

Paper-ID: VGI_196717



Geodimetertest auf der Praterbasis

Kornelius Peters ¹, Erich Korschineck ²

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

² *Technische Hochschule Wien, 1040 Wien, Karlsplatz 13*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **55** (5), S. 133–140

1967

BibT_EX:

```
@ARTICLE{Peters_VGI_196717,  
  Title = {Geodimetertest auf der Praterbasis},  
  Author = {Peters, Kornelius and Korschineck, Erich},  
  Journal = {{\u}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen},  
  Pages = {133--140},  
  Number = {5},  
  Year = {1967},  
  Volume = {55}  
}
```



Literatur

- [1] *Wolf, H.*: Ausgleichsrechnung nach der Methode der kleinsten Quadrate. Hanseat. Verlagsbuchhandlung Hamburg.
- [2] *Niethammer, Th.*: Die genauen Methoden der astronomisch-geographischen Ortsbestimmung. Verlag Birkhäuser Basel.
- [3] *Mühlig, F.*: Astronomisch-geodätische Ortsbestimmung. Herbert-Wichmann-Verlag Berlin.
- [4] *Buchar, E., Ledersteger, K.*: Das Zirkumzenital und die astronomische Ortsbestimmung aus gleichen Sternhöhen. Sonderheft 24/25 des Reichsamtes für Landesaufnahme, Berlin.
- [5] *Brandstätter, G.*: Der sphärische Rückwärtsschnitt und seine Anwendung in der geodätischen Astronomie. Diss. T. H. Graz.

Geodimetertest auf der Praterbasis

von *Kornelius Peters* und *Erich Korschineck*, Wien

Zusammenfassung

Für das NASM 4-B Geodimeter (mit Hg-Lampe) des Institutes für Landes- und Katastervermessung werden auf Grund von Beobachtungen auf der Testbasis des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen im Wiener Prater die Eichgrößen sowie Korrelationen zwischen Messungsbedingungen und innerer und äußerer Genauigkeit abgeleitet. Es wird nachgewiesen, daß die Genauigkeit eines Geodimeters bei guten atmosphärischen Bedingungen knapp besser ist, als die vom Werk angegebenen Daten. Die mit *einem* Gerät gemessenen Seiten sind als unkorrelierte Beobachtungen aufzufassen, wenn die Eichkurve des Phasenschiebers jährlich überprüft wird.

1) Durchführung der Messungen

Das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen hat im Wiener Prater eine Testbasis mit Invarbändern bestimmt, welche durch 4 Fixpunkte in 6 mögliche Teilstrecken gegliedert ist [1]. Sie verläuft unter dem Laubdach des nördlich der Fahrbahn der Praterhauptallee gelegenen Reitweges und bietet dadurch laborähnliche Meßbedingungen mit homogener atmosphärischer Schichtung. Die Anlage der Teilstrecken ermöglicht Komparationsmessungen im unteren und mittleren Entfernungsbereich, wie er bei den Hauptverwendungszwecken des Geodimeters anfällt, also etwa Paßpunktmessungen, EP-Schaffung, Netzverdichtungen der unteren Ordnungen. Der Einfluß der Unsicherheit meteorologischer Meßgrößen verschwindet bei dieser Beobachtungsanordnung. Die Messungen wurden teilweise im Rahmen der lehrplanmäßigen „Meßübungen aus Technik des Katasterwesens“ durchgeführt. Ein Einfluß mangelnder Beobachtungspraxis auf innere oder äußere Genauigkeit der Messungen konnte nicht festgestellt werden. Die Zentrierung des Gerätes und des Reflektors wurde mit einem senkrecht zur Seite aufgestellten Theodoliten überprüft. Um auch ungünstige Meßbedingungen zu simulieren, d. h. relativ geringen Lichtrückfall oder relativ großen Anteil des Streulichtes am in der Empfangsoptik einfallenden Strahl, wurden neben den vorgeschriebenen Reflektor- und Keil-Austeilungen ([2] [3]) auch andere verwendet. Auch wurde bei der kürzesten Seite einmal statt des Reflektors ein eigens angefertigter Planspiegel (aufgedampfter Oberflächenspiegel) verwendet, um den Einfluß der Reflektorkonstanten zu eliminieren. Dieser Planspiegel war auf die Einstellvorrichtung eines Helio-

trops montiert. Schon auf der kürzesten Strecke von etwa 260 m war die Einrichtung des Meßstrahls überaus schwierig. Von einer weiteren Verwendung wurde daher abgesehen. Jede Messungsanordnung wurde 6 mal beobachtet, um den Wert einigermaßen zu sichern. An dieser Stelle sei Herrn Hofrat Dr. Mitter für wertvolle Anregungen unser Dank ausgesprochen.

2) Bestimmung der Eichgrößen

Die Verteilung der Meßstrecken nach ihrer Länge, zeitlichen Folge und der Abweichungen der Gruppenmittel vom Sollwert sieht man aus Abb. 1.

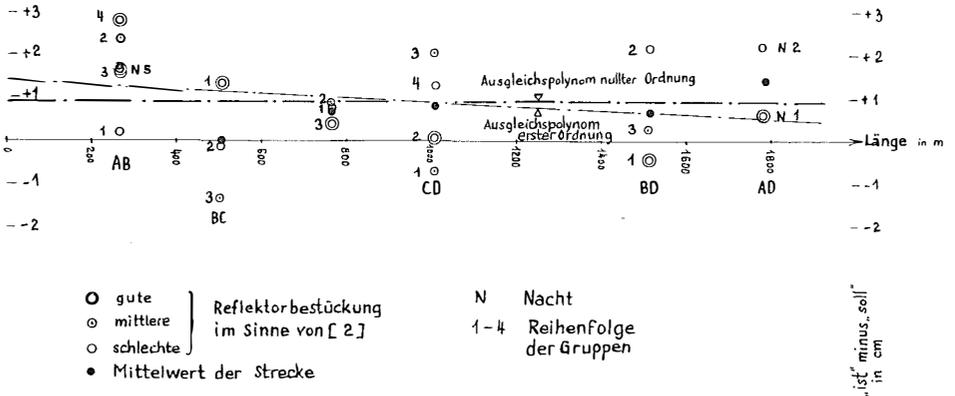


Abb. 1

Bei der Auswertung der einzelnen Gruppenmittel fiel der ganz ungewöhnlich große Fehler der Seite 1007, Gruppe 1, auf; bereits bei der Messung war die Empfindlichkeit des Nullindikators besonders gering. Der mittlere Fehler einer Messung a priori ist ± 20 mm, der einer Messung dieser Gruppe ± 46 mm. Der Fisher-Koeffizient F_α ($\alpha = 5\%$, $n_2 = 5$, $n_1 = \infty$) = 4.4, der betreffend die vorliegende Gruppe $F = \frac{46^2}{20^2} = 5.3$ Mit 95% Wahrscheinlichkeit liegen hier also grob geänderte Messungsbedingungen vor, welche eine Elimination dieser Gruppe bei Fehleruntersuchungen rechtfertigen. Das Gruppenmittel hingegen fügt sich zwanglos in die Beobachtungsreihe.

Der mittlere Fehler einer Messung, bezogen auf die Sollwerte, ist ± 21 mm, ohne Gr. $1_{1007} \pm 19$ mm. Dies ist in Einklang mit den Erfahrungswerten ([2], [3]). Nun werde die Messungsverteilung durch ein algebraisches Polynom approximiert. Die erste Annahme sei die eines Absolutgliedes, also $M = c_0 + L$. Für c_0 erhält man einen Wert von $c_0 = +9$ mm. Dies würde bedeuten, daß die vom Werk angegebene Summe der Geodimeter- und Reflektorkonstanten um 9 mm zu groß sei. Der mittlere Fehler einer Messung reduziert sich durch diese Annahme auf ± 18 bzw. ± 16 mm. Der Fisher-Koeffizient F_α ($\alpha = 5\%$, $n_1 = n_2 = 120$) = 1.38 ist nunmehr ungefähr gleich dem bestehenden $F = \frac{19^2}{16^2} = 1.40$. Die Nullhypothese, c_0 sei nur ein zufälliger und nicht systematischer Fehler, wird auf dem

5% Niveau zurückgewiesen. Die Einführung einer Additionskonstante ist somit gerechtfertigt.

Die Annahme eines linearen Zusammenhanges $M = c_0 + kL$ gibt als Resultate $c_0 = 15$ mm, $k = -5$ mm/km. Sie senkt den mittleren Fehler einer Beobachtung noch auf ± 18 bzw. ± 15 mm. Diese Verbesserung ist aber offensichtlich nicht mehr signifikant. Auch physikalische Überlegungen rechtfertigen die Ablehnung der Annahme einer Multiplikationskonstante. Ein k von -5 mm/km würde ja bekanntlich eine Frequenzdifferenz gegen die Eichung von $5 \cdot 10^{-6}$ bedeuten, dies ist laut mehreren Frequenzprüfungen so gut wie unmöglich ([4], [5]). Die andere Möglichkeit zur Erklärung eines systematisch mit der Länge geänderten Fehlers ist die einer falschen Berechnung der atmosphärischen Korrekturen. Sie muß ebenfalls abgelehnt werden.

Würde man nur die mit „optimalen Reflektorenbestückungen“ ([2]) gemessenen Seiten ausgleichen, wäre, wie aus Abb. 1. ersichtlich, noch ein wesentlich unglaubwürdigeres Ergebnis zu erwarten. Die Reflektorenbestückung selbst ist also kein Kriterium für die Messungsgenauigkeit. Für eine Frequenzkontrolle außerhalb des Labors wären wesentlich längere Teststrecken erforderlich, eine solche Überprüfung wäre aber unwirtschaftlich.

3) Untersuchung der einzelnen Frequenzen

Versuch einer Phasenschieber-Eichung

Die Untersuchung der einzelnen Messungsfrequenzen auf Unabhängigkeit ist ein delikates Unterfangen. In der Literatur, etwa [3], wird auf die rein physikalisch gegebene Unabhängigkeit der Frequenzen hingewiesen. Sie läßt sich durch den Einbau dreier gesondert stabilisierter Schwingkreise erklären. Andererseits sieht man aus Eichkurven wie in [5] deutliche Ähnlichkeiten, welche auf Korrelationen schließen lassen. Diese Korrelationen sind durch die einheitliche Verwendung des Phasenschiebers und dessen elektrische Charakteristik bedingt.

Die Kovarianzmatrix und die Korrelationskoeffizienten der drei Frequenzen lauten, wie aus Tab. 1 folgt ([6]).

Tab. 1

	mit Gr. 1/1007			ohne Gr. 1/1007		
	F1	F2	F3	F1	F2	F3
F1	710	187 + 0.30	304 + 0.43	588	81 + 0.17	211 + 0.37
F2		553	149 + 0.25		361	83 + 0.19
F3			650			507

Bei der Anzahl der vorhandenen Freiheitsgrade wird auf dem 5% Vertrauensniveau der Korrelationskoeffizient ab 0.19 signifikant. Unter Einbeziehung der „Ausreißer“-Gruppe sind alle Korrelationen gesichert, nach ihrer Ausscheidung nur mehr die zwischen F1 und F3.

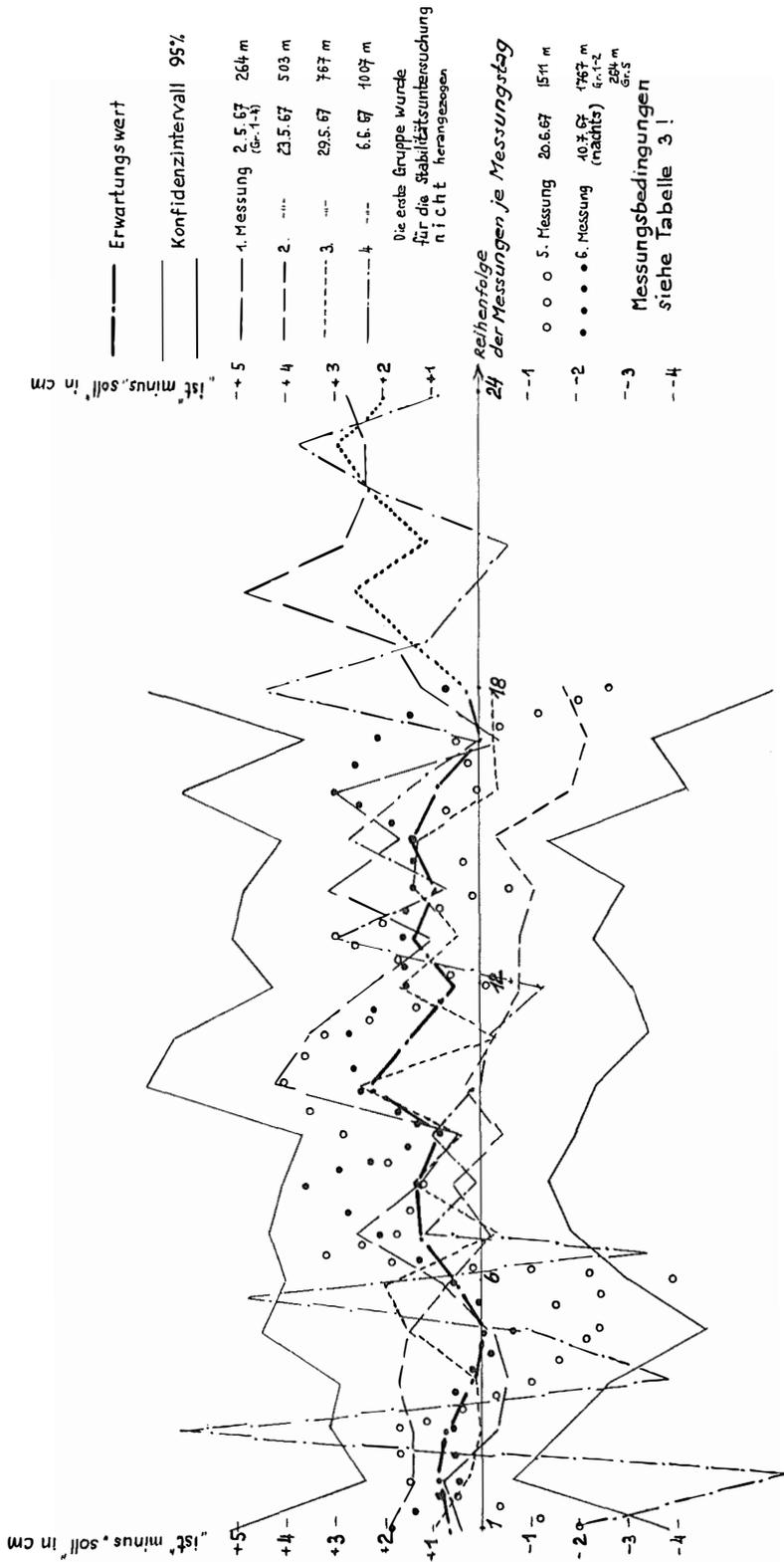


Abb. 2

Auf Grund des vorhandenen Materials ist eine Phasenschieber-Eichung *nicht* möglich. Die Messungen wurden etwa 2—4 Monate nach einer vom Werk durchgeführten Generalüberholung und Eichung vorgenommen, die Eichkurven müßten also zumindest im cm-Bereich stimmen. Wie eine exakte Eichung des Phasenschiebers vorzunehmen ist, kann [5] entnommen werden, hier fehlt die stetige Verteilung über den zur Messung verwendbaren Phasenschieberbereich.

4) Stabilität der Messungen

Die Messungen wurden jeweils erst begonnen, wenn die elektrischen Verhältnisse im Gerät stabilisiert waren. In Abb. 2 ist der tageweise Verlauf der Beobachtungswidersprüche dargestellt.

Nach der Theorie der zufälligen Prozesse [7] lassen sich die Kurven aufgliedern. Der Erwartungswert beschreibt in erster Näherung eine periodische Kurve mit der Länge $L = 2$ Gruppen (12 Messungen) und der Amplitude $c_0 = 9$ mm. Die eingezeichneten Konfidenzintervalle (95%), welche unter Ausschluß von Gruppe 1₁₀₀₇ berechnet wurden, umschließen aber den Sollwert mit großer Sicherheit, so daß eine harmonische Analyse nur einer Gedankenspielerei gleichkommt. Auch in der Messungsgenauigkeit machen sich Rhythmen geltend, von denen das Optimum bei der zweiten und das Pessimum bei der letzten Lesung vielleicht psychologisches Interesse erfordern. Von einer Berechnung der Korrelationsfunktion wurde abgesehen.

5) Korrelation von Messungsgrößen

Es bedeuten L die innere Genauigkeit einer Messung, berechnet aus dem arithmetischen Mittel der 3 Frequenzen (mittlerer Fehler).

S die äußere Genauigkeit, bezogen auf Sollwert + c_0 ; (Verbesserung abs.)

R den Fehler einer Messung aus der Reflektorablesung, errechnet aus den Widersprüchen $(1 + 4) - (2 + 3)$ zwischen den Phasensummen;

C den Fehler einer Messung aus der Kalibrierungsablesung;

B die Messungsbedingungen, eingeteilt in -1 (schlechter Zeigerückfall, Reflektorausteilung in bewußtem Gegensatz zu [2]), 0 mittel, $+1$ gut;

T die aufgewendete Zeit für eine Messung, $-1 \leq 5$ min.

5 min. $< 0 < 15$ min.

$+1 \geq 15$ min.

Folgende Korrelationskoeffizienten konnten berechnet werden, wobei $\rho \geq 0.19$ auf dem 5% Niveau als überzufällig gelten.

Tab. 2

	ρ_{LS}	ρ_{LR}	ρ_{RS}	ρ_{RC}	ρ_{RB}	ρ_{ST}	ρ_{SB}
mit Gr. 1/1007	+0,49	+0,37	+0,30	+0,15	-0,27	+0,14	-0,38
ohne Gr. 1/1007	+0,29	+0,32	+0,19	+0,15	-0,14	+0,04	-0,20

Hiebei fällt folgendes ins Auge:

Wie in allen bisherigen Arbeiten stillschweigend vorausgesetzt, sind innere und äußere Genauigkeit positiv korreliert, jedoch nach Ausschaltung grober Abweichungen nicht so straff, wie man annehmen könnte.

Tabelle 3

Seite	Gruppe	η^2	m ² Grup. Mittel	a poste- riori m ² a priori	F F α (5%) Typ	Anmerkungen	
264	1	124	104	256	1,2 5,8 Bernoulli	1 Refl. 50 + 50 Keile	} wol- kig- trüb, wind- schw. ztw. Regen } nachts, windig
	2					1 Refl. 200	
	3					1 Refl. —	
	4					Planspiegel	
	5					1 Refl. 200 Keil	
503	1	32	182	256	5,7 3,7 Lexis	1 50 + 50	} wol- kig, wind- schwach
	2					1 —	
	3					3 —	
767	1	86	7	256	12,3 19 Bernoulli	1 50 + 50	} trüb, wind- schwach
	2					1 —	
	3					3 je 50	
1007	1	749 m. 1 193 o. 1	155	256	4,8 m. 1 1,2 o. 1 F α = 8,7 m. 1 Bernoulli mit 1 Bernoulli ohne 1	3 —	} trüb, wind- schwach
	2					3 je 50	
	3					1 50	
	4					1 —	
1511	1	470	181	256	2,6 19 Bernoulli	3 —	} bedeckt, windig
	2					3 je 50	
	3					1 —	
1775	1	79	72	256	1,1 244 Bernoulli	3 —	} nachts, windig
	2					3 je 50	

η^2 ist hiebei das Maß für die Streuung innerhalb der einzelnen Gruppen, m^2 für die Streuung der Gruppen untereinander. Ist $\eta^2 \gg m^2$, untersucht man auf Poisson-Verteilung, bei $\eta^2 \ll m^2$ auf Lexis-Verteilung. Sind sie nicht stark verschieden, liegt offensichtlich die nicht systematisch beeinflusste Bernoulli-Verteilung vor.

Bei diesen Messungen ist die Korrelation der inneren Genauigkeit, aus den Ergebnissen der drei Frequenzen mit der aus den korrespondierenden Reflektorablesungen am Phasenschieber $(1 + 4) - (2 + 3)$ berechnet, noch größer! Bei extrem schlechten Bedingungen werden äußere Genauigkeit (ρ_{SB}) und Reflektorablesung (ρ_{RB}) nachweislich negativ beeinflusst. Ist die Messung aber nicht stark behindert, sinken diese Korrelationen fast an die Zufallsschranke. Dies kann aber auch nur durch eine robuste Bauart des Phasenschiebers bedingt sein. Beim Geodimeter Mod. 6 dürfte nach Augenschein die Korrelation ρ_{SB} straffer sein.

Etwas überraschend sind die Ergebnisse für den Zusammenhang R-C und S-T. Eine gesicherte Korrelation zwischen R- und C-Fehlern hätte seinen Zusammenhang der Phasenschieberablesung über „innere elektrische Zustände“ des Gerätes angegeben. Diese Hypothese wird aber, wie aus ρ_{RC} ersichtlich, zurückgewiesen. Vollkommen unabhängig sind Messungsdauer und äußere Genauigkeit. Das ist vielleicht aus der großen Anzahl der Beobachter erklärlich, teilweise auch daraus, daß der Nullindikator durch seine dauernde Unruhe keine „genauere, weil gewissenhaftere“ Einstellung zuläßt.

6) Untersuchung der einzelnen Gruppen

Nun mögen in Tabelle 3 die einzelnen Messungsgruppen nach ihrer inneren Genauigkeit auf systematische Einflüsse untersucht werden ([8]). Die Bezeichnungen seien der zitierten Veröffentlichung angepaßt.

Die Systematik innerhalb eines Messungstages erscheint also nur bei der 500 m-Strecke gesichert, und zwar bilden die Werte eine Lexis-Reihe mit von Gruppe zu Gruppe veränderlichem systematischem Einfluß. Interessanterweise liegt die nächstlängere Seite bei fast ebensolcher Messungsanordnung knapp unter der Vertrauensgrenze für Poisson-Reihen, also mit jeweils in jeder Gruppe gleichen, innerhalb der Gruppe sich systematisch änderndem Fehler. Insgesamt ist somit die Annahme eines Einflusses der Reflektorbestückung auf die Meßresultate zurückgewiesen.

7) Korrelation elektrooptisch gemessener Strecken

Immer mehr setzt sich die Überzeugung durch, daß Messungen von Strecken oder Richtungen nicht a priori als unabhängige Zufallsgrößen betrachtet werden dürfen ([9], [10]).

Das Ergebnis unserer Untersuchung ist, daß mit ein und demselben Geodimeter gemessene Seiten angesichts der großen absoluten Genauigkeit als *unkorrelierte* Größen betrachtet werden dürfen. Nach Elimination offensichtlich grober Fehler, welche sich bei Beachtung der Vorschriften aus [2] ergibt, bleiben nur mehr lockere Korrelationen über, die den vergrößerten Aufwand einer Ausgleichung als korrelierte Messungen nicht rechtfertigen.

Über die Korrelation zwischen verschiedenen Geräten des untersuchten Typs, bleibt die Aussage offen, doch dürfte auch hier eine Gegenüberstellung von Wirtschaftlichkeit der Rechnung und geforderter Genauigkeit Aufschluß geben.

Ebenso ungeklärt durch unsere Arbeit bleibt die Korrelation zum Profil der gemessenen Strecke sowie zum Wassertyp, welche aber nur bei längeren Seiten bedeutend sein dürfte.

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.