

Paper-ID: VGI_196815



Tellurometermessungen im Österreichischen Netz I. Ordnung

Karl Rinner ¹

¹ *Graz, Technische Hochschule, Rechbauerstraße 12*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen **56** (4, 5), S. 121–130, 174–186

1968

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Rinner_VGI_196815,  
Title = {Tellurometermessungen im {\"}sterreichischen Netz I. Ordnung},  
Author = {Rinner, Karl},  
Journal = {{\"}sterreichische Zeitschrift f{\"}r Vermessungswesen},  
Pages = {121--130, 174--186},  
Number = {4, 5},  
Year = {1968},  
Volume = {56}  
}
```



ÖSTERREICHISCHE ZEITSCHRIFT FÜR VERMESSUNGSWESEN

Herausgegeben vom
ÖSTERREICHISCHEN VEREIN FÜR VERMESSUNGSWESEN

Offizielles Organ

des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (Gruppen f. Vermessungswesen),
der österreichischen Kommission für die Internationale Erdmessung und
der Österreichischen Gesellschaft für Photogrammetrie

REDAKTION:

emer. o. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. H. Rohrer,
o. Prof. Hofrat Dr. phil. Dr. techn. e. h. K. Ledersteger und
Hofrat Dipl.-Ing. Dr. techn. Josef Mitter

Nr. 4

Baden bei Wien, Ende August 1968

56. Jg.

Tellurometermessungen im Österreichischen Netz I. Ordnung

Von *Karl Rinner*, Graz

I. Vorbemerkung:

Durch die Entwicklung der Entfernungsmessung mit Licht- und Mikrowellen besteht die Möglichkeit, die Größe und die Homogenität des Maßstabes in grundlegenden Richtungs- und Winkelnetzen in einfacher Weise zu überprüfen. Dies ist für theoretische Untersuchungen und auch für die Praxis von großer Bedeutung. In theoretischer Hinsicht können die Gesetze der Maßstabsübertragung eingehender studiert und durch Einbeziehung von direkt gemessenen Seiten Netze mit homogenem Maßstab ermittelt werden. Diese sind wiederum Voraussetzung für die Schaffung von einheitlichen großräumigen Netzen wie z. B. des europäischen Dreiecksnetzes. In der geodätischen Praxis erfordern großräumige technische Projekte in zunehmendem Maße einheitliche Systeme und Koordinaten. Aus diesem Grund werden Entfernungsmessungen mit Licht- und Mikrowellen in europäischen Landesnetzen durchgeführt und sind auch für das österreichische Landesnetz erster Ordnung von Interesse (s. [1], [2]).

Für die praktische Durchführung stehen lichtelektrische Geräte (Geodimeter, EOS) und Mikrowellengeräte im cm-Bereich (Tellurometer Electrotape, Distomat, Distameter) zur Verfügung. Alle Geräte besitzen eine ausreichende Meßgenauigkeit für die Laufzeit der messenden Wellen. Aus dieser können mit Hilfe der aktuellen Wellengeschwindigkeit entlang der Bahnkurve und der Kenntnis der Form und Lage der Bahnkurve geodätische Entfernungen abgeleitet werden. Wellengeschwindigkeit und Bahnkurve sind aber von meteorologischen Gegebenheiten abhängig (siehe [3], § 37 bis 40).

Die Bahnkurve kann für die in Landesnetzen möglichen Entfernungen bis 100 km durch einen Kreis approximiert werden, dessen Radius von der Frequenz der Welle abhängig ist. Die Geschwindigkeit entlang der Bahnkurve wird in der

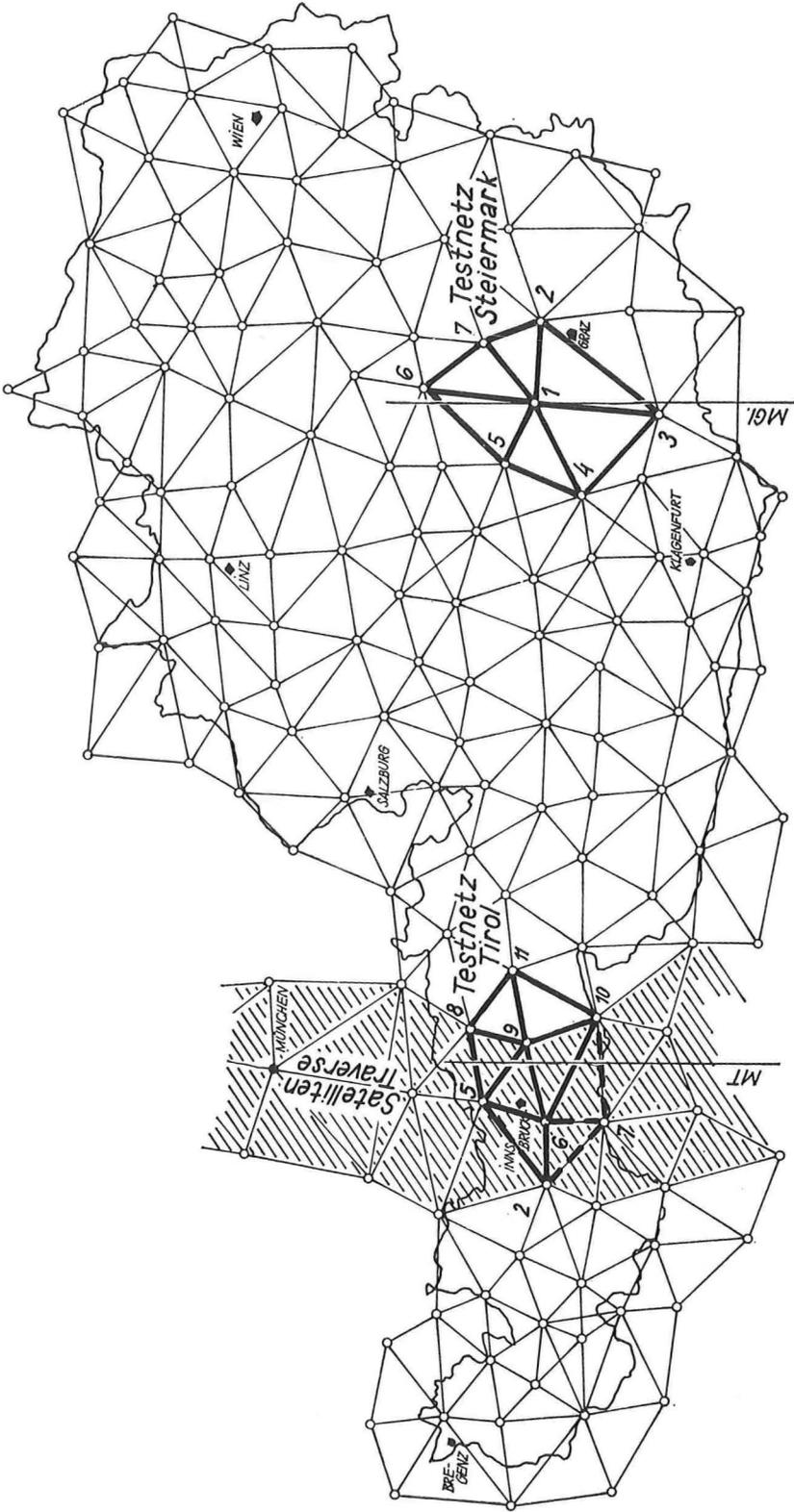


Fig. 1

Regel aus meteorologischen Daten abgeleitet, welche in den Endpunkten gemessen werden. Sie ist für Lichtwellen in der Hauptsache von der Temperatur und vom Luftdruck abhängig, für Mikrowellen in hohem Maße auch von der Luftfeuchtigkeit. Da die Ermittlung von repräsentativen Mittelwerten entlang der Bahnkurve aus den Messungen in den Endpunkten für alle Größen und insbesondere für die Luftfeuchtigkeit schwierig ist, liegt die Schranke in der erzielbaren Genauigkeit vor allem in der Erfassung repräsentativer und genügend genauer meteorologischer Daten (s. [4]).

Da die Geschwindigkeit der Lichtwellen von der schwer erfaßbaren Luftfeuchtigkeit nicht beeinflußt wird und außerdem keine Reflexion erfolgt, besitzen aus Lichtwellen abgeleitete Entfernungen eine hohe Genauigkeit, welche erfahrungsgemäß zwischen ± 1 und ± 3 mm/km liegt. Nachteilig sind jedoch die geringe Reichweite lichtelektrischer Messungen, die Abhängigkeit von Sichtbedingungen und die Notwendigkeit, große Entfernungen während der Nacht messen zu müssen.

Mit Mikrowellen können unabhängig vom Wetter zu jeder Tages- und Nachtzeit Messungen über Entfernungen bis etwa 100 km ausgeführt werden; sie besitzen daher eine höhere Leistungsfähigkeit als Lichtwellen. Wegen des Einflusses der Luftfeuchtigkeit und von möglichen Bodenreflexionen ist die zu erwartende Genauigkeit der Streckenmessung jedoch geringer und kann im Durchschnitt mit ± 2 bis ± 5 mm/km angenommen werden. Zuzufolge der einfacheren Meßbedingungen besteht aber die Möglichkeit, mit Mikrowellengeräten anstelle einzelner Seiten ganze Netzverbände auszumessen und durch Ausgleichung von überbestimmten Netzen die Meßgenauigkeit über die angegebene Größenordnung zu steigern.

In der Folge wird über Streckenmessungen in zwei Zentralsystemen des österreichischen Landesnetzes erster Ordnung berichtet (s. Fig. 1). Das als Testnetz *Steiermark* bezeichnete Netz ist ein aus 7 Punkten bestehendes Zentralsystem im steirischen Gebirge, in welchem auch alle Diagonalen ohne Signalbauten meßbar sind. In diesem Netz liegen moderne Richtungsmessungen vor. Das Testnetz *Tirol* enthält den österreichischen Anteil der Kette, welche zur Bestimmung der Basis *Tromsö-Catania* des Satellitenweltnetzes aus den europäischen Landestriangulationen ausgewählt wurde. Auch in diesem Netz liegen moderne Richtungsmessungen vor und können Diagonalen bestimmt werden.

In beiden Netzen wurden 1967 vom Institut für Geodäsie II an der Technischen Hochschule in Graz Messungen mit Tellurometergeräten MRA 3 ausgeführt, welche von der Österreichischen Nationalbank zur Verfügung gestellt wurden. Die Messungen hatten auch den Zweck, Reflexionsprobleme zu studieren und Erfahrungen für Einrichtungen zu erhalten, mit welchen Reflexionen vermieden werden können (s. [5]). Die Durchführung beider Messungen wurde durch Geldzuwendungen des Österreichischen Forschungsrates unterstützt. Außerdem wurden die Arbeiten in der Steiermark durch das *Militärkommando Steiermark* gefördert, welches geländegängige PKWs und Fahrer zur Verfügung gestellt hat. Die Arbeiten in Tirol wurden durch die *Steyr-Daimler-Puch-Werke*, Thondorf, durch Überlassung von zwei geländegängigen PKWs unterstützt. Das *Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen* (= BA) Wien hat die Ergebnisse der Richtungsmessungen in beiden Netzen sowie

die Landeskoordinaten und Topographien der Netzpunkte zur Verfügung gestellt. Allen Förderern sei an dieser Stelle aufrichtiger Dank ausgesprochen.

Die Messungen wurden von den Herren *Dipl.-Ing. K. Fally* und *cand.-Ing. W. Mendel* ausgeführt. Die Berechnungen erfolgten im Rechenzentrum der Technischen Hochschule in Graz. Bei der Durchführung der Rechnungen und der Ausarbeitung und Zusammenstellung der Ergebnisse hat mich Herr *Dipl.-Ing. K. Fally* unterstützt.

2. Die Messungen im Testnetz Steiermark:

2. 1 Beschreibung des Netzes:

Das Netz wird aus 7 Punkten des österreichischen Landesnetzes erster Ordnung gebildet, welche ein Zentralsystem um den Punkt 1 (Gleinalpe) ergeben (s. Fig. 2a). Die Punkte liegen in Höhen von 1400 bis 2400 m und sind nach modernen Vorschriften gut vermarktet und versichert. Das Netz enthält 12 Seiten und 9 Diagonalen in der Länge von 26 km bis 93 km, die Gesamtlänge aller Netzseiten beträgt 968 km. Die Anzahl der Überbestimmungen ist im Streckennetz 10, im kombinierten Richtungs- und Streckennetz 28. Alle Seiten und Diagonalen können ohne Signalbauten beobachtet werden. Reflexionsstellen sind nicht erkennbar.

Richtungsmessungen wurden in den Jahren 1928 bis 1957 im Zentralsystem der Konfiguration E (Grundfigur) ausgeführt. Die vom Bundesamt Wien mitgeteilten Punktkoordinaten im Meridianstreifen M 34 (östlich von Ferro) sind in Tab. 1 enthalten. Daraus wurden geographische Koordinaten für das Besselsche Ellipsoid ermittelt. Für die weiteren Berechnungen wurde ein Gauß-Krügersches Koordinatensystem eingeführt, welches auf den Meridian durch den Zentralpunkt Gleinalpe bezogen ist und mit MGI. bezeichnet wird (s. Fig. 1).

Punkte	geographische Koordinaten		Gauß-Krüger Koordinaten				Höhe
			M 34		M GI.		
	φ	λ	y	x	y	x	H
1	47° 13' 39",6089	32° 42' 58",9484	- 97 199,50	5 232 824,36	± 0,000	5 232 024,962	1 988,00
2	47° 11' 54",8745	33° 07' 59",9472	- 65 663,53	229 155,32	+ 31 598,562	228 875,250	1 445,31
3	46° 47' 14",4362	32° 38' 22",1664	- 103 871,54	783 977,88	- 5 869,929	183 081,867	2 140,68
4	47° 03' 50",2577	32° 14' 05",1567	- 134 078,58	215 339,27	- 36 581,030	213 939,470	2 395,54
5	47° 20' 22",9370	32° 24' 13",2660	- 120 621,76	245 715,10	- 23 627,883	244 526,690	2 397,24
6	47° 37' 07",2454	32° 48' 36",5162	- 89 434,38	276 178,25	+ 7 048,084	275 496,498	2 277,17
7	47° 24' 17",8675	33° 01' 39",0163	- 73 394,20	252 192,33	+ 23 481,051	251 780,709	1 628,79

Tabelle 1

Die geographischen Koordinaten sowie die Gauß-Krügerschen Koordinaten in diesem Rechensystem sind ebenfalls in Tab. 1 enthalten.

2. 2 Die Messungen:

Streckenmessungen erfolgten in der Zeit vom 23. 6. bis 14. 10. 1967 mit Tellurometergeräten MRA 3. Die Messungen wurden von zwei Meßgruppen mit je einem Observator und je drei Gehilfen ausgeführt. Die Gruppen wurden mit Puch-Haflingern PKW transportiert. Jede Seite wurde in mindestens 2 Sätzen mit je 10 Frequenzen

bestimmt. Die meteorologischen Daten wurden nur in den Endpunkten gemessen. Einen Überblick über den Ablauf der Messungen und die während der Messung herrschenden Wetterbedingungen zeigt Tab. 2.

Datum	Seite	Wetterbeschreibung
1967		
23. 6.	2–7	Schönwetter, warm
24. 6.	2–3	heiter, warm, nachm. Gipfel in Wolken und Westwinde
25. 6.	1–7	heiter und warm
27. 6.	6–5	bewölkt und sonnig, starke Winde
	6–7	bewölkt, dunstig, starker Wind
	6–1	dunstig, Bewölkungszunahme, starker Wind, gute Sicht
3. 7.	4–5	Nebel, Wind
4. 7.	1–2	bedeckt, tw. nebelig, Wind
	1–3	Schlechtwetter, Regen, Nebel, Wind, Kälte
	1–4	Nachtmessung, Regen, Nebel, Wind, Kälte
5. 7.	5–1	Wind, nebelig, tw. sonnig
	3–4	Nebel, kalter N-Wind
6. 9.	6–4	bedeckt, Hochnebel, leichter Wind
	6–3	heiter bis bedeckt, böiger Wind, Dunst
7. 9.	6–2	bedeckt, Hochnebel, leichter Wind
	6–7	bewölkt, dunstig, leichter bis starker Wind
	5–7	bewölkt, Talnebel, N-Wind, gute Sicht
13. 10.	5–2	heiter, leichter Wind
	5–3	heiter, dunstig, windig
	4–2	stark bewölkt, S-Wind, gute Sicht
14. 10.	4–7	bewölkt, S-Wind, wechselnd dunstig
	3–7	leicht bewölkt, S-Wind, dunstig, gute Sicht

Tab. 2

Ein Vergleich der meteorologischen Geräte wurde täglich, Frequenzkontrollen vor, während und nach der Meßperiode ausgeführt. Die daraus folgenden Korrekturen sind an den mitgeteilten Meßergebnissen angebracht. Die meteorologischen Reduktionen wurden nach den in [3] § 114 angegebenen Formeln, die geometrische Reduktion in die Ebene von MGl. erfolgte im Rechenzentrum Graz nach dem in [6], Seite 60 bis 64 beschriebenen Programm. Eine Zusammenstellung der reduzierten Seiten und der Reduktionsgrößen enthält Tab. 3.

Die im Netz vom Bundesamt Wien ausgeführten Richtungsmessungen sind in Tab. 4 zusammengestellt. Die Reduktion in die Rechenebene erfolgte im Programm für die Ausgleichung, die Reduktionsgrößen sind daher nicht ausgewiesen (siehe [6], Seite 64 bis 78).

Seiten	Δ_K		Δ_{gr}		$V \pm M_s$													δ_s	P_s
	m	m	m	m	SA	SB	SC	SD	SE	RSA	RSB	RSC	RSD	RSE					
12	31 746,20	31 745,816	+133 ± 81	+169 ± 61	+181 ± 72	+210 ± 116	+212 ± 76	+273 ± 42	+282 ± 40	+278 ± 38	+279 ± 38	+273 ± 35							
13	49 293,84	49 293,710	- 4 ± 163	+ 66 ± 159	+158 ± 157	+187 ± 266	-300 ± 181	+302 ± 66	+307 ± 63	+323 ± 59	+319 ± 61	+335 ± 57							
14	40 807,56	40 807,415	+322 ± 78	+289 ± 77	+281 ± 68	+282 ± 106	+265 ± 70	+286 ± 44	+276 ± 41	+278 ± 39	+280 ± 39	+282 ± 36							
15	26 731,44	26 731,161	+ 63 ± 89	+ 94 ± 86	+142 ± 80	+157 ± 133	+185 ± 88	+256 ± 46	+263 ± 43	+267 ± 40	+278 ± 41	+275 ± 38							
16	44 039,19	44 039,842	+110 ± 126	+173 ± 128	+194 ± 122	+225 ± 190	+265 ± 131	+121 ± 67	+130 ± 63	+122 ± 60	+129 ± 61	+114 ± 57							
17	30 686,30	30 686,196	+149 ± 101	+130 ± 97	+191 ± 92	+178 ± 153	+218 ± 101	+135 ± 47	+137 ± 43	+136 ± 42	+134 ± 42	+129 ± 40							
23	59 162,89	59 162,744	+257 ± 144	+335 ± 142	+408 ± 129	+361 ± 208	+494 ± 145	+300 ± 64	+305 ± 60	+319 ± 56	+303 ± 58	+322 ± 54							
24	69 787,59	69 787,452	+134	+134				+134	+134										
25	57 392,80	57 392,018	+295 ± 120	+ 81 ± 128	+156 ± 79	+159 ± 194	+657 ± 50	+ 68 ± 79	+ 84 ± 74	+100 ± 50	+ 86 ± 72	+ 92 ± 47							
26	52 686,10	52 685,535	+ 26 ± 132	+142 ± 81		+159 ± 194	+186 ± 81	+ 68 ± 79	+ 84 ± 74	+100 ± 50	+102 ± 50	+ 92 ± 47							
27	24 299,31	24 299,122	+124 ± 86			+184 ± 118		+ 99 ± 36	+105 ± 53										
34	43 535,77	43 535,306	+157 ± 134	+183 ± 129	+240 ± 116	+271 ± 194	+340 ± 129	+377 ± 72	+387 ± 68	+403 ± 64	+408 ± 65	+422 ± 61							
35	63 959,45	63 958,653	+361 ± 199	+464 ± 194	+602 ± 196			+867 ± 75	+878 ± 71	+897 ± 66									
36	93 313,12	93 312,027	+135 ± 224			+1037 ± 376		+1039 ± 92			+1064 ± 84								
37	74 706,16	74 705,953	+321 ± 188	+375 ± 186	+505 ± 185			+411 ± 74	+415 ± 70	+430 ± 66									
45	33 216,89	33 216,832	+150 ± 112	+157 ± 106	+181 ± 100	+246 ± 164	+261 ± 110	+236 ± 59	+225 ± 56	+224 ± 52	+229 ± 53	+230 ± 50							
46	75 450,43	75 450,353	+ 54 ± 171	+ 98 ± 166		+193 ± 253		+259 ± 73	+253 ± 69		+253 ± 66								
47	70 988,82	70 988,995	+ 14 ± 129					+ 19 ± 41											
56	43 530,64	43 530,213	+24 ± 146	+295 ± 140	+318 ± 137	+342 ± 209	+353 ± 142	+512 ± 72	+520 ± 69	+517 ± 64	+519 ± 66	+509 ± 61							
57	47 663,16	47 663,741	+180 ± 147	+171 ± 139	+259 ± 134			+470 ± 56	+478 ± 52	+480 ± 49									
67	28 852,75	28 852,142	+161 ± 100	+182 ± 95	+195 ± 94	+222 ± 138	+222 ± 96	+204 ± 67	+214 ± 63	+203 ± 60	+219 ± 60	+202 ± 57							

Δ_KSeite aus Koordinaten (im Rechensystem Maß)
 Δ_{gr}gemessene, reduzierte Seite

δ_sProjektionsverzerrung
 P_sStreckengewicht

Tabelle 3

Richtung	beobachtete Richtungssätze	ausgeglichene Richtungen						Beobachtung im Jahr	
		R	RSA	RSB	RSC	RSD	RSE		
15	0° 00' 00,014	297° 53' 01,81	01,82	01,77	01,78	01,79	01,81	1928/29	
16	71° 19' 34,368	9° 12' 36,02	36,05	35,99	36,02	35,97	36,02		
17	112° 02' 28,196	49° 55' 29,29	29,10	29,07	29,06	29,08	29,09		
12	157° 48' 37,492	95° 41' 38,91	38,98	38,96	38,93	38,96	38,93		
13	248° 57' 20,061	186° 50' 21,61	21,67	21,61	21,61	21,55	21,57		
14	305° 48' 31,872	243° 41' 32,79	32,61	32,60	32,63	32,60	32,64		
23	177° 14' 37,619	219° 17' 00,82	01,13	01,09	01,04	01,02	00,98		1939
21	233° 39' 17,485	275° 41' 38,91	38,98	38,96	38,93	38,96	38,93		
27	298° 28' 04,305	340° 30' 23,69	23,75	23,67	23,68	23,68	23,67		
34	359° 59' 59,849	315° 08' 11,63	11,59	11,61	11,67	11,59	11,67		1931/32
31	51° 42' 10,478	6° 50' 21,61	21,67	21,61	21,61	21,55	21,57		
32	84° 08' 51,028	39° 17' 00,82	01,13	01,09	01,04	01,02	00,98		
45	217° 55' 36,963	22° 57' 07,09	07,13	07,04	07,04	06,96	07,03		1956
41	258° 40' 03,549	63° 41' 32,79	32,61	32,60	32,63	32,60	32,64		
43	330° 06' 45,932	135° 08' 11,63	11,59	11,61	11,67	11,59	11,67		
56	0° 00' 00,680	44° 43' 33,89	33,55	33,50	33,57	33,55	33,63	1939/57	
51	73° 09' 23,916	117° 53' 01,81	01,81	01,77	01,78	01,79	01,81		
54	158° 13' 30,882	202° 57' 07,09	07,13	07,04	07,04	06,96	07,03		
67	135° 56' 21,698	145° 16' 54,82	54,63	54,60	54,60	54,59	54,60	1939	
61	179° 52' 03,249	189° 12' 36,02	36,05	35,99	36,02	35,97	36,02		
65	215° 23' 07,902	224° 43' 33,89	33,55	33,50	33,57	33,55	33,63		
76	0° 00' 00,000	325° 16' 54,82	54,63	54,60	54,60	54,59	54,60	1929/39	
72	195° 13' 26,029	160° 30' 23,69	23,75	23,67	23,68	23,68	23,67		
71	264° 38' 32,286	229° 55' 29,29	29,10	29,07	29,06	29,08	29,09		

Tabelle 4

2.3 Die Auswertung:

Sämtliche Meßdaten wurden in das System MGI. abgebildet und mit den aus den Koordinaten der Landesaufnahme abgeleiteten, entsprechenden Werten verglichen. Die Punkte 2 und 4 wurden festgehalten und durch strenge vermittelnde Ausgleichung Koordinatenverbesserungen für die restlichen Punkte, ein Maßstabsfaktor für das gesamte Netz sowie Fehlermaße ermittelt. Das ausgeglichene Netz wurde schließlich durch eine lineare Transformation dem Netz der Landesaufnahme aufgepaßt und die verbleibenden Restklaffungen ermittelt. Die numerischen Berechnungen wurden im Rechenzentrum Graz nach den in [6] beschriebenen Programmen ausgeführt.

Die Berechnung erfolgte für insgesamt 11 verschiedene Konfigurationen, welche aus Richtungen R und Seiten S des Zentralsystems und Diagonalen gebildet werden.

A bezeichnet die aus allen Seiten und Diagonalen gebildete Konfiguration, B ist die um die langen Seiten 36, 52 und 47 verminderte Konfiguration A . Mit C wird eine Konfiguration bezeichnet, welche aus der Grundfigur (Zentralsystem) und 3 mittleren Diagonalen 35, 57 und 73 gebildet wird. Die durch die 3 langen Diagonalen 62, 63, 64 ergänzte Grundfigur wird als Konfiguration D bezeichnet. Schließlich bezeichnet E die Grundfigur.

Ein Ausgleich in welchem nur Richtungen verwendet werden, wird mit R bezeichnet, der Ausgleich mit Strecken dementsprechend mit S und der kombinierte Ausgleich mit Richtungen und Strecken mit RS .

Die Ausgleichung der Maßdaten wurde für die folgenden Konfigurationen ausgeführt:

Streckennetze:

<i>SA</i>	Zentralfigur mit allen Diagonalen
<i>SB</i>	Zentralfigur mit den Diagonalen 62, 64, 57, 73, 35, 24
<i>SC</i>	Zentralfigur mit den Diagonalen 57, 73, 35
<i>SD</i>	Zentralfigur mit den Diagonalen 62, 63, 64
<i>SE</i>	Zentralfigur ohne Diagonalen

Richtungsnetze:

<i>R</i>	Zentralfigur ohne Diagonalen
----------	------------------------------

Richtungs- und Streckennetz:

<i>RSA</i>	Zentralfigur mit allen Richtungen, Strecken und allen Diagonalen
<i>RSB</i>	Zentralfigur mit allen Richtungen, Strecken sowie den Diagonalen 62, 64, 57, 73, 35, 26
<i>RSC</i>	Zentralfigur mit allen Richtungen, Strecken sowie den Diagonalen 57, 73, 35
<i>RSD</i>	Zentralfigur mit allen Richtungen, Strecken sowie den Diagonalen 62, 63, 64
<i>RSE</i>	Zentralfigur mit allen Richtungen, Strecken ohne Diagonalen

Die Streckengewichte wurden umgekehrt proportional zu dem Quadrat der Entfernung angenommen, was einem konstanten relativen Streckenfehler $\mu_S = m_S : s$ entspricht. Für die Festsetzung der Relation zwischen Richtungs- und Streckengewichten wurde ein Richtungsfehler $m_R = 1^{\text{cc}} = \pm 0,30$ angenommen (s. [10]) und μ_S durch numerische Versuche so bestimmt, daß der aus der Ausgleichung erhaltene Richtungsfehler mit dem a priori angenommenen möglichst gut übereinstimmt. Dies führte zur Annahme $\mu_S = \pm 3,5$ mm/km. Wird dieser Wert in die Beziehungen

$$p_R = \frac{C}{m_R^2}, p_S = \frac{C}{m_S^2} = \left(\frac{m_R}{m_S}\right)^2 p_R$$

eingesetzt, das Richtungsgewicht als konstant und gleich der Einheit gewählt und für die Verbesserungen die Dimension $^{\text{cc}}$ und dm eingeführt, so folgt:

$$p_R = 1 \quad p_S = 900 : (s_{km})^2 \quad \dots (1)$$

Die mit diesen Relationen berechneten Streckengewichte sind in Tab. 4, letzte Spalte, aufgeführt.

Für jeden Punkt wurden nach dem in [6] Seite 64 bis 78 beschriebenen Programm Koordinatenverbesserungen dx , dy , mittlere Fehler m_x , m_y , die Halbachsen a , b der Fehlerellipsen und der Richtungswinkel θ der großen Halbachse berechnet. Die Ergebnisse sind in Tab. 5 zusammengestellt. Außer den Streckenverbesserungen wurden auch die mittleren Fehler m_S aller ausgeglichenen Netzseiten ermittelt. Diese sind mit den Verbesserungen für jede Konfiguration in Tab. 4 ausgewiesen. Der

Punkt	Konfiguration	dy	dx	a	b	θ	δy	δx	Punkt	Konfiguration	dy	dx	a	b	θ	δy	δx	Punkt	Konfiguration	dy	dx	a	b	θ	δy	δx
1	SA	+ 242	- 86	125	74	167° 37'	- 93	+ 23	4	RSA	+ 479	- 107	143	90	150° 05'	+ 30	+ 177	5	SA	+ 424	- 107	140	91	144° 01'	+ 29	+ 177
	SB	+ 206	- 86	118	75	165° 39'	+ 83	+ 25		SB	+ 379	- 76	135	82	145° 27'	+ 23	+ 167		SE	+ 167	+ 59	68	54	71° 43'	+ 144	+ 100
	SC	+ 194	- 87	110	76	166° 09'	- 72	+ 22		SC	+ 340	+ 50	239	82	145° 27'	+ 23	+ 162		SD	+ 118	+ 84	43	35	69° 37'	+ 77	+ 118
	SD	+ 170	- 29	104	102	164° 35'	+ 47	+ 4		SD	+ 340	+ 72	157	75	143° 42'	+ 23	+ 161		SE	+ 109	+ 81	41	31	69° 42'	+ 18	+ 100
	SE	+ 165	- 39	104	67	165° 02'	+ 46	+ 74		SE	+ 163	+ 129	157	43	54° 37'	+ 26	+ 157		R	+ 113	+ 82	39	31	70° 49'	+ 17	+ 100
	R	+ 167	- 39	121	33	71° 43'	9	+ 144		R	+ 166	+ 119	121	61	47° 12'	+ 42	+ 157		SA	+ 112	+ 82	39	31	69° 09'	+ 16	+ 103
	RSA	+ 118	+ 84	43	35	69° 37'	+ 77	+ 100		RSA	+ 149	+ 114	61	46	47° 12'	+ 42	+ 157		SB	+ 118	+ 84	43	35	70° 52'	+ 50	+ 223
	RSB	+ 109	+ 81	41	31	69° 42'	+ 18	+ 100		RSB	+ 148	+ 119	58	43	48° 36'	+ 37	+ 157		SC	+ 109	+ 81	41	31	70° 49'	+ 17	+ 100
	RSC	+ 113	+ 82	39	31	69° 09'	+ 16	+ 100		RSC	+ 149	+ 113	55	55	50° 08'	+ 38	+ 157		SD	+ 113	+ 82	39	31	70° 49'	+ 17	+ 100
	RSD	+ 112	+ 82	39	31	69° 09'	+ 16	+ 100		RSD	+ 149	+ 123	56	56	49° 27'	+ 44	+ 157		SE	+ 112	+ 82	39	31	70° 49'	+ 17	+ 100
RSE	+ 118	+ 76	76	29	70° 52'	+ 50	+ 223	RSE	+ 149	+ 119	52	52	50° 45'	+ 41	+ 157	R	+ 118	+ 76	76	29	70° 52'	+ 50	+ 223			
2	SA	-	-	-	-	-	-	-	6	SA	+ 469	- 360	172	126	42° 58'	- 107	+ 146	7	SA	+ 217	- 6	129	80	52° 59'	- 24	+ 245
	SB	-	-	-	-	-	-	-		SB	+ 462	- 301	167	121	41° 25'	- 123	+ 122		SB	+ 180	+ 173	64	63	115° 32'	+ 47	+ 148
	SC	-	-	-	-	-	-	-		SC	+ 473	- 278	170	127	37° 47'	- 123	+ 122		SC	+ 180	+ 173	64	63	115° 32'	+ 47	+ 148
	SD	-	-	-	-	-	-	-		SD	+ 485	- 201	254	166	30° 34'	- 143	+ 122		SD	+ 180	+ 173	64	63	115° 32'	+ 47	+ 148
	SE	-	-	-	-	-	-	-		SE	+ 501	- 193	176	126	35° 04'	- 143	+ 122		SE	+ 180	+ 173	64	63	115° 32'	+ 47	+ 148
	R	-	-	-	-	-	-	-		R	+ 670	- 280	96	71	133° 57'	- 271	+ 206		R	+ 180	+ 173	64	63	115° 32'	+ 47	+ 148
	RSA	-	-	-	-	-	-	-		RSA	+ 634	- 235	81	73	121° 44'	- 284	+ 181		RSA	+ 180	+ 173	64	63	115° 32'	+ 47	+ 148
	RSB	-	-	-	-	-	-	-		RSB	+ 634	- 235	81	73	121° 44'	- 284	+ 181		RSB	+ 180	+ 173	64	63	115° 32'	+ 47	+ 148
	RSC	-	-	-	-	-	-	-		RSC	+ 623	- 218	75	69	120° 17'	- 280	+ 177		RSC	+ 180	+ 173	64	63	115° 32'	+ 47	+ 148
	RSD	-	-	-	-	-	-	-		RSD	+ 612	- 217	73	73	123° 40'	- 283	+ 186		RSD	+ 180	+ 173	64	63	115° 32'	+ 47	+ 148
RSE	-	-	-	-	-	-	-	RSE	+ 627	- 240	71	62	125° 26'	- 259	+ 180	RSE	+ 180	+ 173	64	63	115° 32'	+ 47	+ 148			
3	SA	+ 320	+ 116	160	120	80° 31'	+ 224	- 20	7	SA	+ 217	- 6	129	80	52° 59'	- 24	+ 245	7	SA	+ 217	- 6	129	80	52° 59'	- 24	+ 245
	SB	- 355	+ 45	152	120	74° 48'	+ 230	+ 17		SB	+ 180	+ 173	64	63	115° 32'	+ 47	+ 148		SB	+ 180	+ 173	64	63	115° 32'	+ 47	+ 148
	SC	- 363	- 43	133	113	67° 34'	+ 227	+ 59		SC	+ 204	+ 35	121	74	52° 53'	+ 25	+ 239		SC	+ 204	+ 35	121	74	52° 53'	+ 25	+ 239
	SD	- 305	- 30	211	191	63° 44'	+ 179	+ 56		SD	+ 203	+ 59	109	109	56° 12'	+ 27	+ 212		SD	+ 203	+ 59	109	109	56° 12'	+ 27	+ 212
	SE	- 347	- 168	145	129	42° 29'	+ 188	+ 128		SE	+ 203	+ 67	139	76	57° 25'	+ 37	+ 226		SE	+ 203	+ 67	139	76	57° 25'	+ 37	+ 226
	R	- 122	- 125	73	61	132° 32'	+ 9	+ 99		R	+ 255	+ 92	68	38	146° 42'	+ 78	+ 226		R	+ 255	+ 92	68	38	146° 42'	+ 78	+ 226
	RSA	- 180	- 54	73	63	114° 38'	+ 50	+ 59		RSA	+ 235	- 74	57	41	149° 51'	+ 12	+ 121		RSA	+ 235	- 74	57	41	149° 51'	+ 12	+ 121
	RSB	- 175	- 64	69	59	115° 32'	+ 45	+ 45		RSB	+ 224	- 12	53	39	149° 06'	+ 11	+ 121		RSB	+ 224	- 12	53	39	149° 06'	+ 11	+ 121
	RSC	- 173	- 84	64	56	116° 56'	+ 36	+ 63		RSC	+ 227	- 16	51	37	148° 55'	+ 11	+ 121		RSC	+ 227	- 16	51	37	148° 55'	+ 11	+ 121
	RSD	- 158	- 76	66	57	118° 25'	+ 37	+ 37		RSD	+ 226	- 14	51	37	149° 48'	+ 11	+ 121		RSD	+ 226	- 14	51	37	149° 48'	+ 11	+ 121
RSE	- 160	- 98	61	54	119° 59'	+ 37	+ 37	RSE	+ 226	- 24	51	34	149° 03'	+ 11	+ 121	RSE	+ 226	- 24	51	34	149° 03'	+ 11	+ 121			
4	SA	-	-	-	-	-	-	-	7	SA	+ 148	+ 179	179	179	179° 17'	+ 148	+ 179	7	SA	+ 148	+ 179	179	179	179° 17'	+ 148	+ 179
	SB	-	-	-	-	-	-	-		SB	+ 96	+ 167	153	153	153° 13'	+ 148	+ 179		SB	+ 96	+ 167	153	153	153° 13'	+ 148	+ 179
	SC	-	-	-	-	-	-	-		SC	+ 57	+ 45	170	170	170° 17'	+ 148	+ 179		SC	+ 57	+ 45	170	170	170° 17'	+ 148	+ 179
	SD	-	-	-	-	-	-	-		SD	+ 45	+ 0	144	144	144° 14'	+ 148	+ 179		SD	+ 45	+ 0	144	144	144° 14'	+ 148	+ 179
	SE	-	-	-	-	-	-	-		SE	+ 49	+ 151	151	151	151° 15'	+ 148	+ 179		SE	+ 49	+ 151	151	151	151° 15'	+ 148	+ 179
	R	-	-	-	-	-	-	-		R	+ 49	+ 151	151	151	151° 15'	+ 148	+ 179		R	+ 49	+ 151	151	151	151° 15'	+ 148	+ 179
	RSA	-	-	-	-	-	-	-		RSA	+ 148	+ 179	179	179	179° 17'	+ 148	+ 179		RSA	+ 148	+ 179	179	179	179° 17'	+ 148	+ 179
	RSB	-	-	-	-	-	-	-		RSB	+ 96	+ 167	153	153	153° 13'	+ 148	+ 179		RSB	+ 96	+ 167	153	153	153° 13'	+ 148	+ 179
	RSC	-	-	-	-	-	-	-		RSC	+ 57	+ 45	170	170	170° 17'	+ 148	+ 179		RSC	+ 57	+ 45	170	170	170° 17'	+ 148	+ 179
	RSD	-	-	-	-	-	-	-		RSD	+ 45	+ 0	144	144	144° 14'	+ 148	+ 179		RSD	+ 45	+ 0	144	144	144° 14'	+ 148	+ 179
RSE	-	-	-	-	-	-	-	RSE	+ 49	+ 151	151	151	151° 15'	+ 148	+ 179	RSE	+ 49	+ 151	151	151	151° 15'	+ 148	+ 179			

δy, δx... Restfehler

θ... Richtung der großen Achse a

a, b... Halbachsen der Fehlerellipsen

Tabelle 5

berechnete Maßstabsfaktor λ und sein mittlerer Fehler mλ sind für jede Konfiguration in Tab. 6 enthalten.

Als Maß für die Genauigkeit des Netzes wurde ein aus der Spur der inversen Normalgleichungsmatrix und dem mittleren Fehler der Gewichtseinheit m0 gebildeter mittlerer Punktfehler

der Bildmessung in immer mehr Einzelfällen der Archäologie entgegen. Diese Tatsachen waren übrigens wesentlich an der Entscheidung des Österreichischen Archäologischen Institutes beteiligt, dieselbe Ausrüstung anzuschaffen wie das Bundesdenkmalamt.

Um den Anwendungsbereich derartig geeigneter Aufnahmen zu erweitern, hat das Bundesdenkmalamt eine Auslegerstange mit variabler Länge zum Stativ der SMK gebaut. Sie gestattet es, das Stativ im Innern eines Raumes aufzustellen und dabei die Kammer vor einer Maueröffnung in Stellung zu bringen, so daß damit Aufnahmen mit horizontalen, senkrechten und um ± 30 bzw. $\pm 70^\circ$ geeigneten Aufnahmeachsen ausgeführt werden können.

Für die TMK wurden entsprechende Auslegebretter gebaut.

Zusammenfassend kann über den praktischen Einsatz der SMK und TMK von C. Zeiss, mit den Architekturzusatzeinrichtungen, in der Denkmalvermessung sowie über die Auswertung mit Hilfe des Terragraphen mit Zusatzzeichentisch und Neigungsrechner gesagt werden, daß ein Viertel bis ein Drittel des sehr umfangreichen Gesamtbedarfes nur bewältigt werden kann, weil Adapter mit Orientierungskubus, Magnetkeil und Dosenlibelle bei der Aufnahme, sowie der Neigungsrechner bei der Auswertung das Arbeiten mit stark geneigten Aufnahmen in einfachster Weise ermöglicht. Weder die Verwendung eines Weitwinkelobjektives alleine, noch eine zusätzliche Dezentrierung des Objektives bei horizontalen Kammern wären in vielen wichtigen Fällen in der Lage, bei den Aufnahmesituationen zu einer wirtschaftlichen Lösung zu führen. Die Photogrammetrie, die bereits im vorigen Jahrhundert für eine Reihe von Aufgaben der Architekturaufnahme gleichwertige Bauaufnahmen wirtschaftlicher herzustellen erlaubte, als die direkten klassischen Verfahren wurde im Laufe der Zeit und zuletzt wiederum durch die geschilderten neuen Möglichkeiten in die Lage versetzt, eine immer größere Anzahl der vorkommenden Fälle mit immer höherer Wirtschaftlichkeit einwandfrei, auch mit immer weniger qualifizierten Kräften, zu bearbeiten. Das direkte Verfahren behält seine Bedeutung und gewisse Arbeitsbereiche, bei denen es zweckmäßiger angewandt wird, natürlich bei. Die Wirtschaftlichkeitsgrenze hat sich aber, wie gerade die Erfahrungen der photogrammetrischen Abteilung des Bundesdenkmalamtes zu zeigen vermögen, sehr entschieden zugunsten der photogrammetrischen Verfahren verschoben.

Tellurometermessungen im Österreichischen Netz I. Ordnung

Von *Karl Rinner*, Graz

(Schluß)

Die Fehlerellipsen und Klaffungsvektoren wurden für die Konfigurationen SA (alle Strecken), RSA (alle Strecken und Richtungen), RSE (Strecken ohne Diagonalen und alle Richtungen) und R (Richtungen) in den Fig. 2a bis 2d graphisch im Maßstab 1:10 dargestellt.

Eine besondere Betrachtung sei angefügt, um die Bedeutung der aus der linearen Transformation ermittelten Werte zu erkennen. Durch diese Transformation wird der Zwang beseitigt, welcher bei der Netzausgleichung durch das Festhalten von 2 Netzpunkten eingeführt wurde. Da nach der Transformation bekanntlich die Schwerpunkte der Netze zusammenfallen und die Lagen aller Punkte Klaffungen mit minimaler Quadratsumme besitzen, geben die Restklaffungen ein besseres Maß für die Übereinstimmung der Netze als die Fehlerellipsen der Ausgleichung. Der durch die Netzausgleichung ermittelte Maßstabsfaktor λ muß mit dem Streckungsfaktor κ der Transformation multipliziert werden, um eine Aussage über den Maßstab des Landesnetzes machen zu können. Außerdem muß der für das Richtungsnetz (R) erhaltene Streckungsfaktor κ_R beachtet werden, dessen Ursache in den verschiedenen Ergebnissen der örtlichen Ausgleichung des Testnetzes und der im Verband des Landesnetzes erfolgten Ausgleichung der Landesaufnahme liegt. Der Maßstab des Landesnetzes wird daher durch den Faktor

$$\Delta = \lambda \kappa : \kappa_R = 1 + (\lambda - 1) + (\kappa - 1) - (\kappa_R - 1) \quad \dots (5)$$

in den durch Frequenzeichnung festgelegten Maßstab der Tellurometermessungen übergeführt. Die Werte Δ sind in Tab. 6, letzte Spalte, für jede Konfiguration berechnet.

2. 4 Diskussion der Ergebnisse:

Ein qualitativer Vergleich der in den Tab. 3 bis 6 mitgeteilten Werte führt zu den folgenden Ergebnissen:

1. Die Fehlermaße der kombinierten Richtungs- und Streckennetze (Konfigurationen RSA bis RSE) sind um etwa die Hälfte kleiner als die der Streckennetze (Konfigurationen SA bis SE), aber nur geringfügig kleiner als die entsprechenden Fehlermaße des Richtungsnetzes (Konfiguration R).

2. Die Güte der Ergebnisse aus Streckennetzen wird durch die langen Diagonalen beeinflusst. Ohne diese (Konfiguration SC) wird der kleinste mittlere Punktfehler erhalten. Werden nur diese zusätzlich zu den Seiten des Zentralsystems verwendet (Konfiguration SD), so folgt das schlechteste Ergebnis.

3. Alle Konfigurationen der kombinierten Richtungs- und Streckennetze ergeben nahezu gleichwertige Fehlermaße. Doch ist das Netz ohne Diagonalen (Konfiguration RSE) am besten und das Netz mit allen Diagonalen (Konfiguration RSA) am schlechtesten bestimmt.

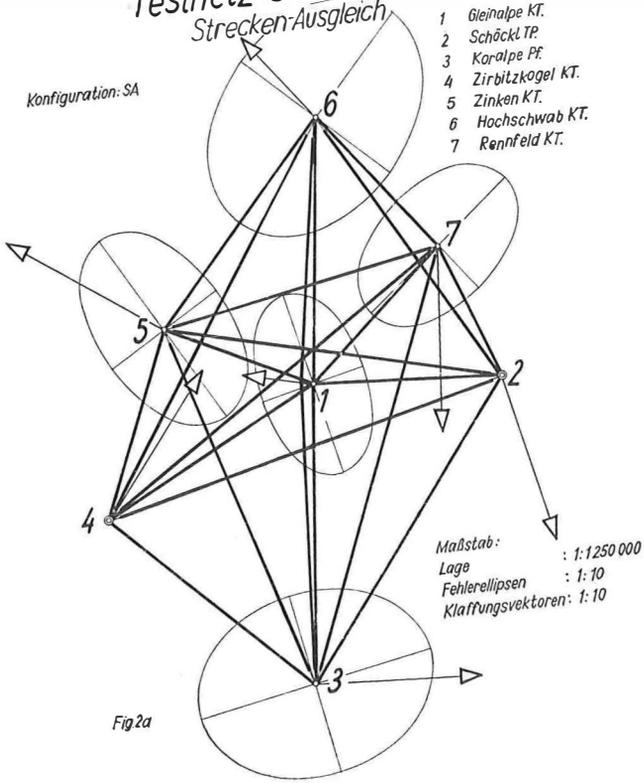
Durch dieses Ergebnis wird erneut darauf hingewiesen, daß kombinierte Richtungs- und Streckennetze zu optimalen Ergebnissen führen (siehe auch [7]).

Außerdem wird die bekannte Tatsache bestätigt, daß für lange Strecken nicht genügend repräsentative Werte für die Wellengeschwindigkeit aus Endpunktwerten abgeleitet werden können. Auch ist nicht auszuschließen, daß Reflexionseinflüsse wirksam sind. Es wäre daher wünschenswert, die Messungen mehrfach bei verschiedenem Wetter zu wiederholen und nach Möglichkeit die Meßperiode so zu wählen, daß ein Wetterzyklus erfaßt wird. Zur vollen Ausscheidung möglicher Reflexionen sollten exzentrische Messungen vorgesehen werden.

Auch die quantitative Analyse führt zu interessanten Ergebnissen:

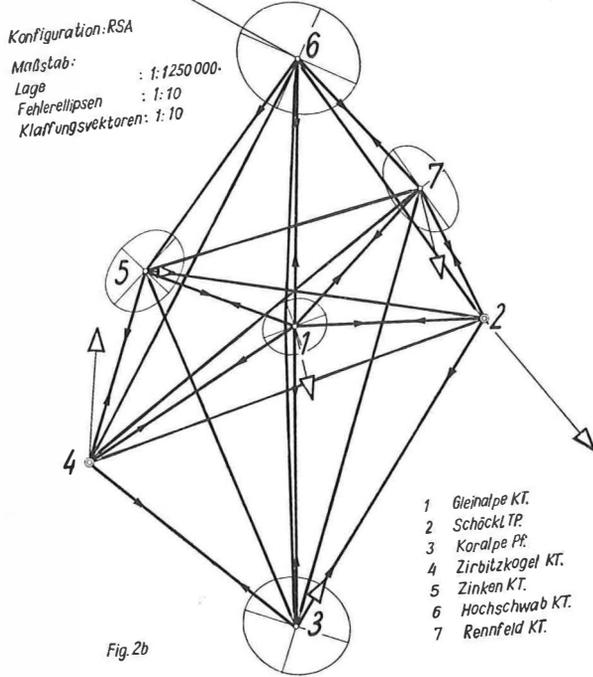
Testnetz Steiermark

Strecken-Ausgleich



Testnetz Steiermark

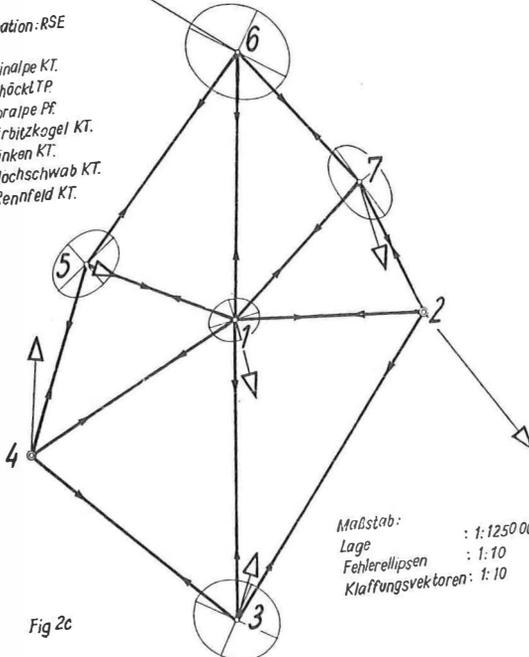
Kombinierter Ausgleich



Testnetz Steiermark
Kombinierter Ausgleich

Konfiguration: RSE

- 1 Gleinalpe KT.
- 2 Schöckl TP.
- 3 Koralmpe PF.
- 4 Zirbitzkogel KT.
- 5 Zinken KT.
- 6 Hochschwab KT.
- 7 Rennfeld KT.



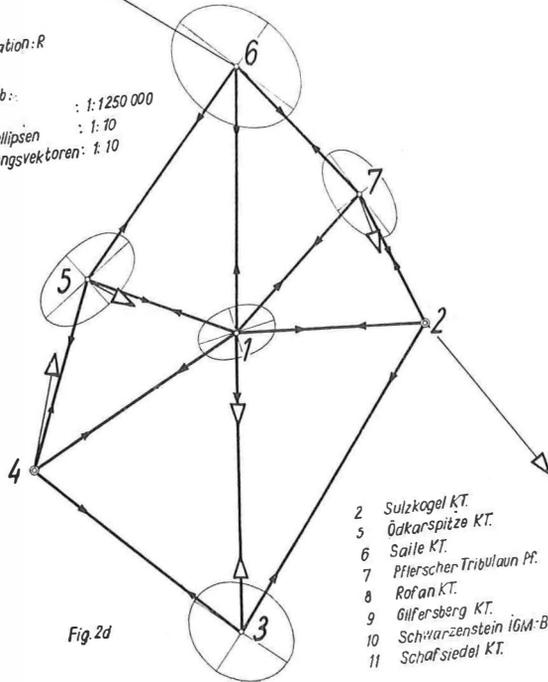
Maßstab: : 1:1250 000
Lage : 1:10
Fehlerellipsen : 1:10
Klaffungsvektoren: 1:10

Fig 2c

Testnetz Steiermark
Richtungs-Ausgleich

Konfiguration: R

Maßstab: : 1:1250 000
Lage : 1:10
Fehlerellipsen : 1:10
Klaffungsvektoren: 1:10



- 2 Sulzkogel KT.
- 3 Ödarspitze KT.
- 4 Saile KT.
- 5 Pflerscher Tribulaun PF.
- 6 Roßan KT.
- 7 Giffersberg KT.
- 8 Schwarzenstein iGM-B.
- 9 Schafsisdel KT.

Fig. 2d

1. Aus allen kombinierten Netzen (Konfigurationen *RSA* bis *RSE*) wird für den mittleren Richtungsfehler m_0 , mit guter Näherung die für die Gewichtsfestsetzung benutzte Größe von $\pm 0,73 \approx \pm 1^c$ erhalten. Dies bestätigt die Richtigkeit der eingeführten Gewichtsrelation für Strecken und Richtungen.

2. Für die Streckennetze werden mittlere Punktfehler zwischen $\pm 0,166$ m und $\pm 0,264$ m erhalten. Der mittlere relative Seitenfehler des Netzes liegt zwischen $\pm 2,7$ mm/km und $\pm 4,25$ mm/km, der Maßstabsfaktor zwischen $\pm 3,8$ mm/km und $\pm 7,2$ mm/km. Dieser kann für alle Netzkonfigurationen als reell angesehen werden.

3. Für das Richtungsnetz (Konfiguration *R*) folgt ein mittlerer Punktfehler von $\pm 0,090$ m. Der mittlere Fehler der ausgeglichenen Richtungen entspricht einem Streckenfehler von $\pm 3,2$ mm/km.

4. In den kombinierten Netzen liegt der mittlere Punktfehler zwischen $\pm 0,071$ m und $\pm 0,083$ m, der mittlere Seitenfehler zwischen $\pm 1,34$ mm/km und $\pm 1,39$ mm/km. Für den Maßstabsfaktor folgen zwischen ± 7 mm/km und $\pm 7,6$ mm/km liegende Werte, welche mit Fehlern von ± 1 mm/km behaftet sind.

5. Die mittlere Restklaffung hat für kombinierte Netze die Größenordnung von etwa ± 15 cm. Für das Richtungsnetz ist sie geringfügig größer, für Streckennetze steigt sie bis ± 18 cm an.

6. Die Koordinatenverbesserungen dy , dx liegen im Durchschnitt zwischen $\pm 0,1$ m und $\pm 0,3$ m. Für Punkt 6 (Hochschwab) steigen sie jedoch bis 0,6 m an. Es besteht daher die Vermutung, daß die Landeskoordinaten dieses Punktes besser bestimmt werden können.

7. Der Maßstab des österreichischen Netzes 1. Ordnung ist im Bereich des Testnetzes Steiermark um etwa 7 mm/km zu groß.

3. Testnetz Tirol

Der Maßstab des PAGEOS (Passiver Geodätischer Satellit) Weltnetzes wird auch aus Netzseiten abgeleitet, welche durch terrestrische Messungen bestimmt werden. Da diese Seiten Längen von etwa 4000 km besitzen, und als Raumstrecken durch den Erdkörper hindurch gehen, ist die terrestrische Bestimmung mit erheblichem Aufwand verbunden. Im einfachsten Fall kann die Ermittlung durch ein räumliches Polygon erfolgen, in dem jeder Punkt astronomisch orientiert wird und dessen Seiten direkt (mit elektromagnetischen Wellen) gemessen werden (s. [8]). Eine solche Bestimmung ist für die durch die USA führende Basis vorgesehen.

Für die europäische Basis des Weltnetzes, welche die Punkte *Tromsö* (Norwegen), *Hohen Peissenberg* (BRD) und *Catania* (Italien) verbindet, wird eine andere Bestimmungsart angewendet. Da entlang der Basis astronomisch orientierte und ausgeglichene flächenförmige Landesnetze vorhanden sind, ist es naheliegend, diese zu benutzen und den Maßstab der verwendeten Netzteile durch zusätzliche Streckenmessungen zu sichern. Außerdem müssen, da die Berechnung auf verschiedenen und verschieden orientierten Ellipsoiden erfolgte, zusätzliche astronomische Orientierungen insbesondere an den Nahtstellen vorgesehen werden (s. [9]).

Der österreichische Anteil dieser Basis führt durch Tirol (s. Fig. 1) und enthält einen Teil des österreichischen Netzes erster Ordnung, dessen Achse durch die Punkte Ödkarspitze (5), Saile (6) und Pferscher Tribulaun (7) geht. Es war daher nahelegend, zur Sicherung des Maßstabes die Seiten dieses Netzteiles durch direkte Messungen zu ermitteln. Aus politischen Gründen war es nicht möglich, den österreichischen Grenzpunkt Pferscher-Tribulaun (7) zu besteigen und von dort Messungen auszuführen. Aus diesem Grund wurde das Netz durch Hinzunahme des Punktes Schafsiedl (11) erweitert, so daß 2 Zentralsysteme entstehen, von denen eines streckenmäßig vollständig ausgemessen werden kann (s. Fig. 3 a). Durch gemeinsame Ausgleichung der in diesem Netz möglichen Streckenmessungen und der vorhandenen Richtungsmessungen der Landesaufnahme kann die Maßstabsbestimmung mit hoher Genauigkeit steigern*). Es ist beabsichtigt, nach Einlangen der erbetenen Genehmigung der italienischen Behörden, die Messungen von Grenzpunkt 7 nachzuholen und außerdem zusätzliche Diagonalen im Netz zu messen.

3. 1 Beschreibung des Netzes:

Das Netz enthält 8 Punkte in Höhen von 2300 bis 3300 m (s. Fig. 3 a), welche nach modernen Gesichtspunkten vermarktet sind. Alle Sichten im Netz sind zentrisch ohne Signalbau möglich. Außerdem bestehen noch Sichten zwischen den 7 Diagonalen (2, 5), (2, 9), (2, 11), (5, 7), (5, 10), (5, 11), (7, 11). Das Netz enthält demnach 15 Seiten, welche 2 Zentralsysteme bilden, sowie 7 Diagonalen. Für die Netzpunkte liegen aus Richtungsmessungen vom Bundesamt Wien ermittelten Koordinaten im Meridianstreifen M 28 (östl. Ferro) vor. Diese und die daraus abgeleiteten geographischen Koordinaten sind in Tab. 7 zusammengestellt.

Punkte	geographische Koordinaten		Gauß-Krüger Koordinaten				Höhe
			M28		MT.		
	φ	λ	y	x	y	x	H
2	47° 10' 57",7791	28° 40' 43",2231	+ 51 434,59	5 227 251,37	- 42 036,040	5 227 177,165	3 016,32
5	47° 24' 47",0810	29° 05' 29",5176	+ 82 365,19	253 213,54	- 10 700,089	252 645,623	2 745,40
6	47° 11' 33",8027	28° 59' 31",5928	+ 75 174,69	228 617,77	- 18 278,251	228 168,489	2 403,78
7	46° 59' 08",8667	29° 00' 21",5667	+ 76 522,35	205 629,49	- 17 293,246	205 163,351	3 097,67
8	47° 27' 29",5967	29° 27' 37",4003	+ 110 103,79	258 688,27	+ 17 118,665	257 679,300	2 259,19
9	47° 16' 06",4435	29° 24' 36",6785	+ 106 701,10	237 523,63	+ 13 381,743	236 574,189	2 506,12
10	47° 00' 38",1129	29° 32' 28",2742	+ 117 177,76	209 047,76	+ 23 406,254	207 940,833	3 368,73
11	47° 18' 54",1793	29° 46' 53",4097	+ 134 677,37	243 277,87	+ 41 440,781	241 884,245	2 447,29

Tabelle 7

Für die im Zuge dieser Untersuchungen auszuführenden Berechnungen wurde ein Gauß-Krügersches Meridianstreifensystem eingeführt, dessen Bezugsmeridian $\lambda = 29^{\circ} 14'$ (östlich Ferro) etwa in der Mitte des Netzes liegt und mit *MT* bezeichnet wird. Die für dieses System berechneten Koordinaten sind ebenfalls in Tab. 7 aufgeführt. Der Vorteil des Systems liegt in der geringeren Größe der Winkel- und Streckenreduktionen.

*) Über die vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen durchgeführten Geodimetermessungen der Seite 5, 6 wurde derzeit noch nicht berichtet.

Das Netz liegt im Hochgebirge, die Höhen der Punkte sind aus Tab. 7 zu ersehen. Die Durchführung der Messungen setzte neben den fachlichen Erfordernissen auch bemerkenswerte bergsteigerische Fähigkeiten der Observatoren voraus. Einige der Punkte, wie der 3100 m hohe Pferscher Tribulaun, können nur auf schwierigen Kletterwegen erreicht werden.

3. 2 Die Messungen:

Die Streckenmessungen im Netz wurden durch 2 Gruppen in der Zeit vom 8. 8. bis 16. 8. 1967 ausgeführt. Der Ablauf der Messungen und die während der Messung vorliegenden meteorologischen Bedingungen sind aus der nachstehenden Tab. 8 zu ersehen.

Datum	Seite	Wetterverhältnisse
1967		
8. 8.	9—5	Föhnstimmung, warm, windstill, gute Fernsicht
9. 8.	8—5	Schönwetter, Westwind
	6—5	heiter, Südwind
10. 8.	2—5	starker Regen, kalt, stürmische Winde, Nebel
	2—6	sonnig, nach mehrstündigem Schneetreiben neblig, kalt
11. 8.	9—6	WNW-Wind, neblig, kühl
12. 8.	10—6	starker Nebel, Wind, sehr kalt
	10—9	Schneefall, Nebel, Wind
13. 8.	10—11	Nebel, sonnig, Schneefall am Punkt 11
14. 8.	11—8	leichter SW-Wind, Nebel, sonnig
	11—9	Nebel, windig
15. 8.	9—8	Nebel, Regen, Wind
16. 8.	8—5	Wetterumschlag, plötzlich heiter, wolkig
	6—5	heiter, windstill

Tab. 8

Der Transport der Meßgruppen wurde durch geländegängige Puch-Hafinger durchgeführt. Die Ausführung der Messungen in kurzer Zeit war nur möglich, weil die Leiter der Meßgruppen *Dipl.-Ing. K. Fally* und *cand.-ing. W. Mendel* über hervorragende Bergerfahrungen verfügten und neben ihrem meßtechnischen Können auch bemerkenswerte organisatorische Fähigkeiten und Einsatzfreudigkeit zeigten. Auch die als Gehilfen tätigen Studenten haben durch ihren restlosen Einsatz die Durchführung der Messungen in jener knappen Zeit ermöglicht, welche durch die knappen zur Verfügung stehenden Geldmittel aufgezwungen wurde.

Jede Seite wurde mindestens in 2 Sätzen mit je 10 Frequenzen beobachtet. Die 25 km lange Strecke *Saile-Ödkarspitze* (5—6), welche in der Mittellinie der Satellitenbasis liegt, wurde an 2 verschiedenen Tagen beobachtet. Die um 25 cm voneinander abweichenden Tagesmittel wurden gemittelt. Die Messungen der meteorologischen Daten wurde nur in den Endpunkten ausgeführt. Vor und nach Beginn der Messungen erfolgte eine Frequenzzeichnung sowie eine Eichung der meteorologischen Geräte. Sämtliche Korrekturen sind in den mitgeteilten Meßergebnissen angebracht.

Die Streckenmessungen von Punkt 7 konnten, wie schon erwähnt, nicht ausgeführt werden. Es ist beabsichtigt, die Seiten (7, 2), (7, 4), (7, 5) und die Diagonalen (2, 5), (2, 9), (2, 11), (5, 7), (5, 10), (5, 11), (7, 11) später zu bestimmen.

Seiten	Δ_k	Δ_{gr}	$V \pm m_s$		δ_s	p_s
			S	RS		
			mm	mm		
25	40 380,49	40 380,771	+ 269 ± 148	+ 539 ± 113	386	0,55197
26	23 778,46	23 779,262	+ 158 ± 87	- 78 ± 99	279	1,59168
56	25 623,40	25 623,238	+ 185 ± 89	+ 308 ± 68	68	1,37090
58	28 270,50	28 270,321	+ 213 ± 94	+ 319 ± 76	26	1,12614
59	28 952,13	28 951,905	+ 169 ± 110	+ 358 ± 64	18	1,07371
69	32 756,85	32 756,698	+ 183 ± 68	+ 121 ± 57	36	0,83876
610	46 333,10	46 332,690	+ 371 ± 134	+ 391 ± 78	86	0,41924
89	21 433,91	21 433,609	+ 132 ± 81	- 116 ± 58	62	1,95907
811	29 000,85	29 000,658	+ 220 ± 96	+ 236 ± 74	323	1,07015
910	30 337,43	30 337,209	+ 166 ± 118	+ 340 ± 83	130	0,97794
911	28 557,07	28 556,874	+ 157 ± 67	+ 229 ± 57	286	1,10375
1011	38 436,95	38 436,733	+ 298 ± 120	+ 308 ± 89	510	0,60921

Δ_k ... Seite aus Koordinaten (im Rechensystem MT.)

Δ_{gr} ... gemessene, reduzierte Seite

δ_s ... Projektionsverzerrung

p_s ... Streckengewicht

Tabelle 9

Richtung	beobachtete Richtungssätze	ausgegl. Richtungen		Beob.-Jahr	Richtung	beobachtete Richtungssätze	ausgegl. Richtungen		Beob.-Jahr
		R	RS				R	RS	
2 5	121°09'42,323	50°53'49,73	50,03	1949	8 9	116°32'34,767	190°02'27,77	27,70	1953
2 6	157°52'29,588	87°36'35,25	35,27		8 5	186°14'46,138	259°44'37,66	37,67	
2 7	201°55'28,958	131°39'31,82	31,61		8 11	49°30'08,587	123°00'01,43	01,52	
5 9	0°00'06,572	123°43'04,66	04,60	1949	9 8	0°00'12,213	10°02'27,77	27,70	1953
5 6	73°29'10,438	197°12'08,21	08,05		9 11	69°14'45,284	79°17'02,07	01,93	
5 2	107°10'53,425	230°53'49,73	50,03		9 10	150°40'00,274	160°42'18,08	17,99	
5 8	316°01'39,147	79°44'37,66	37,67	1949	9 6	245°05'34,768	255°07'51,28	51,39	1953/54
6 5	0°00'10,316	17°12'08,21	08,05		9 5	293°40'48,268	303°43'04,66	04,60	
6 9	57°55'53,567	75°07'51,28	51,39		10 7	125°31'59,569	266°05'43,24	43,01	
6 10	98°41'10,636	115°53'07,23	07,32	1949	10 6	155°19'23,744	295°53'07,23	07,39	1953/54
6 7	160°20'55,603	177°32'51,61	51,63		10 9	200°08'35,960	340°42'18,08	17,99	
6 2	250°24'38,219	267°36'35,25	35,27		10 11	247°25'15,685	27°58'56,01	56,09	
7 6	0°00'22,055	357°32'51,61	51,63	öster-italien. Beob.	11 8	0°00'33,241	303°00'07,43	01,52	1953
7 10	88°33'15,221	86°05'43,24	43,01		11 10	264°59'22,791	207°58'56,01	56,09	
7 2	314°07'07,855	311°39'31,82	31,61		11 9	316°17'32,244	259°17'02,07	01,93	

Tabelle 10

Die gemessenen Seiten wurden meteorologisch und nach dem in [6] beschriebenen Programm geometrisch reduziert und in der Rechenebene des Systems *MT* abgebildet. Die reduzierten Seiten, sowie die Reduktionsgrößen sind in Tab. 9 zusammengestellt. Die Summe aller ermittelten 12 Seiten beträgt 373 km.

3. 3 Die Auswertung:

Alle Meßdaten wurden in den Meridianstreifen *MT* abgebildet. Die Punkte 6 (*Saile*) und 11 (*Schafsiedel*) wurden angehalten und für die übrigen durch strenge Ausgleichung (nach vermittelnden Beobachtungen) Koordinatenverbesserungen dx , dy , Koordinatenfehler m_x , m_y , sowie die Elemente a , b , θ der Fehlerellipse berechnet. Außerdem ein Maßstabsfaktor λ und sein Fehler m_λ für das Netz und die Verbesserungen v und die Fehler m_s der ausgeglichenen Netzseiten. Diese Werte sind in den Tab. 9, 11 und 12 aufgeführt.

Punkt	Konfiguration	dy	dx	a	b	θ	δ_y	δ_x
		mm	mm	mm	mm		mm	mm
2	S	- 980	+ 501				+ 512	- 221
	R	- 598	- 381	121	66	86° 10'	+ 311	+ 127
	RS	- 707	- 383	99	70	85° 36'	+ 363	+ 109
5	S	+ 150	- 22	124	81	130° 52'	- 258	+ 306
	R	- 95	+ 197	82	55	47° 48'	- 99	- 186
	RS	- 118	+ 189	74	57	50° 51'	- 115	- 174
6	S						- 297	+ 155
	R						- 150	- 161
	RS						- 190	- 177
7	S							
	R	+ 267	- 497	108	61	166° 33'	- 329	+ 203
	RS	+ 268	- 551	106	64	161° 50'	- 363	+ 225
8	S	+ 136	+ 268	122	87	5° 20'	- 21	- 103
	R	+ 63	+ 111	86	60	97° 39'	- 111	+ 31
	RS	+ 36	+ 143	76	61	100° 32'	- 102	+ 12
9	S	+ 54	- 72	103	67	175° 50'	- 83	+ 110
	R	- 13	+ 81	67	45	85° 25'	+ 20	- 77
	RS	- 43	+ 55	57	47	88° 08'	+ 32	- 55
10	S	- 67	- 52	134	119	105° 26'	- 51	- 166
	R	- 33	- 61	94	78	34° 40'	+ 203	- 68
	RS	- 54	- 71	89	77	36° 06'	+ 220	- 81
11	S						+ 197	- 81
	R						+ 153	+ 137
	RS						+ 156	+ 143

a, b ... Halbachsen der Fehlerellipsen

θRichtung der großen Halbachse a

δ_y, δ_x ... Restklaffungen

Tabelle 11

Die Gewichte der Richtungen wurden mit 1, die Seitengewichte nach der in Gl. (1) angegebenen Relation bestimmt. Die ermittelten Seitengewichte sind in Tab. 10, letzte Spalte, aufgeführt.

Als Genauigkeitsmaß wurde der mittlere Richtungsfehler m_0 (= mittlerer Gewichtseinheitsfehler) sowie nach Gl. 2 ein mittlerer Punkfehler \bar{m}_p und nach Gl. 3 ein mittlerer relativer Seitenfehler $\bar{\mu}_s$ des Netzes ermittelt.

Die Berechnung dieser Daten erfolgte für 3 verschiedene Netzkonfigurationen, welche wie folgt bezeichnet werden:

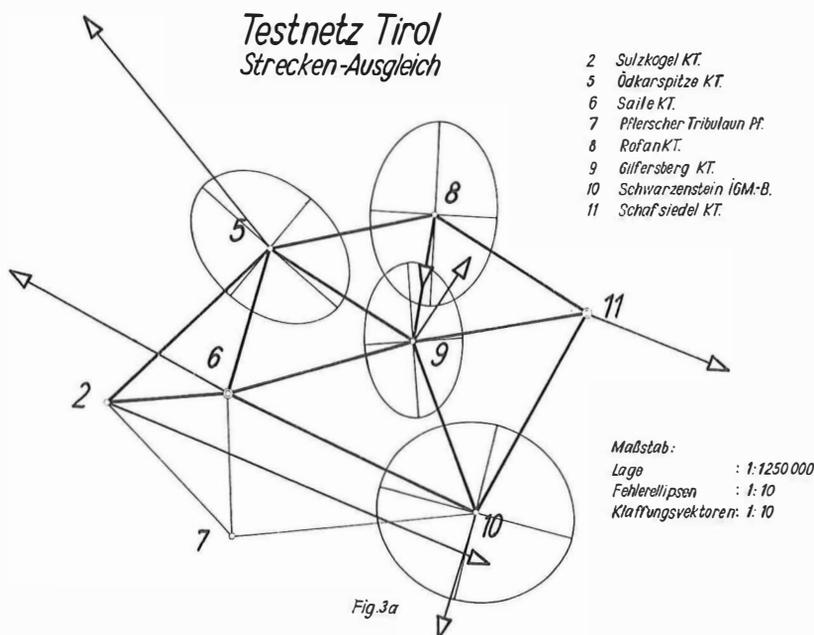
- S Streckennetz
- R Richtungsnetz
- RS Richtungs- und Streckennetz

Konfiguration	n	ü	m_0		$\lambda-1$	m_λ	\bar{m}_p	$\bar{\mu}_s$	P_0	Q_0	$\bar{\delta}$	$\kappa-1$	α	$\Lambda-1$
			mm/km	''	$\cdot 10^6$	$\cdot 10^6$	mm	mm/km						
S	10	1	3,1	0,29	6,7	1,9	152	3,21	+1540	+1 443	262	-7,0	-1,151	+5,6
R	30	10	5,6	0,52	—	—	113	—	+1443	- 793	196	-5,9	+0,753	—
RS	42	22	6,1	0,57	7,3	2,1	106	2,52	+1630	- 804	214	-6,7	+0,792	+6,5

n.....Anzahl der Bestimmungsgleichungen
 ü.....Anzahl der überschüssigen Beobachtungen
 \bar{m}_pmittlerer Punktlagefehler
 $\bar{\mu}_s$mittlerer relativer Seitenfehler
 $\bar{\delta}$mittlere Restklaffung

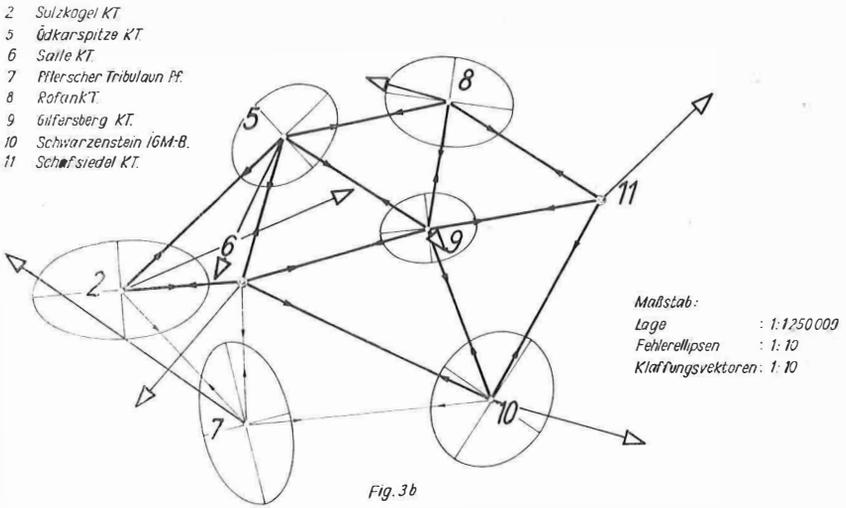
Tabelle 12

Die für das Gesamtnetz geltenden Werte λ (Maßstabsfaktor), m_0 , \bar{m}_p , $\bar{\mu}_s$, sowie die Anzahl der Bestimmungsgleichungen und der Überbestimmungen sind in Tab. 12 zusammengestellt. Die Berechnung erfolgte im Rechenzentrum Graz, nach dem in [6], Seite 64 bis 78 beschriebenen Programm.

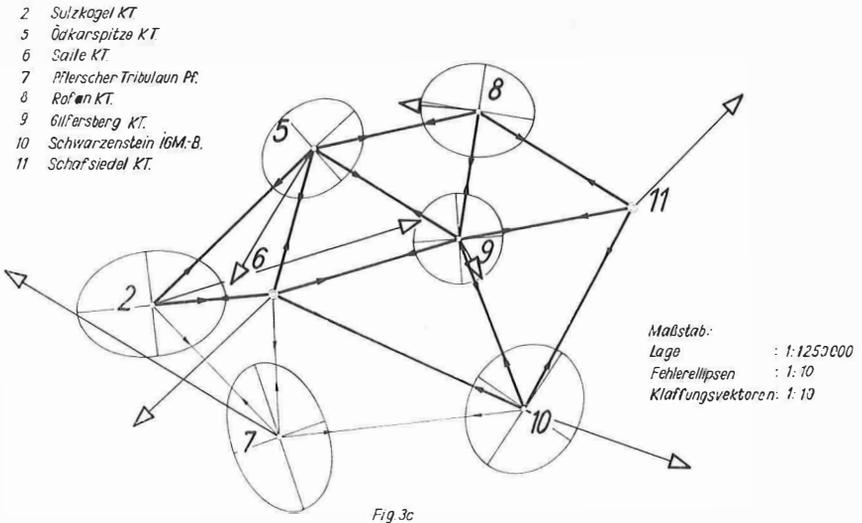


Um den durch die festgehaltenen Punkte eingeführten Zwang zu beseitigen, wurde im Anschluß an die Ausgleichung jedes Netz durch eine lineare Transformation auf das Landesnetz abgebildet. Die nach [6], Seite 25 bis 31, berechneten Transformationselemente (Verschiebungsgrößen p_0, q_0 , Maßstabsfaktor κ und Drehwinkel α) sind in Tab. 12 zusammengestellt. Die damit ermittelten Restklaffungen $\delta x, \delta y$ zeigt Tab. 11 und die nach Gl. [4] berechneten mittleren Restklaffungen $\bar{\delta}$ sind in Tab. 12 aufgeführt. Die Fehlerellipsen, Klaffungsvektoren und der nach Gl. (5) ermittelte Maßstabsfaktor sind auch für jede der 3 Konfigurationen in den Fig. 3a, 3b und 3c im Maßstab 1:10 graphisch dargestellt.

Testnetz Tirol
Richtungs-Ausgleich



Testnetz Tirol
Kombinierter Ausgleich



3, 4 Diskussion der Ergebnisse:

Aus den in den Tab. 9 bis 12 aufgeführten Werten können folgende Aussagen abgeleitet werden:

1. Im Streckennetz (Konfiguration *S*) liegen die Längen der Achsen der Fehlerellipsen zwischen 6 und 14 cm. Der mittlere Punktfehler erreicht eine Größe von ± 15 cm, der Mittelwert der relativen Fehler der ausgeglichenen Seiten beträgt $\pm 3,2$ mm/km*).

2. Im kombinierten Netz (Konfiguration *RS*) werden durchwegs bessere Ergebnisse erhalten als im Streckennetz. Die Fehlerellipsen sind fast kreisförmig, ihre Achsen erreichen maximal 10 cm. Der mittlere Punktfehler wurde mit ± 11 cm, der Seitenfehler mit $\pm 2,5$ mm/km ermittelt. Der hohe Richtungsfehler von $\pm 0,57$ weist auf die auch für Richtungen im Hochgebirge gegebenen schlechten Beobachtungsbedingungen hin. Der Versuch, an Stelle des a priori angenommenen Richtungsfehlers von $\pm 0,3''$ den aus der Richtungsangleichung (s. Ziff. 3) folgenden von $\pm 0,5''$ in eine neue Berechnung einzuführen, führte zu keiner Verbesserung der Ergebnisse.

3. Im Richtungsnetz (Konfiguration *R*) wird ein Richtungsfehler von $\pm 0,5$ erhalten, was die in Ziff. 2 gemachte Annahme bestätigt. Der mittlere Punktfehler beträgt ± 11 cm und liegt zwischen den für das Streckennetz und das kombinierte Netz erhaltenen Werten. Analoges gilt für die Elemente der Fehlerellipsen.

4. Für Punkt 2 werden in allen Konfigurationen erhebliche Koordinatenverbesserungen bis 1,0 m in *y* und 0,5 m in *x* erhalten, wobei die großen Achsen der Fehlerellipsen nur Beträge bis $\pm 0,1$ m erreichen. Ähnliches gilt für Punkt 7, von dem keine Strecken gemessen werden konnten. Daraus kann gefolgert werden, daß für diese Punkte im Landesnetz ein erheblicher Zwang besteht und bessere Koordinaten hierfür angegeben werden können.

5. Aus dem Streckennetz und aus dem kombinierten Netz folgt, daß der Maßstab des Landesnetzes um 6 mm/km zu groß ist, wobei der mittlere Fehler dieser Aussage bei ± 2 mm/km liegt. Dies stimmt mit dem im Testnetz Steiermark erhaltenen Wert gut überein.

Diese Aussagen weisen darauf hin, daß im Tiroler Netz nicht die gleichen homogenen Richtungsbeobachtungen vorliegen als im steirischen Netz. Aus diesem Grunde wäre es zweckmäßig, die Streckenmessung für die fehlenden vom Punkt 7 ausgehenden Seiten und die Netzdiagonalen nachzuholen und für die bereits ermittelten Seiten zu wiederholen.

Zusammenfassung

In den beschriebenen Netzen wurden Strecken bis 93 km mit einer Gesamtlänge von etwa 1340 km mit dem Tellurometer MRA 3 gemessen. Dies entspricht mehr als der doppelten Längsausdehnung des Österreichischen Dreiecksnetzes erster Ordnung. Als Ergebnis der Auswertung folgt aus beiden Netzen, daß ein Maßstabsfehler der Landesaufnahme von 6–7 mm/km vorliegt. Außer-

*) Punkt 2 ist durch 2 Seiten, also ohne Überbestimmungen festgelegt. Die nach dem Rechenprogramm sich ergebende Fehlerellipse ($a = 282$ mm, $b = 86$ mm), $\odot = 174^{\circ}28'$) stellen den nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz folgenden Beitrag der Ausgangspunkte dar. Diese Fehler des Punktes 2 wurden bei der Ermittlung der Fehlermaße des Netzes nicht berücksichtigt.

dem wird empfohlen, Maßstabsbestimmungen mit dem Tellurometer aus kombinierten Richtungs- und Streckennetzen ohne lange Diagonalen herzuleiten, die Messungen mehrfach zu wiederholen und weitere Refraktions- und Reflexionsstudien durchzuführen.

Summary

In the networks described distances of up to 93 kms with a total length of about 1340 kms were measured with the tellurometer MRA 3. This corresponds to more than double the longitudinal extension of the Austrian net of triangulation of the 1st order. The evaluation of the two networks shows a scale error of 6–7 mm/km in the topographical survey. It is recommended to derive scale determinations from combined direction and distance networks without using long diagonals by means of the tellurometer, repeat the measurements several times and carry out further refraction and reflection studies.

Résumé

Dans les réseaux décrits, les distances jusqu'à 93 kms. avec une longueur totale d'environ de 1340 kms. ont été mesurées au moyen du telluromètre MRA 3. Ceci correspond à plus de double l'extension longitudinale du réseau de triangles autrichien de premier ordre. L'évaluation des deux réseaux montre une erreur d'échelle de 7 mm/km dans la levée géodésique. En outre, il est recommandé de dériver les déterminations d'échelle de réseaux de directions et de distances sans employer de longues diagonales au moyen du telluromètre, de répéter à plusieurs fois les mesurages et de réaliser d'ultérieures études de réfraction et de réflexion.

Literatur:

- [1] Gerke, K.: Über d. Grundlinienmessungen und d. elektronisch gemessenen Dreiecksseiten erster Ordnung in Westdeutschland, DGK München, Reihe B, Heft Nr. 99.
- [2] Fischer, W.: Distomatmessungen im schweizerischen Triangulierungsnetz erster Ordnung, Schweizerische Zeitschrift für Verm.-Wesen, Kulturtechnik und Photogrammetrie, 1966 (S. 1–18).
- [3] Jordan, Eggert, Kneißl: Handbuch der Vermessungskunde, Bd. VI: Die Entfernungsmessung mit elektromagnetischen Wellen und ihre geodätische Anwendung. J. B. Metzlersche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1966.
- [4] Rimmer, K.: Über Schranken für die geodätische Anwendung der elektrischen Entfernungsmessung. DGK München, Reihe B, Heft 95, II. Teil (S. 9–23).
- [5] Benz, F.: Instrumentelle Möglichkeiten zur Verringerung des Einflusses der Bodenreflexionen, DGK München, Reihe B, Heft Nr. 123 (7 Seiten).
- [6] Rimmer, K.: Geodätische Programme im Rechenzentrum Graz. Mitteilungen d. Geodätischen Institute der Technischen Hochschule Graz, Folge 7 (191 Seiten).
- [7] Rimmer, K.: Entfernungsmessungen mit lichtelektrischen und elektrischen Geräten im Testnetz Graz, DGK München, Reihe B, Heft Nr. 123 (33 Seiten).
- [8] Rimmer, K.: Studie über die Bestimmung der Europäischen Basis für das PAGEOS-Weltnetz, DGK München, Reihe B, Heft 145 (S. 28–68).
- [9] Wolf, H.: Strenge Berechnung der Europäischen Traverse mit Einschluß des begleitenden Triangulationsstreifens, DGK München, Reihe B, Heft Nr. 145 (S. 113–127).
- [10] Bretterbauer, K.: Eine Statistik der Dreieckswidersprüche im Österr. Netz erster Ordnung. ÖZfV. 1967 (S. 29–34).

Buchbesprechungen

Günter Reissmann: Die Ausgleichsrechnung. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage. VEB-Verlag für Bauwesen, Berlin 1968, 318 Seiten, 74 Abbildungen, Preis 38 M (Ost), d. s. 273,60 ö. S.

Dem Verfasser, Dozent an der TU Dresden, habilitiert mit einer Arbeit über Fehler- und Genauigkeitsmaße bei der Punktbestimmung, lag es sichtlich fern, ein Lehrbuch wie etwa Wolf oder eine geistvoll-abstrakt-richtungsweisende Zusammenstellung wie Tienstra oder Linnik zu