdkrümmung und eventuelle Zielachsenfehler beim Umfokussieren.

In der Zwischenzeit war es möglich, einige Versuchsmessungen durchzuführen, die die Brauchbarkeit der Methode erwiesen. Im folgenden wird allgemein untersucht, welchen Einfluß mögliche Ungenauigkeiten von Δh , h_i , x und c für die Exzenterstreckenbestimmung d der Methode des exzentrischen Nivellements, bezogen auf einen Doppelstandpunkt haben, ferner eine praktische Arbeitsanleitung gegeben und schließlich am Beispiel einer kurzen Testmessung die Übereinstimmung der empirischen Resultate mit den theoretischen Überlegungen gezeigt. Zum besseren Überblick für die Bezeichnungen soll die Prinzipskizze Abb. 1 dienen.

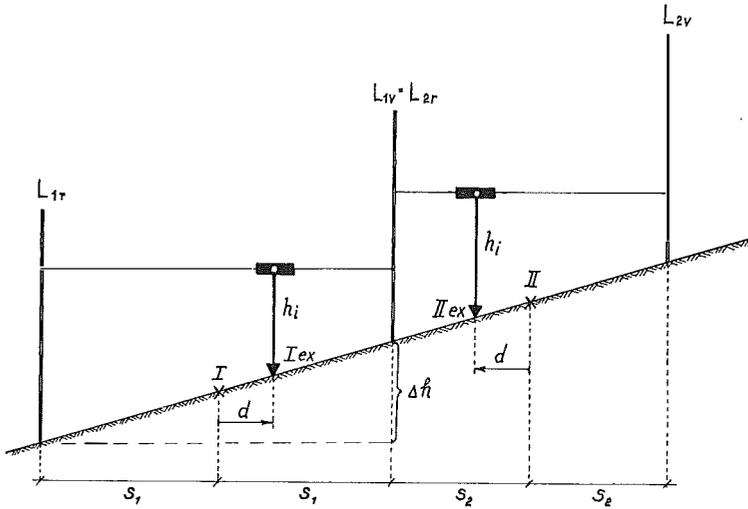


Abb. 1

Die partielle Ableitung der Ausgangsgleichung (1) nach Δh , h_i , x und c vermittelt den Einfluß von Fehlern dieser Elemente auf die Funktion.

$\mathcal{F}(\Delta h, h_i, x, c) = 0$ und lautet allgemein:

$$\mathcal{F}'(\Delta h, h_i, x, c) = \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial \Delta h} \cdot d\Delta h + \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial h_i} \cdot dh_i + \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial x} \cdot dx + \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial c} \cdot dc \quad (2)$$

Einzelnen berechnet ergeben sich die Glieder, wenn eine abgekürzte Darstellung von Gleichung (1) verwendet wird, mit

$$\begin{aligned} \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial \Delta h} &= \frac{c+1}{2h_i} \left\{ a^c(-x) - b^c(2-x) - c^c - d^c(2x-1) + 2(x+1) \right\}, \\ \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial h_i} &= \frac{(c+1) \cdot \Delta h}{2h_i^2} \left\{ a^c \cdot x + b^c(2-x) + c^c + d^c(2x-1) - 2(x+1) \right\}, \\ \frac{\partial \mathcal{F}}{\partial c} &= \frac{(c+1) \cdot \Delta h}{2h_i} \left\{ -a^c + b^c - 2d^c + 2 \right\} \end{aligned} \quad (3)$$

und

$$\frac{\partial \mathcal{F}}{\partial c} = a^{c+1} \cdot \ln a - b^{c+1} \cdot \ln b + c^{c+1} \cdot \ln c - d^{c+1} \cdot \ln d + \frac{\Delta h}{h_i} (x+1).$$

Um den Fehlereinfluß von Δh , h_i , x und c zu berechnen, geht man von den Differentialen der allgemeinen Darstellung (2) auf mittlere Fehler über und multipliziert mit den entsprechenden partiellen Ableitungen der Formelgruppe (3). Zur Veranschaulichung der Größenordnung in Längeneinheiten dient wieder der in Abschnitt 5 der Publikation aus dem Jahre 1964 verwendete Faktor

$$\cot^2 \alpha \cdot f(t, B) \cdot b = \left(\frac{2s_1}{\Delta h_1} \right)^2 \cdot 10^{-6} \cdot 3,5.$$

Die Berechnung mittlerer Gesamtfehler M nach dem Gauß'schen Fehlerfortpflanzungsgesetz ist wegen der Abhängigkeit von Δh und x streng genommen nicht zulässig, vermittelt aber ein ausreichendes Bild ihrer Größenordnung.

Im folgenden seien die gewählten mittleren Fehler der einzelnen Elemente angeführt und ihre Größe begründet.

Bei $m_{\Delta h_1} = \pm 5 \cdot 10^{-3}$ m kann der Höhenunterschied Δh_1 vorläufig ohne besondere Sorgfalt ermittelt und der x -Wert direkt aus Tabelle 3 entnommen werden.

Für $m_{h_1} = \pm 5 \cdot 10^{-2}$ m erhält man den unbedingt notwendigen Spielraum für kleinere Geländeunebenheiten, die mittelbar die Instrumentenhöhe ändern. Merkbare Brüche müssen durch Wechsellpunkte unschädlich gemacht werden.

Die Annahme $m_x = \pm 5 \cdot 10^{-2}$ erreicht, wie sich herausstellen wird, nicht einmal die Hälfte eines wahrscheinlichen Pointierungsfehlers von $\pm 0,08$ mm und ist geeignet, die Feldarbeit wesentlich zu beschleunigen. 5% Toleranz in x verlangen bei der Bestimmung von d maximal 10% Genauigkeit, wofür Schrittmaße genügen. Eventuelle kleinere Überschüsse bzw. Abgänge in der Summe der Vor- und Rückvisuren gegen die Sollwerte können in horizontalem Gelände mit gleicher Bodenbedeckung und gleichen Einstrahlungsverhältnissen nachträglich ausgeglichen werden. Was den Fehlereinfluß von $m_{\Delta h}$ auf x anlangt, errechnet sich dieser aus dem totalen Differential von Gleichung (1), in gekürzter Schreibweise

$$\frac{dx}{d\Delta h} = \frac{\frac{c+1}{3} \{a^c(-x) - b^c(2-x) - c^c - d^c(2x-1) + 2(x-1)\}}{\frac{(c+1)\Delta h}{3} \{-a^c + b^c - 2d^c + 2\}}$$

Numerisch ergibt sich daraus der Einflußfaktor $\frac{dx}{d\Delta h}$ für die in der Fehleruntersuchung verwendeten Δh wie folgt:

Tabelle 1:

Δh in Meter	0,05	0,2	0,5	1,0	1,5	1,8
$dx/d\Delta h$:	0,53	0,39	0,26	0,20	0,18	0,18

Multipliziert man den eingeführten Fehler $m_{\Delta h} = \pm 5 \cdot 10^{-3}$ mit dem Faktor $dx/d\Delta h$, zeigt sich eine zusätzliche Wirkung auf x von $2,6 \cdot 10^{-3}$, was bei der angenommenen Größe von $m_x = \pm 5 \cdot 10^{-2}$ vernachlässigt werden kann.

Wie aus Tabelle 1 der Grundlagearbeit hervorgeht, schwanken im betrachteten Zeitraum die Werte von c zwischen 0 und $-0,4$, woraus sich gegen den Mittelwert $-0,2$ ein $m_c = \pm 0,2$ ergibt. Eine Einengung dieser relativ großen Toleranz ist, wie die nachfolgende Fehlerzusammenstellung zeigt, für Zeiten mit negativen Temperaturgradienten nicht notwendig. Allgemein kann natürlich auch beim Auftreten positiver Temperaturgradienten nach der vorliegenden Methode nivelliert werden, wenn die x -Werte mit entsprechenden Exponenten c gerechnet werden.

Als Ergebnis der Genauigkeitsuntersuchung sind in Tabelle 2 für vier Visurenlängen und sechs Höhenunterschiede die mittleren partiellen Einflüsse und der gesamte Refraktionsfehler M in Hundertstel-Millimeter für eine wahrscheinliche Temperaturschichtung während des gewählten Zeitraumes (April bis September von 8^h bis 18^h) angegeben.

Betrachtet man die einzelnen Fehlereinflüsse in ihrer Wirksamkeit und zwar a) proportional der Höhendifferenz und

Tab. 2

Partieller Einfluß der mittleren Fehler $m_{\Delta h}$, m_{hi} , m_x und m_c und daraus resultierender Gesamtfehler M in 1/100 mm

Δh_1 in m	$s_1 = 40$ m					$s_1 = 30$ m				
	$m_{\Delta h}$	m_{hi}	m_x	m_c	M	$m_{\Delta h}$	m_{hi}	m_x	m_c	M
0,05	0,04	0,01	0,67	0	0,67	0,02	0,01	0,38	0	0,38
0,20	0,05	0,06	1,23	0,22	1,25	0,03	0,03	0,70	0,13	0,71
0,50	0,05	0,16	1,83	0,86	2,02	0,03	0,09	1,04	0,49	1,15
1,00	0,05	0,30	2,32	1,62	2,84	0,03	0,17	1,32	0,92	1,62
1,50	0,05	0,52	2,91	2,51	3,87	0,03	0,30	1,66	1,43	2,21
1,80	0,06	0,68	3,16	3,20	4,55	0,03	0,39	1,80	1,82	2,59

Δh_1 in m	$s_1 = 20$ m					$s_1 = 10$ m				
	$m_{\Delta h}$	m_{hi}	m_x	m_c	M	$m_{\Delta h}$	m_{hi}	m_x	m_c	M
0,05	0,01	0	0,17	0	0,17	0	0	0,04	0	0,04
0,20	0,01	0,02	0,31	0,06	0,31	0	0	0,07	0,01	0,08
0,50	0,01	0,04	0,46	0,22	0,50	0	0,01	0,11	0,05	0,12
1,00	0,01	0,08	0,58	0,40	0,71	0	0,02	0,14	0,10	0,17
1,50	0,01	0,13	0,73	0,63	0,97	0	0,03	0,17	0,15	0,23
1,80	0,02	0,17	0,79	0,80	1,14	0	0,04	0,19	0,19	0,27

b) proportional der Visurlänge

so zeigt sich

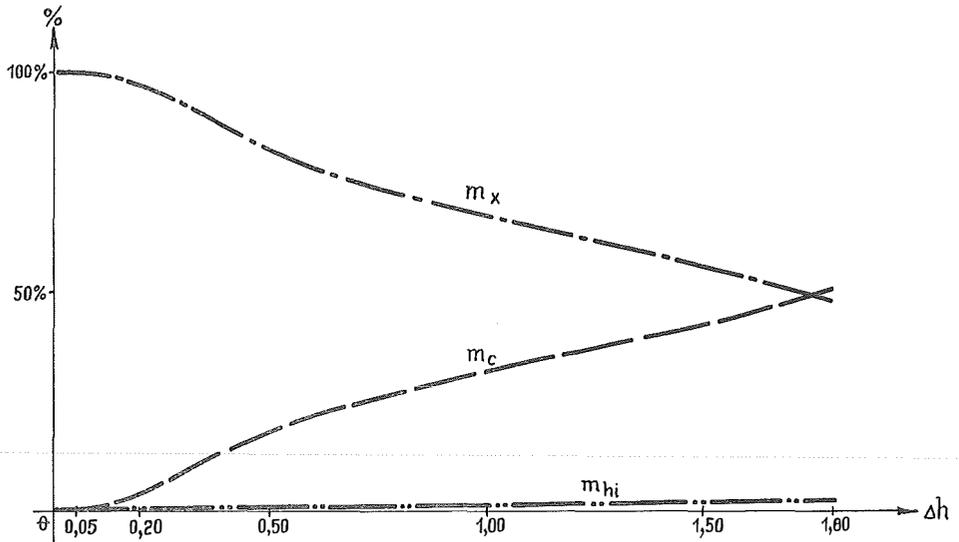
ad a): vor allem der geringe, konstante Einfluß von $m_{\Delta h}$ im ganzen Höhenbereich. Da in den untersten zwei Dezimetern auch die drei anderen Einflüsse praktisch nicht wirksam sind, kann ein Fehler in Δh noch stark anwachsen, ohne einen nennenswerten Refraktionseinfluß zu zeitigen. Bei fast horizontalem Gelände, z. B. bis zu einer Höhendifferenz von 0,2 m auf 80 m Länge wird man deshalb aus der Mitte nivellieren, wenn auch für einen Standpunkt ein Refraktionsfehler, berechnet nach Kukkamäki von 0,016 mm zu erwarten ist. Ein Refraktionsfehler dieser Größenordnung kann nach dem vorgeschlagenen exzentrischen Nivellement kaum mehr objektiv erfaßt werden.

Was die anderen Fehler in der angenommenen Verteilung anlangt, ergeben sie prozentuell zum mittleren Gesamtfehler einer Höhenstufe in allen Distanzen denselben Einfluß, welcher im Diagramm von Abb. 2 ersichtlich ist.

ad b): Distanzabhängig ist für alle Fehlereinflüsse nur der Faktor $\cot^2 \alpha$ der Geländeneigung. Dieser ergibt sich aus $\left(\frac{2s}{\Delta h}\right)^2$ und ist daher direkt dem Quadrat der Entfernung proportional. In Prozenten eines Refraktionsfehlers bei $s = 40$ m ausgedrückt, errechnen sich folgende Werte:

Distanz in m	40	30	20	10
Fehler in %	100	57	25	6

Da beim Nivellement aus der Mitte, wie an a. O. nachgewiesen, mit Zielweiten bis 40 m in Extremfällen Refraktionseinflüsse bis zu 0,8 mm pro Standpunkt



Fehlereinflüsse

$$m_h = \pm 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}, \quad m_{hi} = \pm 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

$$m_x = \pm 5 \cdot 10^{-2}, \quad m_c = \pm 0,2$$

in Prozenten des Gesamtfehlers M . Nicht ausgewiesen ist $m_{\Delta h}$, da dessen Einfluß im ganzen Höhenbereich unter 0,5% bleibt.

Abb. 2

auftreten, wird man allgemein als Rentabilitätsgrenze ihrer Erfassung Zielweiten von ca. 15 m annehmen können. Damit ergeben sich folgende Schranken für den Anwendungsbereich des excentrischen Nivellements bzgl. der Geländeneigung zwischen

$$\frac{\Delta h_{Min}}{2 s_{Max}} = \frac{0,2}{80} = 0,25\%$$

und

$$\frac{\Delta h_{Max}}{2 s_{Min}} = \frac{1,8}{30} = 6\%.$$

Vor der Besprechung der praktischen Durchführung der Meßmethode müssen noch die zwei schon angedeuteten Fehlerquellen behandelt werden, die beim Nivellement aus der Mitte wegfallen, hier aber zu beachten sind.

a) Der Einfluß der Erdkrümmung

läßt sich für das excentrische Nivellement leicht nachträglich aus den gemessenen Distanzen für einen Doppelstandpunkt bestimmen.

Der Erdkrümmungseinfluß errechnet sich aus $\Delta h_{Erd} = -\frac{s^2}{2R}$; hierin die in der Prinzipskizze Abb. 1 ersichtlichen Größen für die vorliegenden Verhältnisse eingeführt, ergibt mit $s_1 = s_2 + d$

$$\Delta h_{Erd} = \frac{-(s_1 + d)^2 + (s_1 - d)^2 - (s_2 - d)^2 + (s_2 + d)^2}{2R} = \frac{2d^2}{R}.$$

Wie wesentlich die Beachtung dieses Einflusses ist, zeigt sich am Beispiel, daß $d_{Max} = 20$ m sein kann und für einen Doppelstandpunkt bei $s_1 = 40$ m dann der beachtliche Wert von

$$\Delta h_{Erd} = - 0,125 \text{ mm}$$

zu berücksichtigen ist.

b) *Die Veränderlichkeit der Zielachse beim Umfokussieren* wird bei modernen Fernrohren von Libellennivellieren mit Innenfokussierung kaum merkbar auftreten. Man muß nur jedes Instrument vor der Verwendung für ein exzentrisches Nivellement daraufhin untersuchen, um notwendige Korrekturen festzustellen. Eine entsprechende Untersuchung für das bei den später beschriebenen Testmessungen verwendete Nivellier Wild N 3 wurde vom Verfasser durchgeführt und soll demnächst veröffentlicht werden. Diese erbrachte für das bezeichnete Instrument keine meßbaren Abweichungen. Schwierigkeiten würden sich hinsichtlich dieser problematischsten Frage der exzentrischen Meßmethode nur bei Verwendung der meisten selbsthorizontierenden Nivelliere ergeben, deren Kompensator nicht selbst als Fokussiermittel verwendet wird, da diese theoretisch beim Umfokussieren einen Faktor- und Nullagefehler der Ziellinie bedingen.

*Die Durchführung des exzentrischen Nivellements bezogen
auf einen Doppelstandpunkt*

Wie im letzten Kapitel abgeschätzt, ergibt sich der Anwendungsbereich der gerechneten x -Tabelle (zu Zeiten mit negativen Temperaturgradienten) bei längeren, flach geneigten Nivellementstrecken zwischen 0,25% und 6% Neigung und Visurlängen aus der Mitte gerechnet von mehr als 15 m. Die Methode kann sicher immer im offenen Gelände, mittlerer nördlicher Breiten, zwei Stunden nach Sonnenaufgang bis zwei Stunden vor Sonnenuntergang während der Monate April bis September vorteilhaft angewandt werden.

Arbeitsvorgang:

a) Tachymetrische Bestimmung der Gesamtzielweite $2 s_1$ vor und rück im 1. Mittelstandpunkt (muß immer < 80 m sein), sowie des Höhenunterschiedes Δh_1 (muß immer $< 1,80$ m sein) mit cm-Genauigkeit.

b) Mit Δh_1 wird aus der x -Tabelle (Tabelle 3 der Grundlagearbeit) der entsprechende x -Wert auf 3 Dezimalstellen interpoliert und mit dem Rechenschieber

$$s_2 = s_1 \cdot x \text{ errechnet sowie schließlich die Ausrückung}$$

$$d = s_1 - s_2 \text{ bestimmt.}$$

c) Die mit d ermittelte Lage des exzentrischen Instrumentenstandpunktes I_{ex} wird, von der vorläufigen Mittelaufstellung I aus, bergwärts eingemessen und die Beobachtungen ausgeführt. Für den folgenden Standpunkt II sind die Visurlänge s_2 und die Ausrückung d talwärts bekannt.

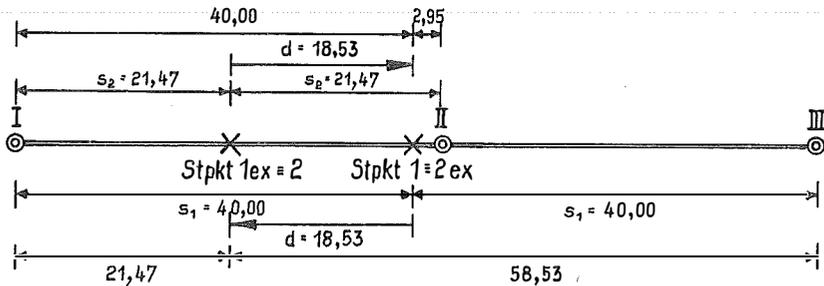
Üblicherweise muß beachtet werden, daß bei Neigungsbrücken oder an örtlichen Sprungstellen einer Temperaturgradientenänderung, wie an Übergängen vom bewachsenen auf unbedecktes Gelände, bei Gewässer- und Waldgrenzen Wechselpunkte eingeschaltet werden. Bei Aufstellungen, für die kürzere Abstände zur Latte

vorgeschrieben sind als es die kleinste Fokussierweite zuläßt, sollte horizontal, senkrecht zur Nivellementlinie ausgewichen werden.

Anlage und Ergebnisse einer Versuchsmessung

Die Messungen wurden im Übungsgelände der T. H. Wien an zwei hochsommerlich warmen Tagen Ende September durchgeführt. Während der Meßzeit, jeweils von 10³⁰ bis 14³⁰ Uhr, war es sonnig bis leicht bewölkt; die Lufttemperatur lag zwischen 19⁰ und 24⁰ Celsius.

Die Teststrecke war schattenlos, lag am Bankett einer Südost-Nordwest führenden, schwach befahrenen, asphaltierten Straße, angrenzend an einen ca 1 m breiten Wiesenstreifen und einem dahinter liegenden Stoppelfeld mit niedrigem Kleebewuchs.



Anlage der Testmessung ($s_1 = 30,00 \text{ m}$, $\Delta h = 1,66 \text{ m}$, $x = 0,537$)

Abb. 3

Die bodengleich, in ca 60 cm tief fundierte Bodenklötze vertikal eingelassenen Rundkopfbolzen I, II und III (siehe Abb. 3) waren lagemäßig so gewählt, daß bei einer gleichmäßigen Geländeneigung von 2,2%

a) größtmögliche Lattenausnutzung und Distanz maximale Refraktionseinflüsse zeitigen müßten und

b) das Gelände wie der Bodenwuchs allgemeinen Verhältnissen entsprachen.

Die abwechselnd angeordneten Beobachtungen des bei der Versuchsstrecke überlappenden Doppelstandpunktes I—III und I—II, einmal aus der Mitte und einmal exzentrisch gemessen, konnten 14 Mal wiederholt werden. Weitere Messungen auf dieser Strecke wurden zuerst durch Schlechtwetter und später durch die Entfernung der Bolzen bei Straßenbauarbeiten verhindert.

An Instrumentarium wurde ein Nivellier Wild N 3, das hinsichtlich Ziellinienfehlern beim Umfokussieren überprüft war und ein kompariertes Inventarlattenpaar verwendet.

In nachfolgender Tabelle 3 sind zuerst die Ergebnisse des Nivellements aus der Mitte (Ist-Werte) und daneben die zeitlich parallel gemessenen Werte aus dem exzentrischen Nivellement (Soll-Werte) angegeben. Das Δh der Soll-Werte wurde mit dem Erdkrümmungseinfluß (pro Doppelstandpunkt + 0,22 mm) korrigiert, um den Ist-Meßwert reduziert und liefert damit in der letzten Spalte den erfaßbaren Refraktionseinfluß.

Tabelle 3
Meßdaten in 0,5 Meter-Einheiten

Messung Nr.	Messung aus der Mitte (Ist)			exzentrisches Nivellement (Soll)			Refraktion $\Delta R =$ Soll - Ist + Erdkr. ($E = 10^{-5}$ m)
	I—III	I—II	Δh	I—III	I—II	Δh	
1	-3,314 76	-1,759 75	-5,074 51	-3,317 90	-1,756 35	-5,074 25	+ 48
2	-3,315 30	-1,759 91	6 21	-3,319 58	-1,756 35	5 93	- 50
3	-3,314 58	-1,759 68	4 26	-3,318 43	-1,756 36	4 79	- 31
4	-3,315 08	-1,759 87	4 95	-3,314 41	-1,762 10	6 51	-134
5	-3,315 28	-1,760 33	5 61	-3,314 48	-1,761 12	5 60	+ 23
6	-3,315 11	-1,760 38	5 49	-3,314 78	-1,760 70	5 48	+ 23
7	-3,314 91	-1,760 30	5 21	-3,316 62	-1,760 17	6 79	-136
8	-3,314 92	-1,760 32	5 24	-3,314 68	-1,760 14	4 82	+ 64
9	-3,315 02	-1,760 54	5 56	-3,315 92	-1,761 57	7 49	-171
10	-3,315 27	-1,760 33	5 60	-3,314 62	-1,761 23	5 85	- 3
11	-3,315 00	-1,760 54	5 54	-3,315 56	-1,761 16	6 72	- 96
12	-3,315 08	-1,760 31	5 39	-3,314 58	-1,760 55	5 13	+ 48
13	-3,314 97	-1,760 33	5 30	-3,315 39	-1,760 34	5 73	- 21
14	-3,315 11	-1,760 33	5 44	-3,315 30	-1,761 30	6 60	- 94
$\Sigma_{Ist} = -71,053\ 31$				$\Sigma_{Soll} = -71,058\ 61$			-530

Erdkrümmungseinfluß + 0,22 mm

Die Auswertung ergab im vorliegenden Fall eines negativen Temperaturgradienten erwartungsgemäß im Mittel bei unberücksichtigter Refraktion (Ist-Werte) eine Verkleinerung aller gemessenen Höhenunterschiede pro Doppelstandpunkt (Länge: $80,02 + 37,08 = 117,10$ m) von 0,19 mm und umgerechnet für 1 km von 1,6 mm.

Dieses Resultat bezieht sich auf ein Nivellement aus der Mitte mit je zur Hälfte 40 m- und 20 m-Visuren. Berücksichtigt man, daß 20 m-Visuren nur $\frac{1}{4}$ des Refraktionseinflusses von 40 m-Visuren verursachen, also proportional dem Quadrat der Visurlänge wirken, ergibt sich für den gemessenen Einfluß eine äquivalente mittlere Zielweite von 31,6 m. Da diese Distanz im Präzisionsnivellement wegen des optimalen Arbeitsfortschrittes bei ausreichender Genauigkeit meistens verwendet wird, scheint nachfolgender Vergleich interessant.

Es wird der Refraktionseinfluß mit den bei der Genauigkeitsuntersuchung eingeführten klimatischen Bedingungen für eine 1 km lange und 2,2% geneigte Strecke gerechnet:

a) bei einem Nivellement aus der Mitte mit $s = 31,6$ m, nach voranstehenden Überlegungen ident einem Nivellement aus der Mitte mit alternierenden Zielweiten von 40 m und 20 m:

$$\Delta R = \cot^2 \alpha \cdot f(t \cdot B) \cdot b \left\{ \frac{1}{c+1} (h_r^{c+1} - h_v^{c+1}) - h_r^c \cdot \Delta h \right\} =$$

$$= \left(\frac{63,2}{1,40} \right)^2 \cdot 10^{-6} \cdot 3,5 \left\{ \frac{1}{0,8} (2,20^8 - 0,800^8) - 1,5^{-0,2} \cdot 1,39 \right\} = + 0,143 \text{ mm}$$

pro Standpunkt umgerechnet auf

$$1 \text{ km} = 15,8 \text{ Standpunkte} \times 0,143 \text{ mm} = + 2,25 \text{ mm.}$$

b) bei einem exzentrischen Nivellement mit $s_1 = 40 \text{ m}$ ($M(\Delta_R)$ interpoliert aus Tabelle 2)

$$1 \text{ Doppelstandpunkt} = 117 \text{ m} \dots\dots\dots 8,55 \text{ Doppelstpkte/km}$$

$$M(\Delta_R) = \pm 0,0446 \cdot \sqrt{8,55} = \pm 0,13 \text{ mm (Restfehler).}$$

Es zeigt die größenmäßig gute Übereinstimmung einerseits der Abschätzung a) mit dem tatsächlichen Ergebnis der Testmessungen für den Refraktionseinfluß und andererseits der nach Abschätzung b), aus denselben Annahmen wie bei a) mit Einschluß aller in der Genauigkeitsabschätzung eingeführten Fehlermöglichkeiten, errechnete Restfehler, daß bei Anwendung der Methode des exzentrischen Nivellements, bezogen auf einen Doppelstandpunkt, eine wesentliche Genauigkeitssteigerung erreichbar scheint.

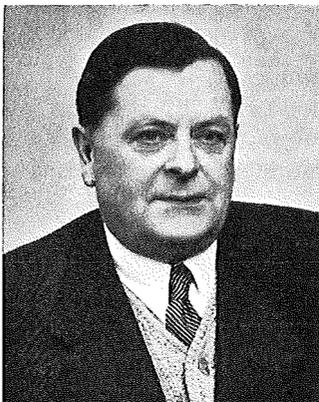
Mitteilungen

Prof. Dr. Erich Brennecke †

Zweimal hatte ich Gelegenheit, in unserer Zeitschrift eine der markantesten Persönlichkeiten der deutschen Geodäsie, Herrn Prof. Dr. Erich Brennecke zu würdigen, und ihm anlässlich seines 70. und 80. Geburtstages unsere herzlichsten Glückwünsche zu übermitteln. Nun ist dieser von glühender Begeisterung erfüllte und überaus sprachgewandte Philosoph unter den Geodäten des deutschen Sprachraums für immer von uns gegangen. Nach längerer Krankheit schied er in seinem vieljährigen Wohnsitz in Berlin-Nikolassee hochbetagt am 11. August für immer von uns! Sein durch das Studium der Mathematik logisch trainierter Geist verbunden mit einer tief philosophischen Grundhaltung befähigten ihn, die Stellung der Geodäsie innerhalb der Naturwissenschaften klar zu erschauen, ja darüber hinaus ihre Bedeutung für die menschliche Kultur zu umreißen. Durch Lehre und persönliches Beispiel hat er sehr viel zum Berufsethos beigetragen. Diese eigenartige, ja fast eigenwillige Stellung hat ihn aus der Reihe seiner Fachkollegen herausgehoben, die bewundernd und neidlos seinen dithyrambischen Worten lauschten. Dies gilt auch vielfach für die österreichischen Kollegen, die in Prof. Brennecke ein leuchtendes Vorbild erahnten. Wir alle werden diesem philosophischen Geodäten, der sich selbst ein unvergängliches Denkmal gesetzt hat, ein ehrendes Gedenken bewahren!

K. Ledersteger

Baurat h. c. Franz Reschl †



Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen Baurat h. c. Franz Reschl, II. Kammervizepräsident der Ingenieurkammer für Wien, Niederösterreich und Burgenland ist am 19. Mai 1967 im achtzigsten Lebensjahr verstorben.

Trotz des hohen Alters war er bis knapp vor seinem Tode auf seinem Fachgebiet aktiv tätig.

Er wurde am 8. 9. 1887 in Wien geboren, hat nach der Staatsrealschule von 1908 bis 1910 das geodätische Studium an der Technischen Hochschule Wien absolviert und leistete anschließend bis 1911 als Einjährig-Freiwilliger Militärdienst. Nach seiner Rückkehr 1912 legte er ordnungsgemäß die Staatsprüfung als Vermessungsgeometer an der Technischen Hochschule in Wien ab. Anschließend daran wurde er Angestellter bei der Wiener Bau Gesellschaft A. G.