



## Bemerkungen zu den ‘‘Tellurometermessungen im Österreichischen Netz 1. Ordnung‘‘ von K. Rinner

Josef Mitter <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *B. A. für Eich- u. Verm., 1080 Wien, Friedrich-Schmidtplatz 3*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **57** (2), S. 43–57

1969

Bib<sub>T</sub>E<sub>X</sub>:

```
@ARTICLE{Mitter_VGI_196907,  
Title = {Bemerkungen zu den ‘‘Tellurometermessungen im {\"}sterreichischen  
Netz 1. Ordnung‘‘ von K. Rinner},  
Author = {Mitter, Josef},  
Journal = {{\"}sterreichische Zeitschrift f{\"}r Vermessungswesen},  
Pages = {43--57},  
Number = {2},  
Year = {1969},  
Volume = {57}  
}
```



Über einem Punkt am Nordfuß des Katschberges wurde der äußere Vertikalgradient mit 0,221 mgal/m bestimmt. Seine Meereshöhe beträgt 1087,13 m und die gemessene Schwerebeschleunigung ist 980462,02 mgal. Auf einem zweiten Punkt, der 9,97 m entfernt ist und eine Höhe von 1091,92 m hat, beträgt die Schwerkraft 980461,09 mgal. Der Geländewinkel  $\delta$  ist also  $25^{\circ} 02'$ , daher ist

$$4\pi k^2 \cos^2 \delta = 0,0688 \text{ mgal und}$$

$$4\pi k^2 \cos \delta \sin \delta = 0,0321 \text{ mgal.}$$

Nach Gleichung 3,00 ist  $\sigma = 2,82$ .

Nach Gleichung 3,03 finden wir den äußeren Horizontalgradienten  $H_a = + 0,013$  mgal/m und nach der Gleichung 3,05 den inneren Horizontalgradienten  $H_i = - 0,078$  mgal/m. Der innere Vertikalgradient ist nach Gleichung 3,06  $V_i = + 0,027$  mgal/m. Damit sind für diesen Messungspunkt die Dichte und alle Gradienten bekannt, der Topographieeinfluß bezogen auf 1 m Höhenunterschied und auf die Dichte 2,82 beträgt, nach Gleichung 4,08, 0,042 mgal/m.

Abschließend sei gesagt, daß bereits zahlreiche Dichtebestimmungen nach der oben beschriebenen Methode im Gebirge durchgeführt wurden. Sowohl oben am Berggipfel, als auch auf Bergmitte und an den Talhängen wurden Schwereunterschiede gemessen und mittlere Freiluftgradienten aus Turmmessungen bestimmt. Die Schwereunterschiede ergaben nach Gleichung 3,00 Dichtewerte, die dem Geologen durchaus brauchbar erscheinen.

Die relative Dichtebestimmung, also die Berechnung von Dichtedifferenzen nach obiger Methode, scheint sich beim Aufsuchen des verbrochenen Materials des alten Stollens des Wolfsbergtunnels bei Spittal a. d. Drau zu bewähren. Aber erst nach Fertigstellung der Stollen wird man durch Dichtevergleich und Schweremessungen unter Tag ein endgültiges Urteil über die Brauchbarkeit der Methode fällen können.

#### Literatur:

[1] Embacher, W.: „Ein Vergleich von Methoden zur Bestimmung der Bodendichte.“ ÖZfV 1961.

[2] Embacher, W.: „Die Lotkrümmung und das Gravimeterversuchsfeld am Buschbreg.“ ÖZfV 1965.

## Bemerkungen zu den „Tellurometermessungen im Österreichischen Netz I. Ordnung“ von K. RINNER

Von Josef Mitter, Wien

(Veröffentlichung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen)

In den Nummern 4 und 5/1968 der vorliegenden Zeitschrift wurde von K. RINNER über Untersuchungen im österreichischen Netz I. Ordnung mittels Tellurometermessungen berichtet [1], denen sich netz- und rechentechnische Überlegungen und Folgerungen anschlossen und aus denen schließlich örtliche Lage- und allgemeine

Maßstabsschlüsse bezüglich des vorliegenden, offiziellen österreichischen Netzes 1. Ordnung gezogen wurden. Während der Wert der allgemein-theoretischen Untersuchungen über reintrilaterale und kombinierte Richtungs-Streckennetze unbestritten ist und dabei die bekannte Tatsache, daß Winkel-Streckennetze ohne übergreifende, d. h. überlange Diagonalstrecken optimale Ergebnisse liefern, erneut bestätigt wurde, muß zu den praktischen Ergebnissen und speziell zu den Schlußfolgerungen bezüglich der Maßstabskontrolle des österreichischen Netzes 1. Ordnung mittels Tellurometermessungen Stellung genommen werden. Der Stellungnahme seien einige Erläuterungen und Bemerkungen zum gegenwärtigen österreichischen Netz 1. Ordnung vorausgeschickt.

### 1. Zur Entstehung des österreichischen Netzes 1. Ordnung und zur Situation

Das österreichische Netz 1. Ordnung entstand aus dem zwischen 1851 (bzw. 1862: Beitritt Österreich-Ungarns zur „Mittleuropäischen Gradmessung“) und 1908 gemessenen und für die Zwecke der Landesvermessung adaptierten Gradmessungsnetz des Militär-Geographischen Institutes (MGI). Dieses ursprünglich zum Studium der Figur der Erde in Europa gemessene Netz bestand im wesentlichen aus gitterförmig angeordneten Rahmenketten und wurde für den obigen Zweck durch Füllnetze in den offenen Maschen später komplettiert. Die erste Ausgleichung erfolgte zwangsfrei in Teilnetzen, der Maßstab wurde aus der Basis Josefstadt in Böhmen abgeleitet. Die zweite Ausgleichung für die Zwecke der Landesvermessung: Einbau der Füllnetze usw., erfolgte für den Westteil der Monarchie durch örtliche empirische Erweiterungen der ersten Ausgleichung. Der Maßstab des Netzes wurde durch eine Reihe von Kontrollbasen untersucht und die aufgetretenen Widersprüche (Maßstabdifferenzen) auf die Umgebung empirisch verteilt. Für das Landesvermessungsnetz wurde der Hermannskogel bei Wien als Fundamentalpunkt für die Lagerung auf dem Besselschen Ellipsoid angenommen, die Orientierung des Netzes erfolgte nach dem Punkt Hundsheimer Berg. Mit diesem Stand, wobei die Berechnung des Netzteiles Tirol-Vorarlberg aber noch nicht durchgeführt war, wurde das Netz von dem 1921 neugegründeten Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen übernommen. (Dazu siehe z. B. [13]).

Um den inzwischen gewandelten Ansichten über Hauptdreiecksnetze und den modernen Ansprüchen an Vermessungsgrundlagen zu entsprechen, darunter nicht zuletzt, um es für die Zwecke des österreichischen Katasters, der auf fast systemlosen Grundlagen aufgebaut war, brauchbar zu machen, mußten entsprechende Umgestaltungen und vor allem Verdichtungen des Netzes vorgenommen werden. (Die Forderung nach Katasterverwendbarkeit wurde übrigens bereits von v. *Sterneck* 1899 [26] aufgeworfen.) Dabei wurden, soweit als möglich, alle günstig gelegenen Punkte des MGI-Netzes, deren Identität gesichert schien, direkt als Grundlage übernommen. Durch das Festhalten ihrer Koordinaten (geographische Positionen im System Hermannskogel) wurden die allgemeine Lage und der Maßstab der geplanten Neutriangulierung, aus der das heutige österreichische Gebrauchsnetz hervorging, im System des Landesvermessungsnetzes des MGI fixiert. (Dazu siehe [2] [3] [22] u. a.) Des Interesses wegen sei darauf verwiesen, daß auch für das moderne tschechoslowakische Grundnetz — gemessen und berechnet zwischen 1920 und 1927 — auf

ähnliche, aber streng geschlossene Weise, Maßstab, Orientierung und Lage auf dem Ellipsoid aus dem Landesvermessungsnetz 1. Ordnung des MGI übernommen wurden. (Auch das in der Zwischenkriegszeit neu angelegte jugoslawische Netz 1. Ordnung baut, ähnlich wie das österreichische, auf den Grundlagen des MGI-Netzes auf.)

Die Neugestaltung und Neubeobachtung des österreichischen Netzes 1. Ordnung wurde 1926 begonnen und 1960 abgeschlossen. Die nunmehr für das gesamte neugestaltete Netz vorliegenden, modernen Richtungsbeobachtungen wurden, abgesehen von den lokal begrenzten Verwendungen für Netzverdichtungen, bisher zu keiner geschlossenen Neuausgleichung des Netzes benützt. Die Gründe dafür sind mehrfach. Ein modernes Netz muß durch entsprechende astronomische Beobachtungen: Laplace- und Lotabweichungsstationen absolut fixier- und orientierbar, und die Homogenität seines Maßstabes durch eine entsprechende Anzahl gut verteilter Basen gesichert sein. Diese beiden Voraussetzungen für eine Neuausgleichung sind derzeit, und infolge der personellen und finanziellen Lage auf dem staatlichen Vermessungssektor wahrscheinlich auch noch auf längere Sicht, nicht erfüllt. Eine größere Anzahl von astronomischen Stationen ist noch zu beobachten, mehrere Basen sind noch zu messen.

Der Umfang der noch zu leistenden Arbeiten ist folgender: Das österreichische Netz 1. Ordnung umfaßt 158 Punkte, von denen 115 innerhalb des Staatsgebietes liegen und 43, die den Netzen des benachbarten Auslandes angehören und der Abrundung des Netzverbandes sowie dem internationalen Netzzusammenschluß dienen. Sämtliche innerösterreichische Punkte sind als Lotabweichungsstationen ( $\varphi, 2\alpha$ ), sieben zusätzlich als Laplacestationen ( $\varphi, \lambda, 2\alpha$ ) geplant. Nach dem Stand von Ende 1968 war die Beobachtung von 75 Lotabweichungsstationen und 3 Laplacepunkten abgeschlossen.

Bei den Maßstabbasen liegen folgende Verhältnisse vor: Österreich besitzt oder hat Anteil an drei modernen Invardrahtbasen. Es sind dies die Basis *Wien (Marchfeld) 1941*, die jugoslawische Basis *Radovljica (Savetal) 1952* sowie die international gemessene Basis *Heerbrugg (Rheintal/Schweiz) 1959*. Für den innerösterreichischen Raum sind keine Basismessungen, sondern die direkte Messung einer Reihe von Netzseiten mittels des Geodimeters 2A in Geodimeterknotennetzen vorgesehen. Dazu wurde bisher in Zusammenhang mit der internationalen Messung der Satellitenbasis *Tromsö-Catania (Pageos-Projekt)* im österreichischen Abschnitt das Knotennetz *Saile* (sw. von Innsbruck), das mit einem geplanten Knotennetz zusammenfällt, bearbeitet und zwei radiale Seiten des Zentralsystems: *Saile-Ödkar Spitze 1967* und *Saile-Sulzkogel 1968* gemessen. Über die Lage der vorgesehenen weiteren drei Knotennetze: *Mairhofberg (OÖ)*, *Schöckl (Stmk.)* und *Villacher Alpe (Ktn.)* und ihre Struktur: jeder Zentralpunkt eine Laplacestation usw. wurde in [4] berichtet; sie wurden inzwischen durch die Einplanung eines Knotennetzes um den Zentralpunkt *Hochkönig* in Salzburg erweitert.

Österreich verfolgt mit diesen Arbeiten für die geplante Neuausgleichung seines Fundamentalnetzes rein wissenschaftliche und theoretische Ziele bzw. nimmt damit an solchen teil. Österreich ist dazu einmal durch seine freiwillige Teilnahme an der

„Neuausgleichung der Europäischen Hauptnetztriangulationen“ im Rahmen der Permanenten Kommission für diese Arbeiten in der Internationalen Assoziation für Geodäsie (IAG) der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG) verpflichtet, zum anderen soll damit, national gesehen, das bestehende, aus vielen Gründen *absolut unantastbare Gebrauchsnetz 1. Ordnung samt Folgenetzen* einer Kritik und Analyse unterzogen werden können. Es muß an dieser Stelle wieder betont werden, daß, wie auch schon früher dezidiert erklärt wurde [5], eine Änderung des derzeitigen Gebrauchsnetzes *niemals* in Frage kommt. Das für fast alle Arbeiten und Probleme der praktischen Vermessung gravierende Prinzip der Nachbarschaft innerhalb der triangulatorisch organisch entwickelten Teilgebiete (eingeschaltete Triangulationen niederer Ordnung usw.), wurde mit genügender Genauigkeit gewahrt. Jede Änderung der Gebrauchskoordinaten, die sich bei einer Neuausgleichung des Netzes 1. Ordnung ergeben, und mit größter Wahrscheinlichkeit nur zu gebietsweisen Parallelverschiebungen oder Verschwenkungen unter Wahrung der relativen Punktlagen führen würde, würde angesichts der Unzahl der Fest- und Folgepunkte (Stand der Festpunkte 1. bis 5. Ordnung ohne EP-Netze Ende 1968: 33.829) ohne jede zwingende Notwendigkeit, zu einem vollständigen Chaos führen.

Dem Prinzip der Nachbarschaft entsprechend haben, wie eben erwähnt, die Punkte niederer Ordnung usw. um die Punkte 1. Ordnung des Gebrauchsnetzes herum, für die Zwecke des Katasters, aber auch für die meisten anderen technischen Zwecke eine völlig befriedigende Lagegenauigkeit untereinander. Andererseits ist es klar, daß nach der Art der Entstehung und Entwicklung im Netz 1. Ordnung Spannungen vorhanden sind, die beim Vergleich mit spannungsfreien Neubeobachtungen, z. B. direkt gemessenen Seitenlängen, aber auch bei Richtungsbeobachtungen auftreten müssen. Jede Kritik am österreichischen Gebrauchsnetz 1. Ordnung und jede Stellungnahme dazu, muß daher zuerst von der detaillierten Kenntnis dieser Tatsachen ausgehen. Im folgenden sollen nun zuerst die Lageverhältnisse in den beiden, in [1] nachgemessenen Testnetzen und sodann überblicksmäßig die Maßstabsverhältnisse im gesamten österreichischen Netz 1. Ordnung, soweit sie derzeit untersucht sind, dargestellt werden.

## 2. Das Testnetz in der Steiermark

Die in [1] ausgemessene Figur umfaßt sieben Punkte, von denen fünf, nämlich *Hochschwab*, *Koralpe*, *Schöckl*, *Zinken* und *Zirbitzkogel* Gradmessungspunkte sind, d. h. ihre (geographischen) Koordinaten sind identisch mit den in [6] angegebenen. Zwei Punkte, und zwar *Gleinalpe* (ursprünglich ebenfalls Gradmessungspunkt) und *Rennfeld* sind Neupunkte, die in den gegebenen Rahmen eingeschaltet wurden. Die in [1] in Tabelle 4 ausgewiesenen Richtungen sind die Resultate der modernen Neubeobachtung des Netzes 1. Ordnung und haben daher, grob gesprochen, überhaupt keine organische Beziehung zur Entstehung der Gradmessungspunkte, da diese einer anderen Netzkonfiguration entstammen (Abb. 1 a). Die Punkte *Rennfeld* und *Gleinalpe* wurden im Zuge der modernen Netzverdichtung 1929 bzw. 1953 eingeschaltet bzw. Neuberechnet und zwar *Rennfeld* im Zusammenhang mit *Hohe Veitsch* und *Hohenstein* [7], *Gleinalpe* als Einzelpunkt [8]. Die dabei aufge-

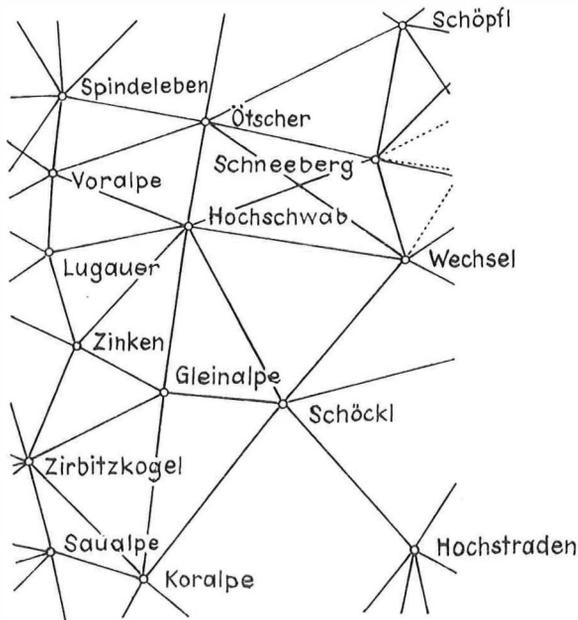


Abb. 1a  
Ausschnitt aus dem Netzbild des  
Gradmessungsnetzes  
(1:2 000 000, aus [6])

tretenen mittleren Richtungs- und Punktlagefehler (Näherungsberechnung) sind in der Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1

Rennfeld	} $m = \pm 1,17''$	$M = \pm 0,121 \text{ m}$
Hohe Veitsch		$\pm 0,105$
Hohenstein		$\pm 0,069$
Gleinalpe		$\pm 0,041$
	$\pm 0,63''$	

Die bei der Orientierung mit den modernen Richtungsmessungen auf den Punkten des Testnetzes Steiermark auftretenden Orientierungswidersprüche zeigt Abb. 2.

Zur Kritik des Netzteiles in [1, S. 178] ist folgendes zu sagen: Der aus der do. reinen Richtungsausgleichung folgende mittlere Punktlagefehler von  $\pm 0,090 \text{ m}$  entspricht den Punktlagefehlern der Einschaltpunkte in Tabelle 1, auch in den kombinierten Anordnungen ist der mittlere Lagefehler nur geringfügig besser, er liegt dort zwischen  $\pm 0,071$  und  $\pm 0,083 \text{ m}$ . (Bei der Gegenüberstellung der Fehlerellipsen, der mittleren relativen Seitenfehler und der Maßstabsfaktoren aus den reinen Streckennetzen und den kombinierten Netzen zeigt sich hier besonders deutlich die glättende und formende Wirkung der, an sich sichereren und homogeneren trigonometrischen Elemente. Entsprechend kommt dies auch in dem „Absolut“vergleich der Restklaffungen zum Ausdruck.) Bezüglich der Forderung nach Lageänderungen

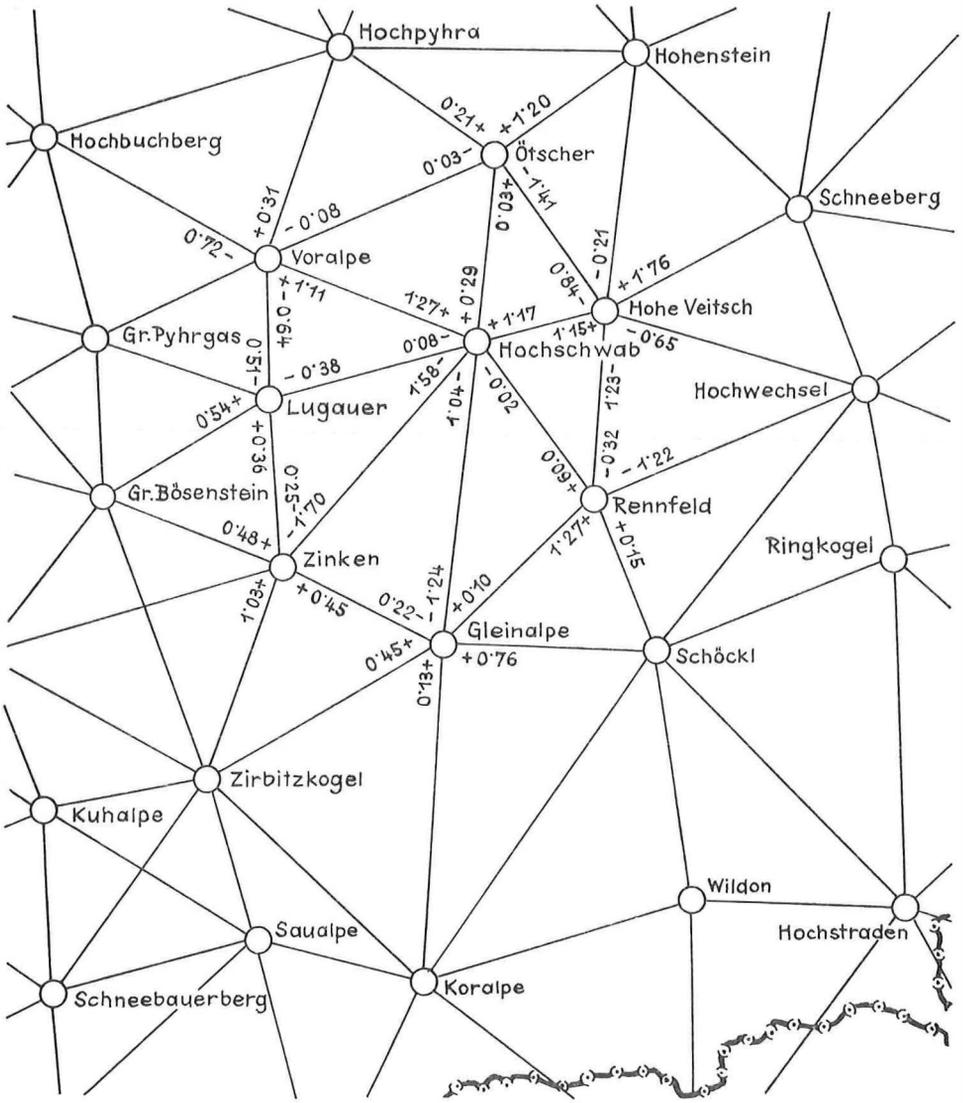


Abb. 2  
Widersprüche der Orientierungen in Altsekunden

des Punktes *Hochschwab* muß auf die Darstellung der Orientierungswidersprüche in Abb. 2 verwiesen werden, die auf eine tatsächliche Fehllage des Punktes von etwa 0,20 bis 0,30 m in nördlicher Richtung hinweisen. (Siehe die Restklaffungsvektoren in allen kombinierten Ausgleichungen in [1].) Die daraus resultierende (eventuelle) Koordinatenverschiebung ist wesentlich kleiner als die in [1] geforderte, da dort hauptsächlich die relativ unsicher bestimmbareren, langen Seiten Hochschwab-Zinken und Hochschwab-Gleinalpe (siehe Abb. 3) wirksam werden, also einseitig von einem schmalen Sektor ausgegangen wird, gegenüber der Wirkung der ganzen Spinne bei der obigen Orientierungsbetrachtung. Der Aufbau des nachgeordneten Netzes

erfolgte nach dem bereits erwähnten Prinzip der Nachbarschaft, so daß angesichts der relativ kleinen, wahrscheinlichen Fehllage des Punktes *Hochschwab* keine Veranlassung besteht, seine inzuchtmäßige Neustellung vorzunehmen, indem man ihn aus Punkten berechnet, die ursprünglich von ihm abgeleitet wurden.

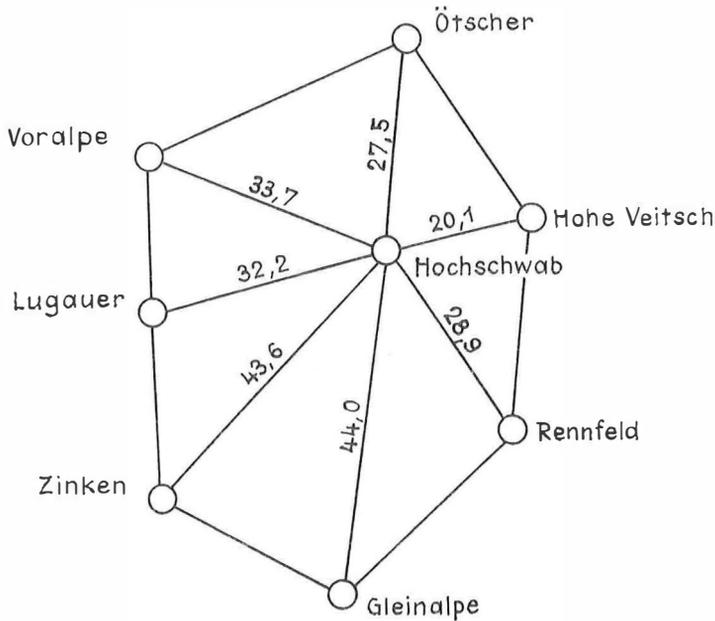


Abb. 3

Seitenlängen in km  
1 : 1 000 000

Soviel zu den Lageverhältnissen im untersuchten Netzausschnitt. Der Maßstabsfaktor bzw. der scheinbare Maßstabsfehler soll, siehe 1., summarisch im Abschnitt 4. betrachtet werden.

### 3. Das Testnetz in Tirol

Von den Punkten des Testnetzes in Tirol ist nur der Punkt *Saile* ein festgehaltener Punkt des Gradmessungsnetzes. Seine Koordinaten stammen aus der Teilausgleichung Salzburg-Tirol 1919 [9] (Abb. 1 b), alle anderen Punkte stammen aus zwei großräumigen Netzeinschaltungen [10] unter Verwendung der modernen Richtungsbeobachtungen, wie sie Tabelle 10 in [1] zeigt. Die Nahtlinie der beiden Teilnetze läuft außerdem über den Punkt *Saile*. Die mittleren Fehler der Neupunkte aus den Netzeinschaltungen zeigt Tabelle 2.

Tabelle 2

<i>Teilnetz Ost:</i>	Gilfersberg	} $m = \pm 1,04''$	$M = \pm 0,093 \text{ m}$
	Ödkarspitze		$\pm 0,095$
	Pflerscher Tribulaun		$\pm 0,111$
	Rofan		$\pm 0,089$
	Schafsisiedel		$\pm 0,105$
	Schwarzenstein		$\pm 0,119$
<i>Teilnetz West:</i>	Sulzkogel	$\pm 0,67''$	$\pm 0,053$

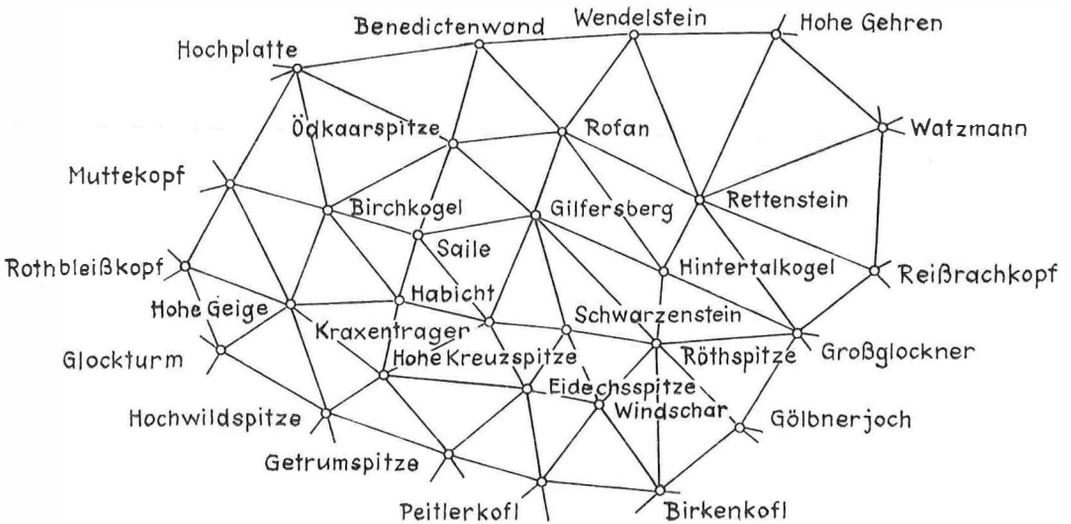


Abb. 1b

Ausschnitt aus dem Netzbild des Gradmessungsnetzes  
(1:2 000 000, aus Bd. XXIII der Astron.-Geodät. Arbeiten des  
K.u.K. Mil.-Geogr. Inst.)

Die Dreieckswidersprüche sowie die Verbesserungen oder übrigbleibenden Fehler zeigt die Abb. 4. Eine später durchgeführte Netzstudie [11] ließ allerdings Zweifel an der Identität des heutigen Zentrums mit dem des Gradmessungspunktes *Saile* aufkommen, auch die Verbesserungen um *Saile* und *Sulzkogel* (siehe Abb. 4) lassen auf eine gewisse Spannung in diesem Gebiet und in den Punktlagen schließen. Diese wurde wieder, dem Prinzip der Nachbarschaft entsprechend, in den Folgenetzen so verteilt, daß das Gebrauchsnetz niederer Ordnung keine Unstetigkeiten aufweist.

Zur Kritik des Netzteiles in [1, S. 185] ist folgendes zu sagen: Der mittlere Punktlagefehler aus der kombinierten Richtungs-Streckenausgleichung deckt sich mit dem Mittelwert für  $M$  aus Tabelle 2, das gleiche gilt für den mittleren Richtungsfehler soweit es den westlichen Netzteil betrifft. Der östliche Teil des Netzes weist einen sehr hohen mittleren Richtungsfehler auf, der auf Beobachtungsfehler (Seitenrefraktionseinflüsse u. ä.), aber auch auf Zwänge schließen läßt. Was die geforderte Koordinatenverbesserung von *Sulzkogel* betrifft [1, Tabelle 11]:  $\Delta y \sim -0,7 \text{ m}$ ,

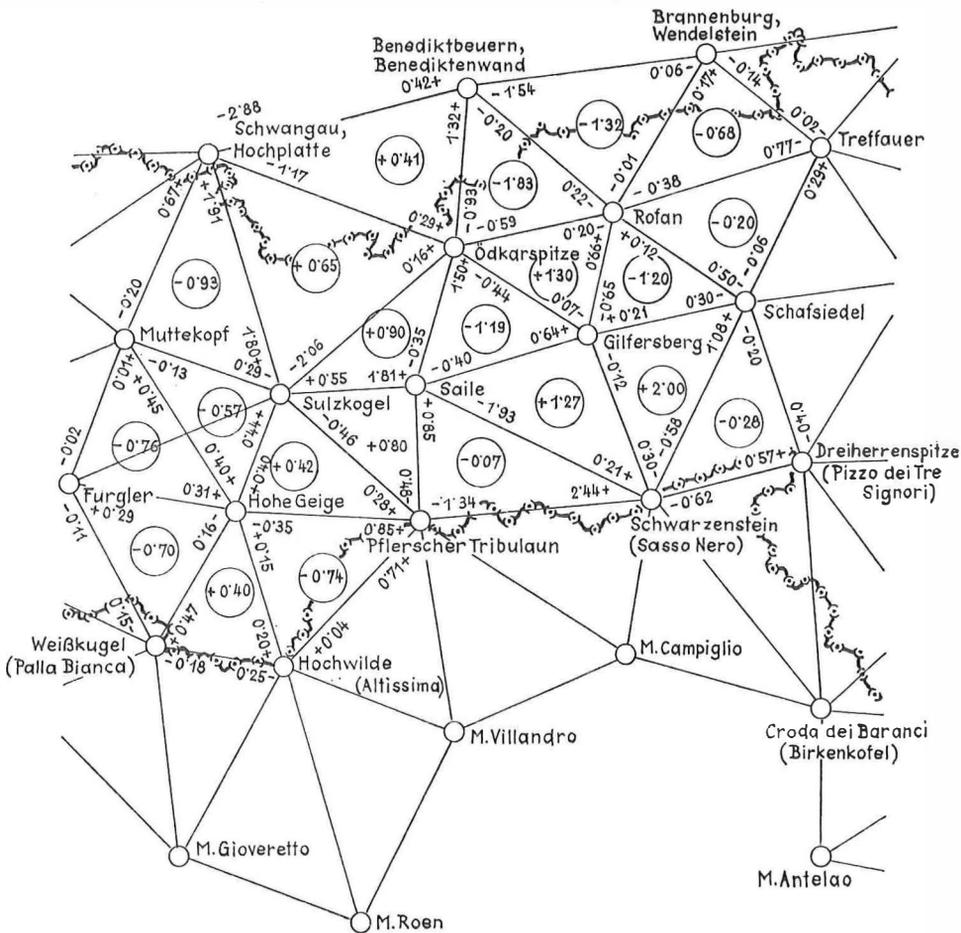


Abb. 4  
Verbesserungen u. Dreiecks widersprüche in Altsekunden

$\Delta x \sim -0,4$  m aus der kombinierten Ausgleichung bzw.  $\Delta y \sim -1,0$  m und  $\Delta x \sim +0,5$  m aus dem reinen Streckennetz, so können hier die vorläufigen Ergebnisse aus den Nachmessungen der Seiten *Saile-Ödkarspitze* und *Saile-Sulzkogel* mit dem Geodimeter 2A gegenüber gestellt werden. Da damit auch die Maßstabsfrage bzw. die in [1] angeschnittene Maßstabskritik am österreichischen Netz berührt wird, soll dies im folgenden Abschnitt geschlossen behandelt werden.

#### b. Zum Maßstab des österreichischen Netzes 1. Ordnung

Der ursprüngliche Maßstab des Gradmessungsnetzes bzw. des Landesvermessungsnetzes entstammt, wie bereits erwähnt, der *Josefstädter Basis 1862*. Er wurde später — siehe Abschnitt 1. — für das Landesvermessungsnetz durch Kontrollbasen überprüft und lokal auf diese abgestimmt. (Zum Vorgang siehe [3] und [12], bezüglich der Ergebnisse [12] und [13].)

Interessehalber sei hier vorerst das Ergebnis der Untersuchung des Maßstabes der Basis *Josefstadt 1862* als Grundmaßstab der MGI-Netze usw. gebracht. Wie bekannt, wurde 1918 zwecks Vereinheitlichung der mitteleuropäischen Dreiecksnetze die Basis Josefstadt mit dem preußischen Besselschen und dem österreichischen Basisapparat sowie mit österr.-ungar. und preußischen Invardrähten nachgemessen. Die Ergebnisse, die z. B. in [24] und ergänzend in [25] dargestellt sind, lauten für die *mittlere Meereshöhe von 266,4 m über Adria*:

Österr. Basisapparat	1862	$B' = 5257,485$	7 m $\pm$ 6,2 mm
Österr. Basisapparat	1918	472 9	$\pm$ 6,1
Besselscher Basisapparat	1918	483 1	$\pm$ 1,8
Österr.-ungar. Invardrähte	1918	487 0	$\pm$ 2,6
Preußische Invardrähte	1918	487 1	$\pm$ 3,2

Auf den *Meeresspiegel Adria* reduziert ergibt sich die Basislänge mit:

Österr. Basisapparat	1862	$B = 5257,266$	4 m
Österr.-ungar. Invardrähte	1918	267 7	
Besselapparat/Preuß.Invardrähte (Mittelwert)	1918	265 5	

Es zeigt sich somit, daß der Ausgangsmaßstab selbst als gut anzusprechen ist. Der Vergleich der insgesamt 16, über die ganze Monarchie verteilten Kontrollbasen mit ihren, aus dem Gradmessungs- bzw. Landesvermessungsnetz abgeleiteten Längen, ergab je zur Hälfte positive und negative Differenzen. Die Vergleichung im Österreich berührenden Anteil brachte folgende Resultate:

Aufgrund der Kontrollbasen von *Hall/Tirol 1851*, *Kleinmünchen/OÖ 1871*, *Wr. Neustadt 1857* und *Kranichsfeld/Marburg, Jugosl. 1860* ergaben sich die „örtlichen“ Maßstäbe des Netzes 1. Ordnung in der Umgebung der Basen um rd. 9,1, 0,7 und 10,7 mm/km zu kurz bzw. bei *Kranichsfeld* um 7,0 mm/km zu lang [12] [13] [22], im Mittel also um etwa 3,4 mm/km zu kurz.

Aus dem Basisentwicklungsnetz der Basis *Wien 1941* ergab sich, nachdem der Maßstab dieser Basis mit der *Wr. Neustädter Grundlinie 1857/1908* im Rahmen der Ausgleichung des Zentraleuropäischen Netzes (ZEN) im Knotennetz Wien in Beziehung gesetzt worden war, für die Entwicklungsseite 1. Ordnung *Königsberg-Matznerwald* (36,5 km), daß diese um rd. 5,4 mm/km zu kurz ist. (Die ursprüngliche Einrechnung der Basisendpunkte in das Netz 2. Ordnung ergab analog die Netzseite um 4,2 mm/km zu kurz.)

Aus dem Basisentwicklungsnetz *Heerbrugg 1959* ergab sich der Maßstab der Seite 1. Ordnung *Pfänder-Hoher Freschen* (22,3 km) um rd. 10,6 mm/km zu kurz und analog dazu der der Entwicklungsnetzseite *Pfänder-Hohe Kugel* (19,7 km) mit 11,5 mm/km zu kurz.

Aus der jugoslawischen Basis *Radovlijca 1951* im Savetal ergab sich der Maßstab der für Österreich und Jugoslawien gemeinsamen Entwicklungsseite *Košuta-Golića* (23,0 km) als um 8,3 mm/km zu lang [14]. (Dies entspricht gut dem Maßstabsfehler aus dem Maßstabsvergleich mit der Basis *Kranichsfeld*.)

Im Zuge der internationalen Arbeiten für das *Pageos*-Projekt und die europäische Satellitenbasis *Tromsö-Catania* (siehe [1]) wurde der österreichische Abschnitt des Basispolygonzuges: die Zentralfigur *Saile* (Abb. 4), vom Bundesamt für

Eich- und Vermessungswesen astronomisch und maßstabsmäßig 1967/68 bearbeitet. (Die Zentralfigur *Saile* ist zugleich einer der geplanten Geodimeter-Maßstabsknoten: siehe Abschnitt 1. und [4].) 1967 konnte dabei die Seite *Saile-Ödkarspitze* (25,6 km), 1968 die Seite *Saile-Sulzkogel* (23,8 km) mit einem Geodimeter 2A gemessen werden, wobei besonderer Wert auf eine möglichst sichere Bestimmung des mittleren Brechungsindex längs des Signalweges — neben den Modulationsfrequenzen der Hauptmaßstabsfaktor — gelegt wurde: Einsatz von Radiosonden u. ä. Die Messungen ergaben für die Seite *Saile-Ödkarspitze*, daß die Gebrauchsnetzseite um 2,0 mm/km zu lang ist. Berechnet man aus ihr mit den modernen Richtungsbeobachtungen die Seite *Saile-Sulzkogel*, so zeigt sich, daß deren Wert aus den Gebrauchskoordinaten um 17,5 mm/km zu klein ist [15]. Dieser Faktor wird durch die direkte Messung der Seite *Saile-Sulzkogel* 1968: um 13,1 mm/km zu klein, bestätigt. (Die Messung 1968 gelang nur unter ungünstigen meteorologischen Verhältnissen und wird nur als Kontrolle betrachtet. In der trigonometrischen Übertragung sind andererseits wahrscheinlich auch Fehler in den Richtungsbeobachtungen wirksam.) Wird die Zentralfigur zur Gänze im Maßstab der Geodimeterseite *Saile-Ödkarspitze* berechnet, so ergibt sich gegen die Seitenlängen des Gebrauchsnetzes eine mittlere Abweichung von 2,4 mm/km und zwar ist der Maßstab des Gebrauchsnetzes wieder zu klein [15]. Auch mit den Seitenlängen aus der großräumigen Netzstudie *Maly* [11], die den Punkt *Saile* als Neupunkt enthält und sich zwischen den Widerlagern *Pfänder-Säntis* und *Hochgern-Großglockner-Zwölferspitze* erstreckt, kann eine Maßstabsvergleiche vorgenommen werden. Da das Zentralsystem *Saile* etwa in der Mitte dieses Netzes liegt, kommen Zwänge aus der Lage der Ausgangspunkte nicht mehr zur Wirkung und der Figurenmaßstab hat sich auf einen Mittelwert der Ausgangsmaßstäbe (inklusive der Übertragungseinflüsse) eingestellt. Bildet man wieder die Differenzen der korrespondierenden Seitenlängen, so erhält man für Geodimetermaßstab minus Netzmaßstab einen mittleren Maßstabsunterschied von + 5,8 mm/km, wobei jetzt *alle* Differenzen, entsprechend der Netzhomogenität, zum Unterschied von der Vergleiche mit dem Gebrauchsnetz, positiv sind. In beiden Fällen liegen aber die Maximalwerte bei den Seiten nach *Sulzkogel* und *Tribulaun*, deren trigonometrische Bestimmung damit als nicht ganz einwandfrei anzusehen ist (siehe auch Abb. 4).

Faßt man alle aufgezeigten Maßstabsvergleiche zusammen, so ergibt sich, daß der Maßstab des Gebrauchsnetzes, mit Ausnahme des südlichen Randes, im Durchschnitt um 4 bis 5 mm/km zu klein ist, wobei alte und moderne Vergleichsmessungen dasselbe Bild ergeben. Nur am Südrand tritt eine Umkehrung ein, der Netzmaßstab ist um 7 bis 8 mm/km zu groß. Dem steht nun die Feststellung in [1] gegenüber, daß der Maßstab des Gebrauchsnetzes in Steiermark um 7 und in Tirol um 6 mm/km zu groß sein soll.

Zur Erklärung dieses Widerspruches soll von einer Analyse des in [1] angewandten Tellurometermeßverfahrens ausgegangen werden. Zu diesem Zweck soll vorerst eine ähnliche Maßstabsuntersuchung, die im Testnetz Graz durchgeführt wurde [16], betrachtet werden, da dort eine Quasi-Absolutvergleiche von verschiedenen Mikrowellenmeßverfahren mit Geodimetermessungen vorgenommen wurde. Die Vergleichsmessungen, die sich über mehrere Jahre erstreckten, ergaben,

daß die Mikrowellenlängen gegen die Geodimeterlängen um 1,2 bis 8,0, im Mittel um etwa 6 mm/km zu kurz waren. Bei den Geodimeterwerten ist dabei, als Ergebnisse von Nachtbeobachtungen, noch zu beachten, daß sie wahrscheinlich selbst mit einem systematischen Fehler von 1 bis  $2 \cdot 10^{-6}$  s im *gleichen* Sinne — also zu kurz — behaftet sind, der noch dazuzuaddieren wäre. Eine eingehende Untersuchung und Diskussion aller wirksamen Faktoren, die in [17] dargestellt ist, führte zu der zwingenden Annahme, daß alle Mikrowellenmessungen mit einem entsprechenden systematischen Maßstabsfehler meteorologischer Herkunft behaftet sein müssen. Seine Ursache liegt in den systematischen Verfälschungen der Temperatur- und damit der Dampfdruckbestimmung bei alleinigen Endpunktbestimmungen in Bodennähe. Während nun diese Untersuchung vorerst nur für die topographischen und klimatischen (jahreszeitlichen) Verhältnisse im Testnetz Graz charakteristisch sein kann, ist es doch sehr auffallend, daß vollkommen analoge Maßstabsfaktoren auch bei den Mittel- und Hochgebirgsmessungen mit Tellurometern auftreten. Gemessen an den unabhängigen Maßstabsuntersuchungen des Gebrauchsnetzes 1. Ordnung, aus der direkten Gegenüberstellung der tiroler Messungen mittels Tellurometer und Geodimeter sowie der Analyse der systematischen Maßstabsdifferenzen im Testnetz Graz ist es daher naheliegend, auch hier auf gleichartige systematische Fehler zu schließen. D. h., daß *alle* Tellurometermessungen aus diesen Gründen *zu kurz* sind und dadurch bei ihrer Annahme als Nullwerte, ein scheinbarer Maßstabsfehler der untersuchten Netzteile 1. Ordnung im entgegengesetzten Sinne vorgetäuscht wird.

Daß die meteorologisch sehr empfindlichen Mikrowellenverfahren zu Maßstabskontrollen im Netz 1. Ordnung kaum oder nur bedingt geeignet sind, geht nicht nur aus den Überlegungen in [17] (und auch aus der Einleitung zu [1]), sondern auch aus vielen anderen theoretischen und praktischen Untersuchungen (und Erfahrungen) vorher. Auf drei Arbeiten sei besonders hingewiesen. Die erste [18] wurde im Zusammenhang mit Vorschlägen zur Messung und Berechnung der Europabasis des *Pageos*-Projektes veröffentlicht, die beiden anderen, [19] und [23], sind das Ergebnis praktischer Arbeiten in der Schweiz. In [23]: Messungen im deutsch-schweizerischen Verbindungsnetz *Feldberg* im Raume Basel mit dem Distomat Wild DI 50, zugleich ein Musterbeispiel für die umsichtige und kritisch-vorsichtige Behandlung der aufgetretenen äußeren Probleme, sind besonders die ersten Messungen vom August 1965 interessant, die den gleichen Maßstabseffekt aufweisen wie die Tellurometermessungen in [1] und [16]. Eine weitere direkte Bestätigung für das Auftreten systematischer Fehler bei reinen Endpunktmessungen der meteorologischen Elemente bringen die Versuchsmessungen mit dem Distomat DI 50 auf einer 15 km-Strecke bei Wien [27, Tabelle 1]. Die Meßstrecke zwischen Aspern und Hermannskogel wurde so angelegt, daß auf der Plattform des Donauturmes repräsentative meteorologische Messungen nahe der Mitte des Signalweges und in gleicher Höhe möglich waren. Die Ergebnisse der Endpunktmessungen erwiesen sich gegen die mit Hilfe der Mittelwerte berechneten wieder um 3 mm/km zu kurz.

Es bleibt unbestritten, daß unter besonders günstigen topographischen *und* klimatischen, besser witterungsmäßigen Verhältnissen, und bei speziellen Meßanordnungen für die meteorologischen Elemente bessere Resultate erzielt werden

können, wie [20] und [21] zeigen. Aber auch in [20]: Bericht über die Nachmessung des topographisch und klimatisch sicher begünstigten dänischen Netzes 1. Ordnung mit dem Tellurometer, wird auf gleichartige systematische Maßstabsdifferenzen hingewiesen. Sowohl diese als auch die oben zitierten schweizerischen Ergebnisse finden eine plausible qualitative Erklärung in den in [17] aufgezeigten meteorologischen Zusammenhängen.

Ergänzend muß noch erwähnt werden, daß sehr viele Erfahrungen und Beobachtungen aus den Hochgebirgsarbeiten des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen darauf hinweisen, daß die meteorologischen Verhältnisse in der Gipfelflur und speziell im gipfelnahen Bereich, im allgemeinen kompliziert und von Unstetigkeiten durchsetzt sind, so daß meteorologische Bodenbeobachtungen allein vielfach stark verfälschte Zustandsbilder geben. Diese Erscheinungen stehen oft in Widerspruch zu den schulmäßig angenommenen oder erwarteten Zuständen. Es ist fast sicher, daß das Auftreten großer systematischer Fehler bei meteorologischen Endpunktmessungen im Mittel- und Hochgebirge weitaus häufiger vorkommt als im Flach- oder Hügelland. Während in letzterem z. B. Wind zu einer guten Durchmischung der Atmosphäre und damit zu repräsentativen Werten für den maßstabsbestimmenden mittleren Brechungsindex führt, treten im Gebirge gerade dann zusätzlich trocken- und feuchtadiabetische Effekte auf, die auf die Gipfelbereiche, d. i. auf die Stationsumgebung beschränkt sind und dadurch entsprechend verfälschend auf die Endpunktmessungen wirken. Herrscht während der ganzen Meßperiode in einem Arbeitsgebiet einheitliche Witterung, so gehen diese Effekte mit einer Art Mittelwert, als mittlerer Maßstabsfehler in die Gesamtheit der Messungen ein.

Um die Maßstabsfrage und die Lageverhältnisse im österreichischen Netz 1. Ordnung theoretisch weiter zu untersuchen, ist dzt. als erster Abschnitt die freie Ausgleichung der modernen trigonometrischen Beobachtungen im Netzteil *Vorarlberg-Nordtirol West*, d. i. zwischen der Basis *Heerbrugg* und dem Knotennetz *Saile* im Gange. Über die Ergebnisse wird ebenso wie über die mehrfach erwähnten Geodimetermessungen des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen im Rahmen der Europabasis sowie über das dabei durchgeführte meteorologische Untersuchungsprogramm in dieser Zeitschrift berichtet werden.

### 5. Zusammenfassung

Aus der Entstehung des österreichischen Netzes 1. Ordnung ergibt sich zwangsläufig, daß es gewissermaßen mosaikartig homogen oder inhomogen und mit Spannungen behaftet ist. Das Einrechnen der Netze niederer Ordnung hat diese Defekte abgedacht, verteilt, und im allgemeinen zu einem technisch-katastermäßig absolut brauchbaren, auf dem Prinzip guter Nachbarschaft beruhenden Gebrauchsnetz und Festpunktfeld geführt, an dessen Änderung wegen theoretischer und praktischer Grundlagentchwächen nicht gedacht wird bzw. gedacht werden könnte. Fast alles, was damit im Zusammenhang der Überlegung wert ist, spricht dagegen. Die aufgrund von lokal begrenzten Tellurometermessungen vorgeschlagenen Lageänderungen einiger extremer unsicherer Punkte 1. Ordnung, wie *Hochschwab*, *Sulzkogel*

und *Pferscher Tribulaun* haben reellen Hintergrund, müssen aber aus den obigen Gründen abgelehnt werden. Bei *Hochschwab* und *Sulzkogel* kommen außerdem die nicht sehr sichere trilaterale Bestimmung und ihre Randlage in der Testfigur dazu, bei *Sulzkogel* ergaben die Untersuchungen des Bundesamtes eine Lageunsicherheit von nur etwa 0,30 bis 0,40 m gegen mehr als 1 m in [1]. Es zeigt sich hier übrigens unmittelbar, daß die Frage der Lageänderung (Klaffungsvektor) komplex mit der des Maßstabsfaktors verbunden ist, während der Kriterien für die Lagebestimmung bzw. die Lagegenauigkeit, Dimensionen und Orientierung der Fehlerellipse davon frei und allein von den geometrischen Figurenbedingungen abhängen.

Die *offiziellen Maßstabsuntersuchungen* ergaben für das *Netz 1. Ordnung*, mit Ausnahme seines Südrandes, daß der Maßstab in den erfaßten Netzteilen *durchwegs zu klein* ist und zwar *im Mittel etwa 6 mm/km*. Dem stehen die Ergebnisse der *Tellurometerteste mit rd. 6 mm/km zu groß* gegenüber. Dieses Resultat muß aufgrund aller eigenen Untersuchungen und Kontrollmessungen bzw. der Analyse der Ergebnisse im Grazer Testnetz u. a. *voll bezweifelt* werden, so lange nicht der Nachweis erbracht wird, daß die Tellurometermessungen frei von systematischen Fehlern in der Größenordnung der Absolutsumme der gegeneinanderstehenden Maßstabsfaktoren sind.

Wie die ausgleichstechnischen Ergebnisse in [1] zeigten, ist es auch schwierig, wegen der größeren maßstabsmäßigen Unsicherheit langer, übergreifender Seiten (Netzdiagonalen), die dem trilateralen Netz die statische Formsicherheit und Festigkeit geben sollen, Netzverbände so auszumessen, daß durch entsprechende Überbestimmungen die Meßgenauigkeit indirekt gesteigert wird. Diese kann bei einem Meßverfahren, das auf äußere Einflüsse so empfindlich reagiert und bei dem die Gefahr systematischer Fehler daher so groß ist, nur durch eine entsprechende Verfeinerung der Meßtechnik zur Erfassung der äußeren Einflüsse erreicht werden, zu denen auch die hier wegen ihres *zufälligen* Gesamtcharakters nicht berührten Reflexions-(Swing-)Probleme, in Abhängigkeit von der verwendeten Trägerwellenlänge gehören.

#### Literatur:

[1] *Rimmer, K.*: Tellurometermessungen im Österreichischen Netz I. Ordnung. *ÖZfV*, 56 (1968), Nr. 4 und 5, S. 121–130 und 174–186.

[2] *Sommer, L.*: Entwicklung und derzeitiger Stand des Österreichischen Festpunktfeldes als Grundlage für die Landesaufnahme und für den Kataster. In „Erste Fachtagung für Vermessungswesen in Wien 1966 – Das Festpunktfeld, Gesammelte Vorträge“; herausgegeben vom BAFuV 1966, S. 25–33.

[3] *Sommer, L.*: Die Abänderung des Gradmessungsnetzes für die Zwecke des Katasters.

In „150 Jahre Österreichischer Grundkataster“; herausgegeben vom BAFuV 1967, S. 147–158.

[4] Bericht der Österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung und des BAFuV für die 13. Generalversammlung der IUGG in Berkeley/Californien, 19. bis 31. August 1963.

[5] *Mitter, J.*: Die Basismessungen von Heerbrugg 1959. *ÖZfV*, 48 (1960), Nr. 1, 2, 3, S. 7–17, 45–50 und 91–98.

[6] Die Ergebnisse der Triangulierungen des K. u. K. Militär-Geographischen Institutes. I. Bd. (Westliche Teile der Monarchie und die südlich anschließenden Gebiete), Wien 1901.

[7] Triangulierungsoperat N 55 (1929) bzw. N 39 (1935), BAFuV-Triangulierungsarchiv.

[8] Triangulierungsoperat St 89 (1953/55), BAFuV-Triangulierungsarchiv.

[9] Die Ergebnisse der Triangulierungen des Militär-Geographischen Institutes — Triangulierung I. Ordnung in Salzburg und Tirol. Triangulierungsoperat T 12, 1919.

(Berechnung aufgrund der Daten der Ausgleichung der Netze Nr. LV, LVI und LVII in Bd. XXIII der „Astronomisch-Geodätischen Arbeiten des k. u. k. Militär-Geographischen Institutes in Wien“, Budapest 1915).

[10] Triangulierungsoperat Öst 2/5, 1950/51 westl. Teil und 1954 (östl. Teil), BAFEV-Triangulierungsarchiv.

[11] *Maly, L.*: Netzstudie der Punkte I. Ordnung im Raume Vorarlberg und Tirol. Manuskript 1958, enthalten im Triangulierungsoperat Öst 2/5, BAFEuV-Triangulierungsarchiv.

[12] *Weixler, A.*: Bearbeitung des trigonometrischen Gradmessungsnetzes für Zwecke der Landesvermessung.

In „Mitteilungen des k. u. k. militärgeographischen Institutes“, Bd. XX, S. 64–95 und eine Skizze, Wien 1901.

[13] *Krauland, R.*: Das Dreiecksnetz I. Ordnung der ehemaligen österr.-ungar. Monarchie. Manuskript im Triangulierungsarchiv des BAFEuV, Wien 1947/48.

[14] Lt. Mitteilungen des Jugoslawischen Militär-Geographischen Institutes Belgrad vom 11. Jänner 1954.

[15] *Mitter, J.*: Vorläufiger Bericht über die Geodimetermessungen auf der Saile 1967. Manuskript im BAFEuV, 1968.

[16] *Rimmer, K.*: Über weitere Ergebnisse im Grazer Testnetz. AVN, 75 (1968), Heft 4, S. 133–140.

[17] *Mitter, J.*: Über die Bestimmbarkeit des mittleren Dampfdruckes längs eines Mikrowellenstrahles aus Endpunktmessungen. AVN, 76 (1969), im Druck.

[18] *Rimmer, K.*: Studie über die Bestimmung der Europäischen Basis für das PAGEOS-Weltnetz.

In *Kneissl, M.*, Die europäische Basis-Traversal Tromsö-Catania für ein geodätisches Satellitenweltnetz.

DKG, Reihe B, Heft Nr. 143, S. 27–68; München 1967.

[19] *Fischer, W.*: Zur Messung langer Strecken mit dem Distomat Wild DI 50. AVN, 73 (1966), Heft 8, S. 297–305.

[20] *Andersen, A.*: Landesbericht Dänemark.

In „Bericht über das Symposium über die Neuausgleichung der europäischen Hauptnetztriangulationen vom 9. bis 12. Okt. 1962 in München“. IAG, Sektion I, Publ. Nr. 2, S. 46–48.

[21] *Brook, J. R.*: The Measurements of Swedish-Norwegian Section of the Tromsö-Catania Satellite Base Line-Preliminary Report. Rikets Allmänna Kartverk, Stockholm 1968.

[22] *Lego, K.*: Die geodätischen Arbeiten des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen in Wien 1921–1938 und 1945–1947.

Bericht für die 8. Generalversammlung der IAG in der IUGG in Oslo, August 1948.

[23] *Fischer, W.*: Distomat-Messungen im Verbindungsnetz Feldberg. Schweiz. Zeitschrift f. Verm., Photogram. u. Kulturtechnik, 65 (1967), Nr. 7, S. 229–250.

[24] *Gronwald, W.*: Die deutsche Doppelmessung der Grundlinie bei Josefstadt in Böhmen usw. Mitteilungen des Reichsamtes für Landesaufnahme, Sonderheft 10, 1934.

[25] Die Entwicklung und Organisation des Vermessungswesens in Österreich — I. Teil. ÖZfV, Sonderheft 9, Wien 1949.

[26] *Sterneck, R. v.*: Das neue Dreiecksnetz I. Ordnung der österreichisch-ungarischen Monarchie. In „Mitteilungen des k. u. k. militär-geograph. Institutes“, Bd. XVIII, S. 1–23 und eine Skizze, Wien 1899.

[27] *Bretterbauer, K.*: Beiträge zur Distanzmessung mit Mikrowellen. ÖZfV, 57 (1969), Nr. 1, S. 3–13.