

Paper-ID: VGI_196220



Erfahrungen mit der Wild-Zwei-Meter-Invar-Basislatte

Walter Smetana ¹

¹ *Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien VIII, Friedrich-Schmidt-Platz 3*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **50** (4), S. 127–137

1962

BibTEX:

```
@ARTICLE{Smetana_VGI_196220,  
  Title = {Erfahrungen mit der Wild-Zwei-Meter-Invar-Basislatte},  
  Author = {Smetana, Walter},  
  Journal = {"Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen"},  
  Pages = {127--137},  
  Number = {4},  
  Year = {1962},  
  Volume = {50}  
}
```



Erfahrungen mit der Wild-Zwei-Meter-Invar-Basislatte

Von *Walter Smetana*, Wien

(Veröffentlichung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen)

1. Einleitung

Zur Überprüfung und Justierung von Doppelkeil-Präzisions-Distanzmessern wurden für die Vermessungsämter eine Anzahl von Prüfstrecken mit Zwischenpunkten im Abstand von 10 bis 140 m durch Leichtmetallbolzen im Gelände an verschiedenen Orten festgelegt. Die Messung der Kontrollstrecken erfolgte mit einem 30 m Invarband der Abteilung K 2 (Erdmessung) des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen: Querschnitt 13/0,2 mm und durchgehender Millimeterteilung. Das Band wurde vor und nach den Messungen mit dem Normalband Ke 23 (Stahl) am Meßband-Komparator der Gruppe Eichwesen des Bundesamtes verglichen.

In den letzten Jahren wurden nun die Basislatte und die parallaxtische Winkelmessung mehr und mehr zur Seitenmessung in Präzisions-Polygonzügen zur polygonometrischen Bestimmung von trigonometrischen Punkten eingesetzt. Zahlreiche Veröffentlichungen berichten über die Erfahrungen und Probleme bei dieser Methode (z. B. [1], [2], [3]).

Die Ergebnisse von rund fünfzig von mir gemessenen und streng ausgeglichenen Präzisions-Polygonzügen [4] zur Bestimmung sogenannter EP (= Einschaltpunkte) mit einer Gesamtlänge von ca. 100 km und ca. 2000 gemessenen parallaxtischen Winkeln mit einer durchschnittlich inneren Genauigkeit $m_a \approx \pm 1,5''$ bestätigen die gute Übereinstimmung der in [1] entwickelten Theorien mit der Praxis.

Die Erreichung einer hohen Genauigkeit bei der Präzisionsdistanzmessung mittels *T 2* und Invar-Basislatte ist jedoch nur dann möglich, wenn die Basislatte jederzeit mit der nötigen Sorgfalt behandelt und regelmäßig kompariert wird.

Die Komparierung der Latte kann auf einem Komparator oder mittels genau bekannten Vergleichsstrecken erfolgen.

Will man eine besonders hohe Genauigkeit bei der Streckenmessung erhalten, so wird eine Komparierung der Latte mit der geforderten Genauigkeit von etwa 0,02 mm für die ganze Lattenlänge und 0,2 mm für die additive Konstante auch mittels genau bestimmten Kontrollstrecken, wie die folgenden Darlegungen zeigen werden, nicht immer erreichbar sein.

Die für die Vermessungsämter festgelegten Prüfstrecken ermöglichten einen Vergleich der Invarbandmessungen mit den Messungen mittels Wildscher Invar-Basislatte.

Die folgende Abhandlung soll an Hand von vorliegenden Vergleichsmessungen mittels Invarband und Basislatte einerseits die zu erreichende gute Übereinstimmung der aus Prüfstrecken im Gelände ermittelten Gleichung einer Invar-Basislatte mit den Meßergebnissen am Komparator des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen nachweisen, andererseits aber auch nebenbei den Haupteinfluß der unvermeidlichen Zentrierfehler bei Benützung der optischen Lote auf die an sich mit hoher Genauigkeit erhaltenen Strecken aufzeigen. Hiezu sei jedoch bemerkt, daß der Einfluß der unvermeidlichen Zentrierfehler bei Benützung der optischen Lote bei der Messung der

Seiten in den Präzisionspolygonzügen mit Zwangszentrierung belanglos bleibt, und bei der Konstantenbestimmung eine Auflotung mit zwei Theodoliten üblich ist.

Der Komparator des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen, der die gleichzeitige Bestimmung der Lattenlänge und additiven Konstante erlaubt, wurde von *J. Mitter* entwickelt und von der Fa. *Klitz*, Wien XIX, Zehenthofgasse 20, gebaut. Der Komparator befindet sich in der Abteilung K 3 (Triangulierung), eine Veröffentlichung über seinen Aufbau und über Erfahrungen bei seiner Verwendung wird in der ÖZfV noch gebracht werden.

2. Lattenvergleich am Komparator und Prüfstrecken-Meßergebnis

Da die Lattenlänge auf ca. 0,02 mm und die additive Konstante c auf ca. 0,2 mm genau bekannt sein müssen, läßt sich die Gleichung der Latte am sichersten durch Laborvergleich auf einem Komparator bestimmen. Dennoch möchte ich im folgenden zeigen, daß die Ergebnisse der Lattenvergleichen am Komparator in guter Übereinstimmung mit den Ergebnissen, verglichen auf Prüfstrecken im Gelände, stehen können.

Die mir zur Verfügung stehende Basislatte Nr. 57843 der Fa. Wild steht seit drei Jahren ununterbrochen in Gebrauch und wurde immer sorgfältigst behandelt, wie der Vergleich der zu verschiedenen Zeiten stattgefundenen Komparierungen am Komparator des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen bestätigt:

Datum der Komparierung:

11. IV. 1958...	$k = 1,000021$	$c = -1,4$ mm
4. VII. 1958...	$k = 1,000034$	$c = -1,7$ mm
25. VIII. 1958...	$k = 1,000029$	$c = -1,2$ mm
5. III. 1958...	$k = 1,000027$	$c = -1,4$ mm
19. III. 1959...	$k = 1,000015$	$c = -1,2$ mm
28. IV. 1959...	$k = 1,000028$	$c = -1,4$ mm
30. XII. 1959...	$k = 1,000012$	$c = -1,1$ mm
21. IV. 1960...	$k = 1,000014$	$c = -1,2$ mm

Komparator 6 Monate demontiert

8. III. 1961...	$k = 1,000020$	$c = -1,2$ mm
-----------------	----------------	---------------

Aus einer Anzahl der im 3. Abschnitt dieser Abhandlung angeführten Probestrecken von 10 bis 140 m Länge wurden — da die fehlertheoretisch günstigste Länge der Prüfstrecke $s \approx 8$ m betragen soll —, sechs Strecken von ungefähr 10 m Länge ausgewählt, deren Vergleichsmessungen (Invarband-Basislatte) die Differenz 0 mm ergeben hatte.

Durch Einführung dieser sechs Prüfstrecken $s_1 \dots s_6$, sowie eines mittleren Komparatorwertes für $c \approx -1,2$ mm in die Gleichung $b = 2 (s - c) \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$, worin b die zu bestimmende Ist-Länge der Basislatte und α die gemessenen parallaktischen Winkel darstellen, erhält man sechs Werte für b und schließlich:

$$b_{\text{Mittel}} = 2,000052 \text{ m} \pm 0,02 \text{ mm} \text{ oder } k = 1,000026$$

Tabelle I

Nr.	S_m	$2(S-C)$	$\frac{\alpha}{2}$ g v ce	$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$	b_m	$v_{mm} \cdot 10^{-3}$	$v_v \cdot 10^{-6}$
1	9,992	19,9864	6 34 97,95	0,10 00 744	2,000 127	-75	5 625
2	10,006	20,0144	6 34 08,00	0,09 99 317	2,000 073	-21	441
3	9,985	19,9724	6 35 37,06	0,10 01 364	1,999 964	+88	7 744
4	9,982	19,9664	6 35 57,78	0,10 01 694	2,000 022	+30	900
5	9,996	19,9944	6 34 69,75	0,10 00 297	2,000 034	+18	324
6	9,993	19,9884	6 34 90,42	0,10 00 625	2,000 089	-37	1 369

Vergleicht man den so erhaltenen Wert für k mit dem letzten k -Wert vom 8. III. 1961: $k = 1,000020$, so zeigt sich eine völlig belanglose Differenz von bloß 0,006 mm. Im einzelnen sind allerdings die Abweichungen gegen den Sollwert aus der letzten Komparierung wesentlich größer: +0,044 bis -0,038 mm. Sie übersteigen damit den oben geforderten mittleren Fehler von 0,02 mm um etwa das Doppelte. Trotzdem erscheint hiermit bestätigt, daß auch eine im Gelände, unter nicht so idealen Verhältnissen wie bei Komparatormessungen, abgeleitete Basislattenlänge, mit dem Komparatorwert sehr gut übereinstimmen kann. Die Befürchtung so manches Praktikers, die Lattenvergleiche am Komparator ergebe nicht die wirksame Basislattenlänge, erscheint demnach als unbegründet.

3. Fehlertheoretische Betrachtungen von Kontrollstrecken

Von den für die Vermessungsämter festgelegten Prüfstrecken wurden vier für Studienzwecke mit der Basislatte nachgemessen. Die Umstände bei den Basislattenmessungen waren nicht immer die günstigsten. Die Bolzen hatten Lochmarken von ca. 3 mm Öffnung, jedoch mit konischem Auslauf, was sich auf die Zentrierung mittels optischen Lotes, infolge Schattenbildung, ungünstig auswirkte. Außerdem übten die Lichtbrechungen, die mitunter durch Benetzung der Bolzen mit Wasser verursacht wurden, ebenfalls einen störenden Einfluß auf die Zentrierung aus.

Diese Mängel hätten wohl leicht weggeschafft werden können, sie wurden jedoch mit Absicht belassen und keine idealen Verhältnisse erzwungen, um die Messungen, wie sie in der Praxis im Gelände oft bei jeder Witterung getätigt werden, an Hand von fehlerfrei angenommenen Prüfstrecken, kritisch zu beleuchten.

Jede Prüfstrecke wurde zwangszentriert nach der „Springstand-Methode“, Basislatte am Ende, gemessen und als längste Zwischenstrecke $s = 25$ m gewählt. Die zur Ableitung einer Strecke erforderlichen parallaktischen Winkel α sind, zwecks Erreichung einer inneren Genauigkeit von $m_\alpha \approx \pm 1^{\text{cc}}$ im Durchschnitt, aus einer parallaktischen Winkelmessung in 16 Halbsätzen mit einem Wildschen $T 2$ hervorgegangen.

Es folgen nun umseitig in chronologischer Reihenfolge die vier Kontrollstrecken, tabellarisch angeordnet und benannt nach den Städten, in denen sie liegen.

Die Tabellen enthalten sowohl die fortlaufenden Maße als auch die Zwischenmaße der mit dem Invar-Vergleichsband gemessenen und als fehlerfrei angenommenen Strecken; daneben stehen die entsprechenden, mit der Basislatte ermittelten Zwischenstrecken und die durch Aufsummierung derselben erhaltenen fortlaufenden Maße.

Kontrollstrecken:

1.) „Krems/Donau“

2.) „Waidhofen/Thaya“

Bolzen Nr.	Band	Latte	$\delta_s = B - L$ mm	Bolzen Nr.	Band	Latte	$\delta_s = B - L$ mm
	S_1				S_1		
	ΔS_{12}				ΔS_{12}		
	S_2			S_2			
1	0,000 19,961	0,000 19,962	-1	1	0,000 19,986	0,000 19,984	+2
2	19,961 5,014	19,962 (5,015)	-1 (-1)	2	19,986 2,992	19,984 9,992	+2 0
3	24,975 14,992	24,977 14,990	-2 +2	3	29,978 10,006	29,976 10,006	+2 0
4	39,967 10,007	39,967 10,011	0 -4	4	39,984 9,985	39,982 9,985	+2 0
5	49,974 9,988	49,978 (9,985)	-4 (+3)	5	49,969 9,982	49,967 9,982	+2 0
6	59,962 19,993	59,963 19,993	-1 0	6	59,951 19,979	59,949 19,979	+2 0
7	79,955 19,996	79,956 20,004	-1 -8	7	79,930 20,005	79,928 20,004	+2 +1
8	99,951 19,979	99,960 19,970	-9 +9	8	99,935	99,932	+3
9	119,930 19,765	119,930 19,765	0 0				
10	139,695	139,695	0				

Kontrollstrecken:

3.) „Mödling“

4.) „St. Pölten“

Bolzen Nr.	Band	Latte	$\delta_s = B - L$ mm	Bolzen Nr.	Band	Latte	$\delta_s = B - L$ mm
	S_1				S_1		
	ΔS_{12}				ΔS_{12}		
	S_2			S_2			
1	0,000 19,991	0,000 19,992	-1	1	0,000 20,730	0,000 20,731	-1
2	19,991 20,002	19,992 20,003	-1 -1	2	20,730 19,807	20,731 19,804	-1 +3
3	39,993 9,996	39,995 9,996	-2 0	3	40,537 16,322	40,535 16,321	+2 +1
4	49,989 9,993	49,991 9,993	-2 0	4	56,859 17,441	56,856 17,441	+3 0
5	59,982 19,999	59,984 19,998	-2 +1	5	74,300 25,116	74,297 25,116	+3 0
6	79,981 20,010	79,982 20,006	-1 +4	6	99,416 40,416	99,413 40,414	+3 +2
7	99,991 19,994	99,988 19,993	+3 +1	7	139,832	139,827	+5
8	119,985	119,981	+4				

Bei der Prüfstrecke „Krems/Donau“ sind die in der Tabelle eingeklammerten Größen Rechnungswerte. Mit der Basislatte wurden die Strecken von Bolzen 1 bis 3 und Bolzen 4 bis 6 nach der Methode „Basislatte am Ende“ abgeleitet. Bei der Prüfstrecke „St. Pölten“ erfolgte die Ableitung der Strecke von 6 bis 7 nach der Methode „Basislatte in der Mitte“. Weiters entnimmt man den Tabellen die als wahre Fehler angenommenen Differenzen $\vartheta_s = B - L$.

Betrachtet man die einzelnen Fehlergrößen in den Tabellen, so kann man feststellen, daß bei der Kontrollstrecke „Krems/Donau“ die Maße zwischen Bolzen Nr. 7 bis 8 und Nr. 8 bis 9 von ihren Soll-Beträgen verhältnismäßig stark abweichen, nämlich 8 und 9 mm mit entgegengesetztem Vorzeichen. Die Strecke 7 bis 9 ist jedoch wieder bis auf 1 mm genau. Die Basislattenmessung kann sich daher nicht auf jenen Punkt beziehen, der zur Zeit der Invar-Bandmessung als Zentrum des Bolzens 8 angenommen wurde. Für die weiteren Untersuchungen müssen daher, da es sich offenbar beim Bolzen 8 um mangelnde Identität handelt, die beiden Teilstrecken 7 bis 8 und 8 bis 9 ausgeschieden und durch die zusammengesetzte Strecke 7 bis 9 ersetzt werden.

Zur kritischen Betrachtung der erhaltenen Teilstreckenfehler erfolgt in Tabelle II eine Darstellung sämtlicher Teilstrecken, geordnet nach dem Parameter der Größe. In Kolonne 3 ist die tatsächlich erreichte innere Genauigkeit der gemessenen paralaktischen Winkel α ersichtlich. Daneben sind die theoretisch ermittelten mittleren Fehler m_s nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz mit

$$m_s = \pm \sqrt{\frac{S^4}{4\rho^2} m_a^2 + \frac{b^2}{4} m_b^2 + m_c^2}$$

angeschrieben, wobei als mittlerer Fehler der Basislattenlänge $m_b \approx \pm 0,02$ mm und als mittlerer Fehler der additiven Konstante $m_c \approx \pm 0,2$ mm angenommen wurde.

Die Werte für m_b und m_c entspringen einwandfreien Komparatormessungen der am Komparator des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen geeichten Wildschen Zwei-Meter-Invar-Basislatte Nr. 57843.

Kolonne 5 enthält die wahren Fehler bzw. Verbesserungen ϑ_s aus dem Vergleich der Invar-Bandmessungen mit den entsprechenden Messungen der Basislatte.

Betrachtet man alle errechneten Werte m_s und vergleicht sie mit den bezüglichen ϑ_s , so muß man feststellen, daß die meisten ϑ_s ein Vielfaches der m_s betragen. Elfmal erscheint die Differenz 0 mm, zehnmal die Differenz 1 mm, viermal die Differenz 2 mm, einmal die Differenz 3 mm und zweimal die Differenz 4 mm.

Da diese Differenzen unabhängig von der Streckenlänge, teils +, teils - auftreten und man außerdem nach E. Berchold (Fa. Wild, Heerbrugg) bei Benützung der optischen Lote mit einem Zentrierfehler bis zu 1 mm rechnen muß, sind die aufscheinenden Differenzen mit großer Wahrscheinlichkeit hauptsächlich als Zentrierfehler zu deuten.

Eine Prüfung der Fehlerverteilung [5] nach Vorzeichensumme, Vorzeichenfolge und Vorzeichenwechsel sowie eine Prüfung nach dem Kriterium von Abbe läßt die Zufälligkeit der auftretenden Fehler wie folgt erkennen:

Bezeichnet s den wahrscheinlichsten Wert der Vorzeichensumme, so soll $s = 0 \pm \sqrt{n}$ bei Zufälligkeit der Fehler sein und es ist, nach der Bedeutung der mittleren

Tabelle II

Nr.	S_m		m_{cc}	m_s	δ_s	$\delta\delta$	δ_s^{max}	δ_z^{min}	δ_z^{max}	P_{δ}	$P_{\delta\delta}$
	Band	Latte									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	9,982	9,982	1,1	0,2	0	0	1,2	0	0	3,1	0
2	9,985	9,985	0,8	0,2	0	0	1,1	0	0	3,1	0
3	9,992	9,992	0,9	0,2	0	0	1,1	0	0	3,1	0
4	9,993	9,993	0,7	0,2	0	0	1,1	0	0	3,1	0
5	9,996	9,996	0,5	0,2	0	0	1,0	0	0	3,1	0
6	10,006	10,006	0,4	0,2	0	0	1,0	0	0	3,1	0
7	10,007	10,011	0,6	0,2	-4	16	1,0	3,0	4	3,1	0
8	14,992	14,990	0,5	0,3	+2	4	1,3	0,7	2	1,9	7,6
9	16,322	16,321	1,1	0,3	+1	1	1,7	0	1	1,7	1,7
10	17,441	17,441	1,0	0,4	0	0	1,8	0	0	1,4	0
11	19,765	19,765	1,1	0,4	0	0	2,2	0	0	1,0	0
12	19,807	19,804	1,1	0,4	+3	9	2,2	0,8	3	1,0	0
13	19,961	19,962	0,7	0,4	-1	1	1,8	0	1	1,0	1,0
14	19,979	19,979	1,0	0,4	0	0	2,1	0	0	1,0	0
15	19,986	19,984	0,9	0,4	+2	4	2,1	0	2	1,0	4,0
16	19,991	19,992	1,2	0,4	-1	1	2,3	0	1	1,0	1,0
17	19,993	19,993	0,6	0,4	0	0	1,2	0	0	1,0	0
18	19,994	19,993	1,1	0,4	+1	1	2,2	0	1	1,0	1,0
19	19,995	19,996	1,1	0,4	-1	1	2,2	0	1	1,0	1,0
20	19,999	19,998	0,6	0,4	+1	1	1,2	0	1	1,0	1,0
21	20,002	20,003	0,9	0,4	-1	1	2,0	0	1	1,0	1,0
22	20,005	20,004	0,6	0,4	+1	1	1,2	0	1	1,0	1,0
23	20,010	20,006	1,0	0,4	+4	16	2,1	1,9	4	1,0	0
24	20,730	20,731	1,4	0,6	-1	1	2,6	0	1	0,9	0,9
25	24,975	24,977	0,5	0,4	-2	4	2,1	0	2	0,5	2,0
26	25,116	25,116	1,0	0,6	0	0	2,8	0	0	0,5	0
27	39,975	39,974	0,8	0,6	+1	1	3,9	0	1	0,5	0,5
28	40,416	40,414	1,2	0,6	+2	4	4,7	0	2	0,5	2,0

Fehlergrenze mit der Wahrscheinlichkeit 0,683 zu erwarten, daß bei zufälliger Verteilung die Vorzeichensumme s innerhalb die Grenzen $\pm\sqrt{n}$ fällt. Dies auf die vorliegende Fehlerreihe angewandt, ergibt $s = +3$, $n = 28$; daher $s = 0 \pm 5,3$.

Der wahrscheinlichste Wert für die Differenz der Anzahl der Vorzeichenfolgen und der Vorzeichenwechsel und die mittlere Fehlergrenze ist nach der Theorie $f - w = 0 \pm \sqrt{n-1}$. Für die vorliegende Fehlerreihe erhält man $f = 4$, $w = 6$; daher $f - w = -2 = 0 \pm 5,2$.

Nach dem Kriterium von Abbe erhält man für die beiden Quadratsummen

$$A = \vartheta_1^2 + \vartheta_2^2 + \dots + \vartheta_n^2 = 67 \text{ und}$$

$$B = (\vartheta_1 - \vartheta_2)^2 + (\vartheta_2 - \vartheta_3)^2 + \dots + (\vartheta_n - \vartheta_1)^2 = 118$$

Bei endlichem n und einer Verteilung der ϑ nach dem Zufall, gilt mit Angabe der mittleren Fehlergrenze:

$$\frac{2A}{B} = 1 \pm \frac{1}{\sqrt{n}},$$

Die errechneten Werte für A , B und \sqrt{n} eingesetzt, ergibt:

$$\frac{134}{118} \approx 1,1 = 1 \pm 0,2.$$

Hinsichtlich der Gauß'schen Verteilung der wahren Fehler soll sein $\frac{\mu}{\vartheta} = \sqrt{\frac{\pi}{2}} = 1,2533 \left(1 \pm \frac{0,7555}{\sqrt{n}}\right) \approx 1,25 \pm 0,18$, worin μ den mittleren Fehler einer Messung, ϑ den durchschnittlichen Fehler einer Messung nach bzw. $\mu = \sqrt{\frac{[\vartheta^2]}{n}}$ und $\vartheta = \frac{[|\vartheta|]}{n}$ bedeuten. Für die vorliegende Beobachtungsreihe erhält man $\frac{\mu}{\vartheta} \approx 1,49$, also Übereinstimmung, da die Abweichung des Quotienten von 1,25 um $\sim 0,2$ ungefähr gleich der mittleren Fehlergrenze ist.

Die Berechnung von μ auf Grund der verhältnismäßig geringen Anzahl von Beobachtungen, nämlich $n = 28$, hat selbst nach Formel $\mu = \sqrt{\frac{[\vartheta^2]}{n}} \left(1 \pm \frac{0,70711}{\sqrt{n}}\right)$ als mittlere Grenze $\sim \pm 0,2$.

Der Absolutwert des größten auftretenden Fehlers ist 4, er ist kleiner als $3\mu \approx 5$, der Fehler von $2\mu \approx 3$ kommt einmal vor.

Nimmt man an, daß die ϑ_s in Kolonne 5 der Tabelle II reine Zentrierfehler darstellen, so ist der mittlere Zentrierfehler in jedem Endpunkt einer Strecke

$$m_z = \sqrt{\frac{[\vartheta^2]}{2n}} = \sqrt{\frac{67}{56}} \approx \pm 1,1 \text{ mm.}$$

Da es immerhin auch möglich wäre, daß die drei Fehlerkomponenten von ϑ_s : $\vartheta_s^{(a)}$, $\vartheta_s^{(b)}$ und ϑ_c im additiven Sinne wirksam waren, sind zur Beurteilung der Differenzen in Kolonne 7 der Tabelle II die maximalen Absolutbeträge $|\vartheta_{s \max}|$

Tabelle III

$\pm \delta_s = - \frac{s^2}{2 \rho_{cc}} (\pm \delta_{\alpha cc}) + \frac{s}{b} \cdot (\pm \delta_b) + (- \delta_c) + (\pm \delta_{z_1}) + (\pm \delta_{z_2})$ $\delta_{\alpha cc} \approx \pm 1^{\text{cc}}, \quad \delta_b \approx \pm 0,02 \text{ mm}, \quad \delta_c \approx \pm 0,2 \text{ mm}, \quad \delta_{z_1} = 0, \quad \delta_{z_2} = \pm 1 \text{ mm},$										
$\delta_s^{(a)}$	+					+				
	-					-				
$\delta_s^{(b)}$	+					+				
	-					-				
δ_c	+					-				
	-					+				
δ_{z_1}	0+1-1	0-1	0+1	+1	-1	0+1-1	0-1	0+1	+1	-1
δ_{z_2}	0+1-1	+1 0	-1 0	-1	+1	0+1-1	+1 0	-1 0	-1	+1
δ_s	+0,7	+1,7	-0,3	-1,3	+2,7	+0,3	+1,3	-0,7	-1,7	+2,3
	-0,7	+0,3	+1,7	-2,7	-1,3	+0,3	+0,7	-1,3	-2,3	+1,7

unter Zugrundelegung des dreifachen mittleren Fehlers m_α aus Kolonne 3 und der dreifachen mittleren Fehler m_b und m_c ersichtlich gemacht.

$$|\vartheta_{s \max}| \approx \left| - \frac{s^2}{2 \rho_{cc}} \vartheta_{\alpha cc} \right| + \left| \frac{s}{b} \vartheta_b \right| + |\vartheta_c| = |\vartheta_s^{(a)}| + |\vartheta_s^{(b)}| + |\vartheta_c|$$

Vergleicht man diesen Wert $|\vartheta_{s \max}|$ mit den tatsächlichen Fehlern ϑ_s , so fällt auf, daß wenigstens bei ϑ_7 , ϑ_8 , ϑ_{12} und ϑ_{23} , die außerhalb der maximalen Grenzen liegen, noch eine andere Fehlerkomponente, nämlich der Zentrierfehler selbst wirksam gewesen sein mußte.

So wie nun eine maximale Fehleranhäufung möglich ist, so könnten sich auch die drei Fehlerkomponenten gegenseitig aufheben und ϑ_s würde in diesem Falle verschwinden. In Kolonne 8 und 9 sind daher die maximalen und minimalen Absolutbeträge der vermutlichen Zentrierfehler angeschrieben, wobei

$$|\vartheta_{z \min}| = |\vartheta_s| - |\vartheta_{s \max}| \quad \text{und} \quad |\vartheta_{z \max}| = |\vartheta_s|$$

Bildet man die Durchschnittswerte für sämtliche $|\vartheta_{z \min}|$ und $|\vartheta_{z \max}|$, so erhält man einen durchschnittlichen Zentrierfehler von 0,1 – 0,7 mm pro Standpunkt. Die äußersten Grenzen sind 0 – 2 mm. Läßt man weiters zur Ableitung eines mittleren Gewichtseinheitsfehlers die verhältnismäßig großen Fehler ϑ_7 , ϑ_{12} und ϑ_{23} außer Betracht, bestimmt unter Zugrundelegung des durchschnittlichen mittleren Fehlers $m_\alpha \approx \pm 1^{\text{cc}}$ und der mittleren Fehler $m_b \approx \pm 0,02 \text{ mm}$ und $m_c \approx \pm 0,2 \text{ mm}$, die Gewichte der Seiten $s_1 - s_{28}$, ausschließlich der Seiten s_7 , s_{17} und s_{23} , wobei der errechnete mittlere Fehler der Gewichtseinheit $m \approx \pm 0,42 \text{ mm}$ für die Seite $s = 20 \text{ m}$ festgelegt wird, so erhält man letztlich auf Grund aller Messungen, ausschließlich Nr. 7, 12 und 23, den tatsächlichen mittleren Fehler der Gewichtseinheit

$$\text{mit } M = \sqrt{\frac{[p \vartheta \vartheta]}{n}} = \sqrt{\frac{25,7}{25}} \approx \pm 1,0 \text{ mm.}$$

4. Graphische Darstellung der Kontrollstrecken mit Veranschaulichung der vermutlich wirksamen Zentrierfehler

Unter der als berechtigt erkannten Annahme eines Haupteinflusses von unvermeidlichen Zentrierfehlern auf das Meßergebnis einer Strecke, bei Messung mittels Basislatte und Verwendung der optischen Lote, sollen in diesem Abschnitt in Form linienflüchtiger Vektoren die vier Kontrollstrecken veranschaulicht und an Hand der tabellarischen Anordnung der Strecken-Meßergebnisse aus Abschnitt 3., die dort ersichtlichen Differenzen zwischen Bandmessung und Lattenmessung eine Interpretation erfahren.

Da man mit einem unvermeidlichen Zentrierfehler bis zu ~ 1 mm in jedem Punkt rechnen muß, wurden zunächst auf einer Geraden die Zentren der Bolzen der Kontrollstrecken mittels Strichmarken lagemäßig eingezeichnet und um diese Zentren, Kreise mit dem Radius von 1 mm in der Größe der Zentrierfehler geschlagen. Da die Zentrierfehler in Richtung der zu messenden Kontrollstrecken am wirksamsten sind, erfolgten unter diesem Gesichtspunkt die weiteren Darstellungen.



Abb. 1



Abb. 2

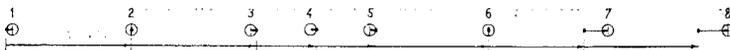


Abb. 3

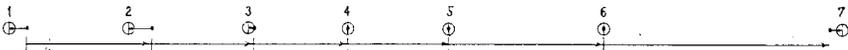


Abb. 4

Die vermutlich fehlerhaften Zentrierungen sind, gemäß den Abbildungen 1 bis 4 durch Punkte gekennzeichnet. Diese Kennzeichnung geschah auf Grund der dargestellten linienflüchtigen Vektoren, als die, hauptsächlich mit Zentrierfehlern behafteten Strecken aus Abschnitt 3. Nach Maßgabe der dort aufscheinenden Differenzen, sind die Zentrierfehler als gerichtete Strecken ersichtlich gemacht.

5. Zusammenfassung

Der in vorliegender Abhandlung dargestellte Vergleich der zu verschiedenen Zeiten, mit einer komparierten Basislatte und einem Invarband erhaltenen Längen von Kontrollstrecken läßt einerseits erkennen, daß man mit Hilfe einer komparierten Basislatte, unter gewissen Voraussetzungen, Meßergebnisse erzielen kann, die allen Genauigkeitsanforderungen der Praxis entsprechen.

Andererseits bestätigt der Vergleich aber auch die Existenz der unvermeidlichen Zentrierfehler in der Größe bis zu etwa 1 mm, was jedoch für die Praxis völlig belanglos bleibt.

Die Voraussetzung zur Erreichung von Meßergebnissen hoher Präzision bildet eine, stets in tadellosem Zustand geführte Basislatte, deren Gleichung regelmäßig an einem hierzu geeigneten Komparator ermittelt wird. Nur dann wird die Wildsche Invar-Basislatte immer den ihr gebührenden Platz in der Präzisions-Distanzmessung behalten, der der Latte auf Grund der entwickelten Theorien zukommt.

Literatur:

- [1] *Förstner, Gustav*: Genauigkeit der optischen Streckenmessung mit Theodolit und Basislatte, DGK, Reihe B, Heft 20, München 1955.
- [2] *Kobold, F.*: Erfahrungen bei der Distanzmessung mit der Zwei-Meter-Basislatte in *Kneißl Max.*, Internationale Streckenmeßkurse in München, Goslar 1955, S. 44–60.
- [3] *Ulbrich, Karl*: Feinpolygonometrische Bestimmung von Triangulierungspunkten, *ÖZfV*, Sonderheft 14, 1952, Festschrift Eduard Doležal, S. 647–664.
- [4] *Smetana, Walter*: Strenger Ausgleich von Feinpolygonzügen bei Stadtvermessungen, *ÖZfV* 45 (1957), Nr. 5/6, S. 141–155.
- [5] *Mader, Karl*: Ausgleichsrechnung — Graphisches Rechnen — Numerisches Rechnen, in H. Geiger und K. Scheel, Handbuch der Physik, Band III, 1928.

Referat

Zur Entwicklung der geoseismischen Untersuchungsmethoden

(Zum Vortrag von *Dipl.-Ing. Dr. techn. Johann Sattlegger*: „Als Vermessungsingenieur bei geophysikalischen Arbeiten“, gehalten am 11. Mai 1962 im Österreichischen Verein für Vermessungswesen an der Technischen Hochschule Graz)

Der Aufgabenkreis der angewandten Geophysik umfaßt die Erkundung von Minerallagerstätten, Baugrunduntersuchungen, die Untersuchung und Messung der physikalischen Eigenschaften der Gesteine der Erdkruste und ähnliche Probleme. Zur Lösung dieser Aufgaben dienen gravimetrische, magnetische, seismische und elektrische Methoden, daneben Messungen der Radioaktivität, thermische Untersuchungen u. a. Im allgemeinen führt wegen der Vieldeutigkeit der Ergebnisse nur die Kombination verschiedener Verfahren sowie das Studium der geologischen und mineralogischen Verhältnisse zu eindeutigen Erkenntnissen.

Da die angewandte Geophysik zu den wirtschaftlich wichtigsten Randgebieten der Geodäsie gehört und auch Geodäten in zunehmendem Maße auf diesem Gebiet tätig werden, ist der Überblick, den *Dr. Sattlegger* in seinem Vortrag über allgemeine und spezielle Erfahrungen auf dem Gebiet der Geoseismik gab, von allgemeinem Interesse.

Der Vortragende, der seit mehr als drei Jahren für die *C. Deilmann Bergbau G. m. b. H.* in Bentheim arbeitet, berichtet über seine Erfahrungen mit *angewandter Seismik*, im besonderen mit den Verfahren der *Reflexionsseismik*, also jenes Verfahrens, bei dem die Tiefe und die Schichtneigung an den einzelnen Reflexionsstellen untersucht werden können. (Das Gegenstück dazu bildet das *Refraktionsverfahren*, das den allgemeinen Verlauf der Schichten ohne Rücksicht auf örtliche Abweichungen gibt. Ferner wird beim Refraktionsverfahren eine ganz bestimmte der auftretenden Wellen, die sogenannte „*Mintrop-Welle*“, benützt.)

Die Reflexionsseismik ist die aufschlußreichste, aber auch die teuerste geophysikalische Prospektionsmethode.

Das Prinzip der Reflexionsseismik ist ähnlich dem Echolotverfahren. Hier wie dort wird die Laufzeit eines reflektierten Impulses gemessen und daraus die Länge des Laufweges, also die Tiefe der reflektierenden Unstetigkeitsstelle (Schichtfläche) berechnet. Der notwendige Impuls wird durch die Detonation einer Sprengladung in einem Bohrloch in einigen Metern Tiefe erzeugt. Die Energie der sich ausbreitenden, longitudinalen Kompressionswelle wird an jeder Grenzfläche im