

Paper-ID: VGI_197907



Das österreichische Dreiecksnetz 1. Ordnung in ED 77

Josef Litschauer ¹

¹ *An den langen Lüssen 7, A-1190 Wien*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie **67** (2), S. 57–74

1979

Bib_TE_X:

```
@ARTICLE{Litschauer_VGI_197907,  
Title = {Das {"o}sterreichische Dreiecksnetz 1. Ordnung in ED 77},  
Author = {Litschauer, Josef},  
Journal = {"0sterreichische Zeitschrift f{"u}r Vermessungswesen und  
Photogrammetrie},  
Pages = {57--74},  
Number = {2},  
Year = {1979},  
Volume = {67}  
}
```



Das österreichische Dreiecksnetz 1. Ordnung in ED 77

Von *Josef Litschauer*, Wien

1. Einleitung

Anläßlich des Abschlusses der Phase 1 von RETrig (Réseau Européen Trigonométrique) wurde in dieser Zeitschrift [3] die Stellung des österreichischen Netzes 1. Ordnung im Europeanetz 1974 untersucht. Nun soll dieser Bericht im Hinblick auf die inzwischen eingetretene Weiterentwicklung fortgesetzt werden.

Auf der Generalversammlung der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik (IUGG) im August 1975 in Grenoble wurden die Ergebnisse von RETRIG I vorgelegt und dasselbe für die nächste Generalversammlung hinsichtlich RETRIG II geplant. Tatsächlich hat die RETrig-Kommission dann auf ihrer Tagung in Brüssel im März 1977 beschlossen, RETRIG II abzuschließen und das Ergebnis als „European Datum 1977 (ED 77)“ zu bezeichnen, somit in Analogie zu ED 50 als markante Entwicklungsstufe hervorzuheben. Die zahlenmäßige Durchführung kam allerdings erst ein Jahr später zustande, da einige Teilnehmerstaaten noch jüngste Messungen beisteuern, also verbesserte Nahtmatrizen eingearbeitet sehen wollten. Österreich hat seinen Beitrag im November 1977 abgegeben.

Die Fortschritte von Phase 1 zu Phase 2 betreffen vier Erweiterungen:

- die Reduktion der Horizontalrichtungen wegen Lotabweichung
- die Bestimmung des Netzmaßstabes durch möglichst viele gemessene Dreiecksseiten
- die Bestimmung der Netzorientierung durch möglichst viele gemessene Laplace-Azimute
- die Einbeziehung von Satellitenstationen.

2. Die Lotabweichungskorrekturen

Bekanntlich wird bei der Horizontalwinkelmessung die Stehachse des Theodoliten in die örtliche Lotrichtung gestellt, während die übliche Netzbeziehung eine Stellung der Stehachse in der Ellipsoidnormalen durch den Standpunkt voraussetzt. Der Unterschied zwischen den beiden Achsenrichtungen ist die örtliche Lotabweichung. Über ihre Bestimmung und ihre Verwendung wird in [2] berichtet, ihr Einfluß wird später noch behandelt. Die Einführung der Lotabweichungskorrekturen bei den gemessenen Horizontalrichtungen in dieser Phase ist jedoch nur für den österreichischen Anteil kennzeichnend, manche Teilnehmerstaaten haben diesen Schritt schon bei RETRIG I getan, andere sind auch jetzt noch nicht so weit.

3. Die Seitenmessungen

Schon zu Beginn der RETrig-Planungen stand fest, daß die alten Basismessungen mit Stangenapparaten den modernen Genauigkeitsanforderungen nicht mehr genügen. Als Messung mit Invardrähten war 1941 die „Wiener Basis“ bestimmt worden, davon abgeleitet die Dreiecksseite 73/Königsberg – 84/Matznerwald. Weiters hat im Jahre 1952 Jugoslawien in seiner Nordwestecke die Basis von Radovljica gemessen und davon sowie vom zugehörigen Vergrößerungsnetz einen Auszug an Österreich übermittelt, sodaß die Länge der Nahtseite 32/Golica – 75/Košuta berechnet werden konnte. Im Jahre 1959 war Österreich an der Messung der Basis von Heerbrugg beteiligt, die davon abgeleitete Dreiecksseite 102/Pfänder – 119/Säntis gehört aber zum Block CH und wird daher erst über den internationalen Zusammenhang mit dem Schweizer Anteil für den österreichischen Anteil wirksam. Damit ist aber die Zeit der klassischen Basismessungen zu Ende gegangen, ihre Rolle wurde durch die elektronischen Seitenmessungen übernommen.

Die österreichische Vermessungsbehörde hatte dafür leider nur ein aus einer frühen Entwicklungsstufe stammendes Gerät zur Verfügung, dessen Einsatz auf Schwierigkeiten stieß, sodaß von den geplanten Seitenmessungen nur drei abgeschlossen wurden, nämlich 27–149, 99–116 und 116–143. Glücklicherweise konnten Messungen anderer Institutionen als Ergänzung herangezogen werden. So hatte das Institut für Landesvermessung und Photogrammetrie der Technischen Universität Graz in seinem „Testnetz Tirol“ die 12 Seiten 29–99, 29–112, 29–116, 29–131, 99–112, 99–116, 99–143, 103–116, 103–131, 103–143, 116–131 und 116–143 beobachtet. Es handelte sich um Tellurometer- also Mikrowellenmessungen, bei denen eine systematische, aber vorerst zahlenmäßig nicht bekannte Maßstabskorrektur nötig ist. Sie konnte erst aus der Ausgleichung als weitere Ausgleichungsunbekannte ermittelt werden. Bei dieser Gruppe von Beobachtungen handelt es sich also nur formal um Seitenmessungen, sachlich sind es Winkelmessungen ohne Theodolit. Von den vollwertigen Seitenmessungen fielen die meisten im Zusammenhang mit den Arbeiten am Satellitennetz an (siehe Kapitel 5). Vom genannten Institut der TU Graz stammen die 18 Seiten 16–35, 30–51, 30–74, 30–109, 30–127, 30–156, 30–157, 35–37, 37–156, 51–109, 51–156, 74–120, 74–127, 74–157, 79–141, 109–127, 120–157 und 156–157, von den beiden Instituten der Deutschen Geodätischen Kommission die 7 Seiten 5–9, 8–16, 8–60, 9–112, 9–146, 11–102 und 60–146. Die gemessenen Seiten sind im Netzbild der Abbildung 1 durch starke Linien bezeichnet.

Die mittleren Fehler und weiterhin die Gewichte der Vergrößerungsseiten wurden aus den Fehleruntersuchungen der Drahtmessungen und der Vergrößerungsnetze abgeleitet, für die bei den Satellitentraversen verwendeten Seiten wurden sie in Übereinstimmung mit den Traversenrechnungen angesetzt, und bei den übrigen Seiten in Analogie dazu nach den Angaben der

messenden Institute, in Abhängigkeit von Seitenlänge und Anzahl der Wiederholungen. Die Gewichte liegen zwischen 15 und 617 (für 1 als Gewicht einer auf der Station ausgeglichenen Horizontalrichtung), was mittleren Fehlern von ± 116 bzw. ± 18 mm entspricht.

4. Die Laplace-Azimute

Im österreichischen Netz sind sechs Laplace-Stationen enthalten, in denen folgende 12 Azimute bestimmt wurden: 27–20, 27–125, 27–149, 45–73, 45–129, 82–70, 82–79, 102–59, 116–29, 116–99, 127–52 und 127–109. Sie sind in Abb. 1 durch Pfeile angedeutet. Auf 102/Pfänder sind zwei weitere Azimute gemessen worden (nach Säntis und Kippenhausen), die aber außerhalb von Block A liegen und im Block CH verwendet werden. Die Messungen der geographischen Breiten und Längen und der Azimute sind in [2] ausführlich beschrieben. Als mittlerer Fehler der Azimute (eigentlich der Summen von Azimut und Meridiankonvergenz) ergab sich ziemlich einheitlich $\pm 0,20''$, somit wurde ihr Gewicht mit 5 eingeführt.

5. Die Satellitenstation

Im Anschluß an das von den USA aufgezogene Satellitenweltnetz haben die interessierten Institutionen ein entsprechendes europäisches Netz entwickelt, dessen Punkte ohne Heranziehung eines Bezugsellipsoids in einem räumlich cartesischen Koordinatensystem festgelegt werden. Durch astrophotogrammetrische Richtungsmessungen nach Satelliten als Zielpunkten werden Richtungsbeziehungen zwischen den Standpunkten ermittelt, der Maßstab des Ganzen muß aber durch terrestrische Messungen bestimmt werden. In Österreich wurde von dem in Kapitel 3 genannten Institut die Station Lustbühel (am Ostrand von Graz, nicht ident mit dem jetzigen Observatorium) eingerichtet. Diese ist Endpunkt der einen für die Maßstabsbestimmung des Satellitennetzes herangezogenen sogenannten Satellitentraversen, der andere Endpunkt ist Malvern bei London; eine zweite Traverse verbindet Tromsö in Nordnorwegen mit Catania auf Sizilien, Schnittpunkt der beiden ist die Station Hohenpeißenberg in Bayern. Die Traversen sind Polygonzüge, deren meiste Seiten elektronisch gemessen und deren Brechungswinkel aus begleitenden Dreiecksketten entnommen wurden. Für das Satellitennetz ist eine eigene Kommission der Internationalen Assoziation für Geodäsie (IAG) zuständig, die aber mit der RETrig-Kommission enge zusammenarbeitet, wie ja auch die Elemente der Traversen ebenso in RETrig aufscheinen und die zugehörigen Rechnungen am Deutschen Geodätischen Forschungsinstitut in München ausgeführt werden, das auch als RETrig-Rechenstelle fungiert. Es ist geplant, die beiden Netze zu vereinigen und gemeinsam auszugleichen. Als Vorbereitung sollten die Satellitenstationen in das Hauptsystem von RETRIG II einbezogen werden.

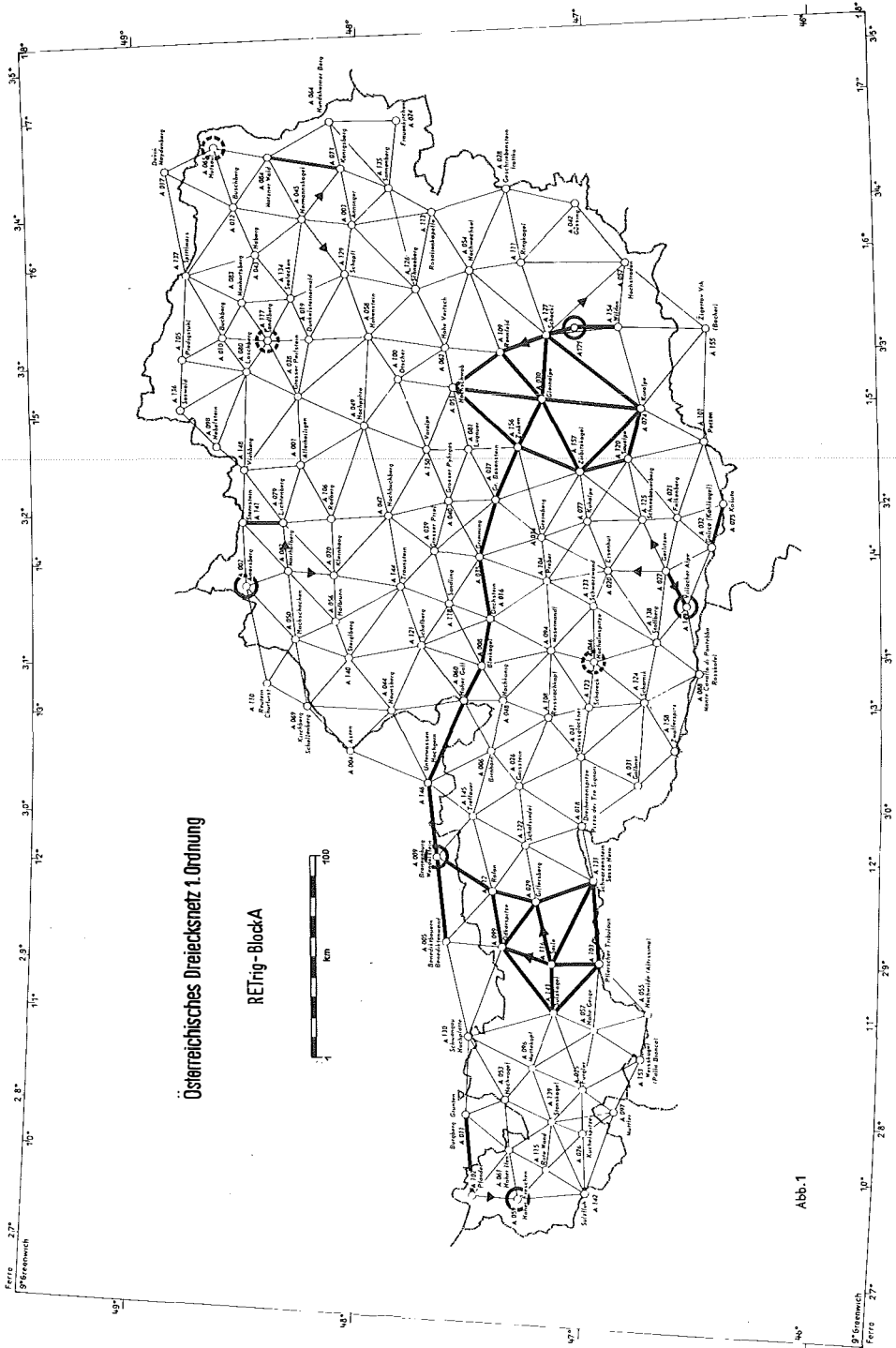


Abb. 1

Für Österreich bestand dabei das Problem darin, die Station Lustbühel in das bestehende Grundnetz einzugliedern, obwohl keine direkten Anschlußmessungen vorlagen. Die Satellitenstation war nur an einen Triangulierungspunkt 5. Ordnung in Gebrauchskordinaten angeschlossen, und es kam nicht in Frage, die dazwischen liegenden Stufen mit ihren Dutzenden von Zwischenpunkten in die RETrig-Rechnung zu übernehmen. Als Ersatz dafür habe ich je eine fingierte Winkel- und Seitenmessung in den nächstgelegenen zwei RETrig-Punkten 127/Schöckl und 154/Wildon angesetzt. Als Messungswerte wurden solche Zahlen eingeführt, daß die gegenseitige Lage aus dem Gebrauchsnetz möglichst widerspruchsfrei in ED 77 übertragen wurde, als Gewichte solche Werte, daß eine selbständige Einzelpunkteinschaltung eine fast kreisförmige Fehlerellipse mit 32 mm Halbachsenlänge ergab, das war dieselbe Genauigkeit, auf die die tatsächliche stufenweise Netzeinschaltung geführt hatte. So konnte der Punkt Lustbühel formal wie jeder andere RETrig-Punkt behandelt werden, seine Einschaltung brachte keinen Zwang in das Grundnetz, und die relative Fehlerellipse für die Verbindung zwischen Lustbühel und irgend einem anderen RETrig-Punkt entspricht der Genauigkeit der tatsächlichen Punktbestimmung.

6. Die Ausgleichung

Die weitere Bearbeitung entspricht der von RETRIG I, nur die Anzahl und Form der Fehlergleichungen wird durch die hinzukommenden Beobachtungen verändert. Der österreichische Anteil enthält für 127 Netzpunkte (einschließlich Lustbühel) 801 Beobachtungen, das Normalgleichungssystem hat 413 Gleichungen, das teilreduzierte System 67 Gleichungen. An RETRIG II sind folgende Staaten beteiligt: A, B, CH, D, DK, E, F (vorerst nur Horizontalrichtungen), GB, I, IRL, L, N, NL (noch ohne Seitenmessungen), P, S, SF. Von diesen 16 Anteilen sind einige von Anfang an zusammenhängend behandelt, sodaß Nahtmatrizen von 10 Blöcken zu vereinigen waren. In jeder davon steckt aber ein willkürlicher Faktor, nämlich der Zähler k , der bei der Gewichtsberechnung $p_i = k/m_i^2$ bekanntlich für jede selbständige Ausgleichungsaufgabe nach praktischen Gesichtspunkten frei gewählt werden kann. Die einzelnen Nahtmatrizen wurden daher dadurch vereinheitlicht („standardisiert“), daß jede mit dem Quotienten $u/[pvv]$ multipliziert wurde, wobei u die Zahl der jeweiligen Überbestimmungen und $[pvv]$ den aus einer vorläufigen vollständigen Reduktion des nationalen Normalgleichungssystems sich ergebenden Endwert des quadratischen Absolutgliedes bedeutet. Anders ausgedrückt, jedes Normalgleichungssystem wird so transformiert, daß es als mittleren Fehler der Gewichtseinheit die (unbenannte) Zahl 1 ergibt.

Das Hauptsystem enthält 341 Normalgleichungen für 123 Naht- und 31 sonstige Punkte, es faßt ein Netz von über 3500 Punkten mit 24 200 Beobach-

Tabelle 1

Nr.	Name des Punktes	Gebrauchernetz → ED 77			G → Z	Z → R	R → L	L → S	S → A	A → E
		Gesamt	Westteil	Ostteil						
1	Allerheiligen	+372 - 72		+289 -248	+189 -59	-68 +119	-7 +40	+192 -167	-76 -151	-7 +21
2	Ameisberg	+174 - 604		+57 -728	+128 -242	-19 +259	-23 +20	+206 -446	-306 -246	-17 +42
3	Anninger	-73 + 500		-112 +219	-372 -34	-149 -135	-15 +9	+157 +366	+204 -57	-11 -4
4	Asten	-254 + 184		-336 +142	+117 +557	+150 +248	-23 -6	-142 -485	-348 +130	-113 -108
5	Benediktbeuern, B.wd.	+555 + 215	-504 +222	+505 +264	+747 +389	+171 +18	-25 +5	-276 +12	+2 +168	-73 -45
6	Birnhorn	-163 + 77		-183 +42	+104 +273	+137 +211	+22 -16	-129 -360	-229 +109	-42 +11
8	Bleikogel	-307 + 300		-326 +236	-85 +411	+132 +188	+21 +10	-104 -355	-236 +97	-18 +17
9	Braunenburg, Wnd.st.	+103 + 223		+53 +234	+340 +420	+150 +134	-17 -6	-234 -182	-139 +165	-17 -57
10	Buchberg	+458 + 325		+351 +86	-22 +162	-215 +43	-18 +27	+418 +74	+86 -227	-12 -1
11	Burgberg, Grünten	+204 -1376	-227 -167		+50 -1258	-8 -555	-61 -14	-343 +823	+533 +142	+50 -18
12	Buschberg	+118 + 661		+28 +363	-434 +152	-273 -91	-17 +18	+427 +381	+210 -161	+2 -14
16	Dachstein	-232 + 125		-243 +30	-45 +302	+130 +162	+29 -17	-96 -415	-217 +94	-8 +22
17	Dövin	+269 + 762		+153 +442	-477 +200	-354 -92	-14 +25	+588 +450	+263 -210	-1 -25
18	Dreiherrnspitze	+197 - 217		+212 -213	+464 +54	+83 +260	+62 -20	+9 -352	-220 +18	-89 +43
19	Dunkelsteinerwald	+254 + 240		+165 +8	-66 +10	-130 -1	-10 +24	+227 +95	+75 -138	+1 +6
20	Eisenhut	-58 + 258		-15 +149	+260 +236	+221 +109	+29 -6	-245 -340	-202 +182	+15 +54
21	Falkenberg	+109 + 152		+188 +24	+421 +140	+319 +21	+70 -25	-373 -337	-177 +252	+53 +30
24	Frauenkirchen	-570 + 657		-579 +333	-801 -147	-136 -256	-35 +9	+72 +610	+282 -4	+25 -8
25	Furpler	-308 - 694	+10		-323 -145	-323 -272	-46 -13	+332 +639	+381 -262	-3 -172
26	Gaisstein	+22 + 165		+13 +148	+303 +367	+121 +220	+20 +11	-98 -337	-217 +89	-53 +22
27	Gerlitzten	+7 + 254		+76 +149	+328 +292	+307 +118	+21 -28	-298 -388	-199 +176	+38 +63
28	Geschriebeinstein	-549 + 13		-516 -271	-501 -667	-14 -243	-12 -27	-260 +459	+272 +99	+24 +11
29	Giltersberg	+368 + 4		+360 +40	+591 +287	+46 +152	+16 +5	-29 -125	-93 -4	+19 -20
30	Gleinalpe	+102 + 99		+131 -90	+288 -145	+114 -52	+11 -7	-231 -56	-19 +155	+19 +18
31	Gölbner	-107 - 176		-64 -187	+249 +5	+115 +555	+77 -26	-27 -444	-293 +52	-62 +64
32	Gollica	+165 + 122		+256 +10	+493 +192	+410 +46	+24 -31	-380 -405	-230 +246	+80 +33
34	Graimberg	-110 + 252		-94 +124	+123 +202	+152 +83	+26 +3	-185 -260	-159 +139	+7 +32
35	Grimming	-169 + 189		-181 +66	-35 +222	+111 +114	+28 +6	-85 -292	-173 +82	+1 +21
37	Grober Bosenstein	-42 + 151		-42 +3	+103 +42	+105 +61	+17 +6	-123 -165	-123 +94	+11 +23
38	Großer Peillstein	+301 + 137		+223 -70	+51 +31	-110 +59	-23 +25	+230 -31	+11 -149	-6 +12

39	Großer Priel	-169	+ 130	-221	+ 2	-130	+172	+ 76	+124	+40	+19	- 31	-282	-174	+ 36	+ 3	+ 20
40	Großer Pyhrngas	-131	+ 134	-152	- 16	- 73	+ 73	+ 65	+ 80	+21	+ 9	- 45	-181	-120	+ 44	+ 8	+ 20
41	Großglockner	+ 92	+ 140	+111	+113	+598	+304	+133	+263	+50	- 6	- 76	-396	-249	+ 82	- 53	+ 47
42	Güssing	-426	- 247	-365	-520	-218	-898	+ 57	-261	+13	-50	-438	+387	+253	+192	+ 25	+ 17
43	Haberg	+165	+ 457	+ 80	+183	-304	+ 71	-224	- 57	-15	+16	+370	+275	+155	-169	- 2	- 7
44	Haunsberg	-251	+ 80	-313	+ 21	+ 44	+329	+127	+220	-34	+13	-110	-427	-291	+ 87	- 56	- 31
45	Hermannkogel	- 42	+ 532	-103	+245	-396	+ 10	-200	-114	-17	+15	+271	+370	+154	-105	+ 7	- 7
46	Hochalmkogel	-253	+ 239	-221	+171	+ 68	+336	+184	+192	+27	- 6	-152	-412	-242	+131	- 15	+ 64
47	Hochbuchberg	+ 70	+ 288	+ 21	+141	+ 83	+305	+ 26	+118	- 8	+26	+ 42	-233	-144	- 24	+ 3	+ 22
48	Hochkönig	-409	+ 171	-421	+114	-138	+316	+139	+204	+15	- 6	-120	-366	-240	+103	- 29	+ 21
49	Hochpyhra	+117	+ 196	+ 65	+ 6	+ 7	+ 76	- 40	+ 51	-12	+37	+100	- 74	- 32	- 73	+ 4	+ 17
50	Hochschachen	-179	- 403	-277	-502	- 89	-113	+ 42	+240	- 8	+26	+ 64	-469	-355	- 88	+ 11	+ 40
51	Hochschwab	-109	+ 377	-118	+177	-115	+177	+ 24	- 28	+ 8	+ 1	- 59	- 1	+ 13	+ 12	+ 17	+ 19
52	Hochstraden	- 4	+ 366	+ 73	-610	+318	-884	+132	-228	+33	-51	-526	+199	+177	+267	+ 23	+ 22
53	Hochvogel	+228	-1133	+ 30	-155	+ 26	-845	-118	-434	-24	-38	-101	+729	+466	- 4	+ 32	- 61
54	Hochwechel	-243	+ 21	-234	-230	-251	-473	- 13	-147	-17	+17	-125	+260	+160	+ 46	+ 22	+ 12
55	Hochwilde	-437	+ 280	+ 55	+248	-414	+1036	-348	- 61	-37	+53	+571	+165	+ 85	-376	-171	-144
56	Hofbrunn	-270	- 200	-351	-304	-166	+ 17	+ 48	+210	-18	+25	+ 33	-412	-292	- 49	+ 4	+ 33
57	Hohe Geige	-102	- 151	+ 8	+ 33	-126	+427	-240	-131	- 5	+10	+307	+310	+189	-238	- 94	-119
58	Hohenstein	+ 49	+ 262	+ 136	-1717	-155	- 7	- 78	- 37	- 5	+21	+106	+110	+ 93	- 83	+ 8	+ 10
59	Hoher Freschen	-136	-1717	+ 61	- 61	-718	-1538	-383	-759	-92	-28	+ 54	+400	+864	-141	+213	- 76
60	Hoher Göll	-163	+ 156	-192	+ 97	+ 60	+315	+130	+203	+40	- 3	-119	-363	-245	+101	- 28	+ 5
61	Hoher Ifen	+ 91	-1296	- 79	- 4	-304	-1096	-234	-604	-58	-34	- 49	+059	+663	- 47	+136	- 46
62	Hohe Veitsch	- 70	+ 215	+ 36	+ 36	-110	- 53	- 3	- 62	+ 3	+ 3	- 51	+ 81	+ 66	- 5	+ 15	+ 16
64	Hundsheimer Berg	-238	+ 886	-276	+557	-632	+117	-219	-222	-27	+13	+225	+595	+294	- 58	+ 18	- 13
65	Hutsaul	- 55	+ 841	-147	+515	-689	+196	-321	-141	-16	+19	+480	+516	+269	-160	+ 6	- 23
69	Kirchberg, Schellenb.	-461	- 131	-560	-197	-274	+165	+ 89	+257	-14	+ 6	- 35	-516	-413	+ 28	+ 37	+ 36
70	Klein-Haag	+ 29	- 231	- 49	+356	+ 56	- 70	+ 18	+189	-12	+33	+ 77	-351	-231	- 82	- 1	+ 29
73	Königsberg	-219	+ 717	-257	+410	-561	+ 49	-188	-183	-26	+ 7	+195	+498	+251	- 53	+ 14	- 29
74	Koralpe	+195	+ 73	+267	-105	+530	-123	+218	- 89	+24	-35	-396	-159	- 30	+286	+ 21	+ 20
75	Koštuta	+ 26	- 31	+126	-161	+423	+ 9	+374	- 29	+43	-34	-438	-376	-200	+300	+ 70	+ 17
76	Küchelspitze	-436	-1080	+ 15	+ 53	-833	-530	-405	-598	-60	-48	+375	+888	+527	-301	+ 69	-182
77	Kuhalpe	- 24	+ 185	+ 269	+113	+269	+113	+197	+ 58	+37	-14	-266	-263	+187	-159	+ 17	+ 34

79	Lichtenberg	+447	- 227		+351	-378	+341	- 69	- 47	+181	-26	+26	+184	-294	-160	-168	- 13	+ 28
80	Loschberg	+401	+168		+302	- 54	+ 11	+ 56	-173	+ 64	-19	+29	+353	+ 6	+ 42	-209	- 10	+ 6
81	Lugauer	- 69	+112		- 77	- 59	- 11	- 38	+ 66	+ 27	+16	+ 5	- 82	- 96	- 64	+ 59	+ 13	+ 20
82	Mairhofberg	+279	- 434		+181	-562	+286	-178	- 6	+219	-13	+28	+141	-381	-284	-174	- 10	+ 29
83	Manhartsberg	+270	+ 308		+176	+ 54	-193	+ 44	-216	- 2	-15	+22	+355	+162	+117	-198	- 7	- 3
84	Matznerwald	- 32	+ 831		-101	+514	-523	+173	-262	-156	-19	+14	+351	+505	+246	-113	+ 11	- 15
88	Monte Cavallo di P.	-372	+ 590		-295	+532	- 16	+697	+290	+148	+63	- 8	-194	-518	-295	+ 178	+ 2	+169
94	Mosemandl	-296	+ 282		-283	+206	- 15	+376	+162	+181	+18	+ 5	+134	-388	-230	+120	- 15	+ 43
96	Muttekopf	+174	- 748	+ 68 - 73			+ 58	-374	-142	-298	-19	-17	+ 30	+546	+343	- 80	- 19	- 77
97	Muttler	-642	- 771	- 43 - 14			-918	- 90	-459	-270	-78	-17	+533	+728	+418	-388	+ 19	-245
98	Nebelstein	+554	- 274		+435	-464	+185	-175	-158	+152	-20	+24	+383	-171	- 44	-265	- 20	+ 16
99	Ödkarspitze	+455	+ 87	-198 - 3	+429	+142	+562	+366	+ 82	+ 12	+18	- 1	-111	+ 30	+ 23	+ 53	- 76	- 38
100	Ötscher	- 16	+ 424		- 49	+216	-131	+241	- 30	- 10	+ 7	+10	+ 44	+ 17	+ 31	- 54	+ 8	+ 15
101	Petzten	-103	+ 444		- 7	+285	+303	+320	+310	- 85	+62	-22	-483	-269	-111	+347	+ 45	+ 14
102	Pfänder	+192	-1600	+ 65 +173			-409	-1655	-213	-883	-400	+20	-263	+4339	+884	+ 96	+326	- 46
103	Pflerscher Tribulaun	+150	+ 309	+218 + 60	+166	+376	+292	+862	-144	+ 28	+22	+42	+245	- 23	+ 10	-196	-142	- 54
104	Preber	-189	+ 254		-173	+145	+ 73	+284	+164	+121	+23	- 3	-177	-336	-193	+136	+ 1	+ 39
105	Predigstuhl	+697	+ 257		+571	+ 25	+150	+183	-243	+ 87	-22	+27	+499	+ 9	+ 75	-278	- 19	0
106	Radberg	+211	+ 47		+137	-102	+157	+111	- 13	+152	- 9	+41	+109	-258	-151	- 97	- 3	+ 25
108	Reibrachkopf	- 61	+172		- 54	+126	+254	+335	+142	+218	+12	-20	-113	-383	-240	+101	- 37	+ 38
109	Rennfeld	+206	+ 65		+220	-147	+275	-224	+ 56	- 80	+ 3	+ 3	-153	+ 57	+ 50	+ 61	+ 18	+ 20
110	Reutern,Churfürst	-481	- 378		-595	-459	-323	- 34	+ 64	+276	- 1	+15	+ 39	-540	-456	- 68	+ 11	+ 54
111	Ringkogel	-194	-100		-162	-351	- 95	-607	+ 34	-178	+ 9	-23	-277	+263	+182	+116	+ 22	+ 16
112	Rofan	+313	+125		+286	+154	+530	+344	+108	+130	+ 2	0	-146	-131	- 87	+ 88	- 23	- 22
113	Rosalienkapelle	-316	+ 260		-319	- 20	-431	-333	- 80	-186	-35	-10	- 30	+404	+221	+ 18	+ 24	+ 4
115	Rote Wand	-295	-1431	+ 9 - 74	+437	+210	-788	-1063	-395	-588	-66	-63	+208	+1355	+700	-216	+146	-113
116	Saile	+442	+145	+183 + 33			+602	+586	- 52	- 4	-14	+ 2	+ 56	+ 45	+ 42	- 88	-102	- 45
117	Sandlberg	+284	+ 268		+198	+ 34	- 86	+ 70	-169	+ 19	-17	+29	+313	+ 81	+ 74	-179	- 6	+ 3
118	Sandling	-252	+ 96		-281	- 8	- 96	+217	+103	+159	+10	+24	- 61	-372	-214	+ 61	- 7	+ 16
120	Saualpe	+128	+ 309		+189	+152	+470	+155	+224	- 29	+31	-19	-364	-203	-100	+258	+ 24	+ 20
121	Schafberg	-325	+176		-369	+ 90	-130	+341	+102	+190	+ 4	+18	- 76	-388	-250	+ 58	- 15	+ 7
122	Schafssiedel	+207	- 34		+197	- 25	+463	+211	+ 95	+205	+22	- 7	- 76	-265	-168	+ 52	- 68	+ 9
123	Schareck	-114	+ 360		- 88	+312	+210	+494	+168	+219	+28	- 2	-113	-410	-253	+107	- 35	+ 60

124	Scharnik	- 80 + 224	- 29 + 177	+292	+381	+187	+220	+55	-26	-133	-461	-280	+123	-30	+ 91
125	Schneebauerberg	+ 90 + 202	+155 + 72	+429	+155	+265 + 40	+220	+55	-23	-332	-502	-186	+227	+ 30 + 36	
126	Schneeberg	+109 + 174	+ 93 - 74	- 37	-249	- 58	-106	+ 5	+34	+ 7	+222	+143	- 28	+ 17 + 8	
127	Schöckl	+316 + 13	+52 -204	+489	-420	+ 92	-118	+ 5	- 9	-500	+104	+ 97	+191	+ 19 + 22	
129	Schöpfel	+ 81 + 191	+ 34 - 68	-223	-179	-132	- 82	- 7	+21	+166	+247	+166	+123	+ 9 + 1	
130	Schwangau, Hochplatte	+680 - 837	+ 37 -203	+632	-731	+114	-281	-25	-26	-267	+435	+250	+122	- 29 + 64	
131	Schwarzenstein	+345 - 158	+364 -129	+592	+190	- 6	+282	+60	+15	+123	-219	-170	-120	-126 - 14	
133	Schwarzwand	- 90 + 285	- 54 +189	+213	+316	+205	+144	+28	- 2	-199	-376	-215	+134	+ 2 + 58	
134	Seelacken	+119 + 229	+ 46 - 23	-242	- 69	-171	- 35	- 8	+17	+278	+185	+109	-155	+ 0 + 0	
135	Sonnenberg	-288 + 518	-307 +224	-509	-116	-128	-189	-26	+ 1	+ 76	+458	+227	- 20	+ 19 - 4	
136	Soswald	+718 - 162	+586 -371	+225	-112	-212	+140	-25	+30	+480	-107	+ 15	-300	- 24 + 8	
137	Spittelmais	+478 + 599	+362 +329	-142	+308	-283	+ 2	-18	+20	+517	+210	+163	-238	- 9 - 12	
138	Staffberg	- 86 + 543	- 25 +470	+267	+615	+255	+175	+43	-15	-210	-455	-258	+168	0 +104	
139	Stamskogel	-155 -1032	-437 -206	-478	-627	-296	-422	-44	-37	+187	+841	+514	-184	+ 62 -125	
140	Steiglberg	-361 - 120		-196	+107	+ 76	+222	-22	+19	- 18	-437	-317	+ 4	+ 10 + 26	
141	Sternstein	+441 - 344	+328 -498	+235	-131	- 77	+208	-29	+25	+283	-315	-162	-232	- 14 + 31	
142	Sulzfluh	-693 -1531		-1285	-1045	-560	-563	-86	-53	+477	+1270	+739	-399	+159 -178	
143	Sulzkogel	+246 - 211		+266	+230	-116	-134	+ 9	+ 8	+ 93	+260	+166	-112	- 80 - 66	
144	Trauns tein	-201 - 115	-250 -231	-109	+ 13	+ 65	+160	+ 3	+15	- 4	-343	-217	+ 8	+ 1 + 22	
145	Treffauer	- 12 + 77	- 44 + 71	+233	+286	+138	+185	+10	-10	-154	-290	-186	+122	- 42 - 3	
146	Unterwössen, Hochgern	-235 + 24	-285	+ 60	+282	+163	+200	-23	-24	-194	-372	-230	+143	- 42 - 26	
148	Vieberg	+518 - 260	+409 -438	+233	-143	-114	+160	-27	+18	+116	-205	- 80	-233	- 14 + 22	
149	Villacher Alpe	- 60 + 550	+ 16 +463	+280	+617	+317	+151	+28	-15	-280	-460	-238	+186	+ 42 + 86	
150	Voralpe	-169 + 176	-196 + 1	-172	+ 64	+ 27	+ 42	+ 4	+12	- 9	-103	- 62	+ 5	+ 9 + 18	
153	Weißkogel	-670 - 192		-751	+557	-374	-111	-59	+ 8	+588	+414	+227	-405	-124 -218	
154	Wildon	+169 - 321	+239 -537	+467	-749	+161	-162	+44	+32	-460	+ 60	+ 92	+291	+ 22 + 20	
155	Zigertov Vrh	+501 -1034	+608 -1243	+965	-1416	+246	-204	+64	-50	-625	- 25	+ 62	+400	+ 23 + 14	
156	Zinken	+ 86 + 98	+100 - 71	+231	- 88	+108	+ 4	+16	0	-155	- 99	- 76	+118	+ 17 + 23	
157	Zirbitzkogel	- 85 + 225	- 46 + 71	+213	+ 56	+176	+ 7	+22	-11	-293	-165	-110	+201	+ 20 + 22	
158	Zwölferspitze	-285 - 47	-224 - 71	+ 91	+ 50	+202	+402	+78	-50	- 75	-493	-320	+ 92	+ 64 +101	
	Mittlere Reseklaffung	±587	±397	±599	±300	±42	±513	±318	±85						



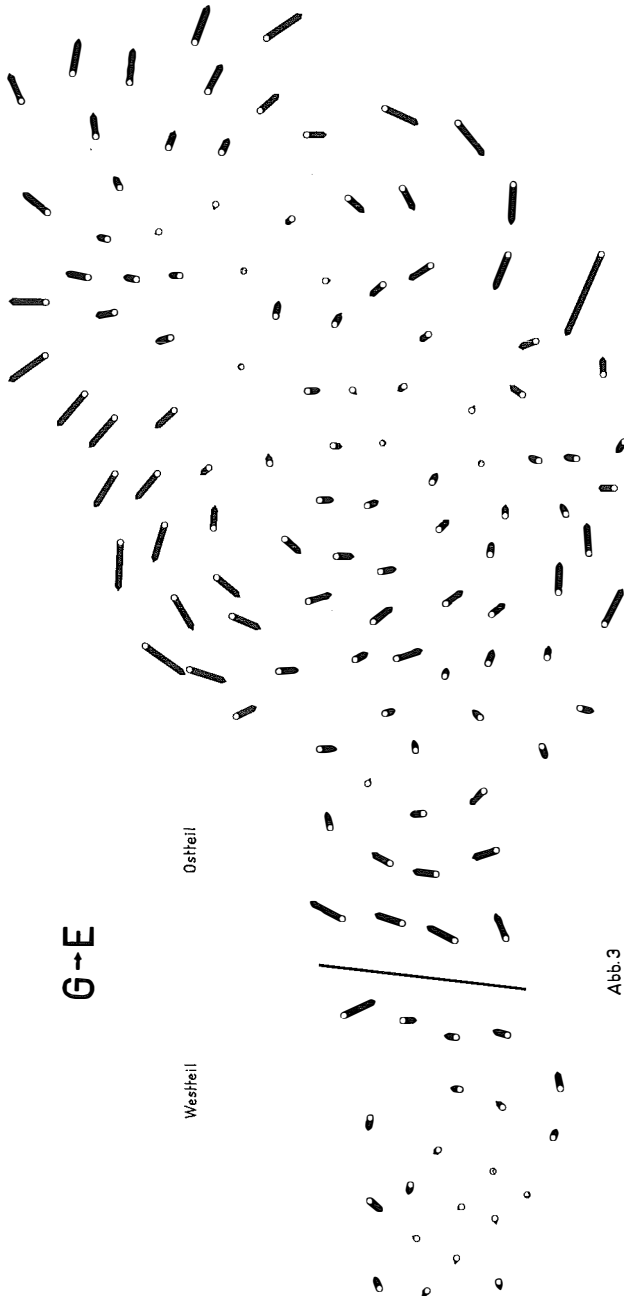


Abb.3

tungen und 11 055 Unbekannten zusammen. Würden die zehn Teilnetze bei selbständiger Ausgleichung widerspruchsfrei zusammenpassen, würde auch das Hauptssystem als mittleren Fehler der Gewichtseinheit die Zahl 1 geben; durch die tatsächlichen Klaffungen stieg dieser Wert auf 1,13. Für die Koordinatenrechnung wurde der Punkt München-Frauenkirche mit seinen ED-50-Koordinaten festgehalten. Übrigens beziehen sich auch die für die Seitenreduktionen verwendeten Geoidmodelle Bomford 1971 und Levallois 1974 auf die Lagerung von ED 50, der Übergang auf ein weltweit bestanschließendes Geoidmodell hätte Nachteile für die praktische Anwendung der Ergebnisse.

Auch diesmal hat die RETrig-Rechenstelle München das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen bei der Herleitung der Nahtmatrix und bei der Rückrechnung der inneren Unbekannten von Block A freundlicherweise durch Beistellung seiner Einrichtungen unterstützt. Die Ergebnisse standen im September 1978 zur Verfügung.

7. Netzvergleiche

Wenn auch das Festpunktfeld zur Wahrung der Kontinuität seine bisherigen Daten weiter behalten wird, ist es doch interessant, zu fragen, wie sich das neue Netz – neu nicht in den Punkten, sondern in den Bestimmungsstücken und in den Koordinaten – zum Gebrauchsnetz verhält, sowohl im ganzen wie auch in speziellen begrenzten Arbeitsbereichen. Ein unmittelbarer Vergleich der geographischen Koordinaten ist nutzlos, da die beiden Netze verschiedene Bezugsellipsoide verwenden. Es wurde daher das Gebrauchsnetz vom Bessel-Ellipsoid sozusagen abgehoben, auf dem Hayford-Ellipsoid auf das Netz ED 77 ungefähr bestanschließend aufgelegt und glatt gestrichen. Rechnerisch bedeutet das eine mittabstandstreue Azimutalprojektion des Gebrauchsnetzes mit dem Schwerpunkt der beiden Netze (etwa in der Mitte zwischen Altaussee und Ebensee) als Mittelpunkt. Die dabei auftretende tangentielle Streckung ist auch an den NetZRändern so gering, daß sie in den Abrundungseinflüssen der Koordinaten (vier Dezimalen der Sexagesimalsekunden) untergeht. Der Maßstab bleibt also bei diesem Ellipsoidübergang durchwegs erhalten, und nur er ist für den weiteren Vergleich von Bedeutung. Aus der so gewonnenen Ausgangslage wurde nun das Gebrauchsnetz durch Verdrehung und Verschiebung – unter der Annahme gleicher Gewichte für alle 126 Netzpunkte – in die an ED 77 bestanschließende Lage gebracht. Die verbleibenden Klaffungen sind in Tabelle 1 zusammengestellt, zuerst in Meridianrichtung, daneben in der Richtung senkrecht dazu, alle Angaben in Millimetern. Diese Zahlen sind in Abbildung 2 graphisch dargestellt.

Bei der zweiten Ausgleichung der österreichischen Neutriangulierung ist deutlich geworden, daß die etwa durch den Meridian von Innsbruck getrennten Teile des Gebrauchsnetzes ein auffällig verschiedenes Verhalten zeigen.

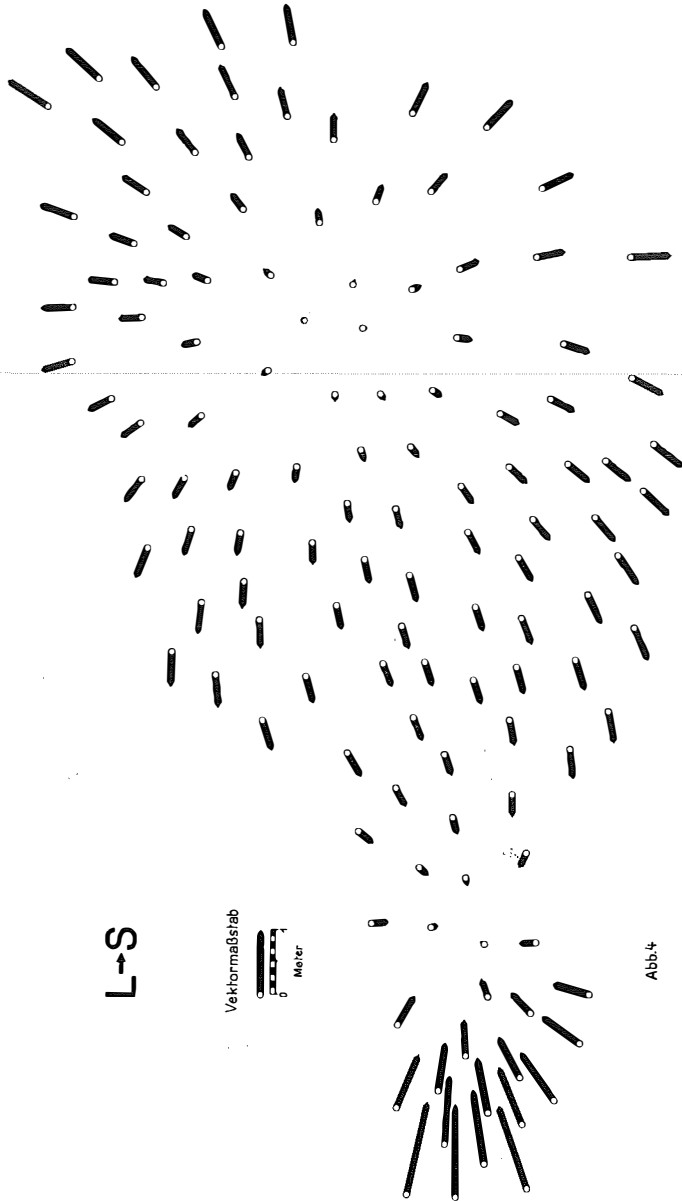
Die Ursache liegt in einer Unstimmigkeit der seinerzeitigen Gradmessungs-triangulierung, die bei der ersten, schrittweisen Ausgleichung der Neutriangulierung wohl bemerkt, nicht aber behoben werden konnte. Auch jetzt ist in Abbildung 2 dieser Unterschied ausgeprägt. Es wurde daher versuchsweise die für das ganze Netz ausgeführte Einpassung auch für die beiden Teilnetze gesondert vorgenommen. Die Trennungslinie bildet der Zug 5–99–116–103 an der schmalsten Stelle des Netzes. Da offenbar ein starker Maßstabsunterschied besteht, wurde bei der Helmert-Transformation der beiden Teile auch der Maßstab als Parameter eingeführt. Die Klaffungen sind wieder in Tabelle 1 angeführt und in Abbildung 3 dargestellt. Für den Westteil ergibt sich die bestanschließende Lage durch eine Maßstabsänderung um $+1449 \cdot 10^{-8}$, also durch eine Vergrößerung um $1/70\,000$, für den Ostteil um nur $+90 \cdot 10^{-8}$. Außerdem wird der Westteil gegen den Ostteil um $+1,1''$ gedreht. Dabei ist im Westteil die Anschlußspannung besonders in der Nordostecke spürbar, sonst ist die Anpassung sehr gut. Im wesentlich größeren Ostteil zeigt sich nur regional ein systematisches Verhalten, näher darauf einzugehen würde hier zu weit führen.

Es ist interessant, daß eine Anfelderung von ED 50 an ED 77 für den Bereich von Block A auf eine Maßstabsverkleinerung um nur $17 \cdot 10^{-8}$ führt, die mittlere Restklaffung ist allerdings ± 474 mm.

8. Netzvergleiche in Stufen

Die im vorigen für das Gesamtnetz ausgeführte Vergleichung soll nun noch hinsichtlich der Veränderungen untersucht werden, die von den einzelnen Ursachen hervorgerufen werden. Herangezogen werden folgende Stadien:

- G:** Das Gebrauchsnetz nach dem im vorigen Kapitel dargelegten Ellipsoid-übergang
- Z:** Das Zweite Netz mit den in den Stationsübersichten von [1] enthaltenen Koordinaten des Systems E
- R:** Das aus den Richtungsmessungen wie **Z** gebildete Netz, jedoch beschränkt auf den RETrig-Block A; zwecks Bestimmung der Lagerung erhalten die Punkte 2 und 102 die Koordinaten aus ED 50
- L:** Wie **R** (auch hinsichtlich der Lagerung), aber berechnet mit den wegen Lotabweichung korrigierten Horizontalrichtungen
- S:** Das aus Horizontalrichtungen und Seitenmessungen berechnete Netz des Blockes A; die vorher festgehaltene geographische Länge des Punktes 2 wird nun frei
- A:** Der Block A mit allen Angaben von RETRIG II; festgehalten wird nur noch die Lage des Punktes 102
- E:** Der Block A als Bestandteil von ED 77.



L→S

Vektormaßstab
Meter

Abb.4



S→A

A→E

(leere Vektoren)

und teilweise

Abb.5

Diese sieben Netze werden in sechs Stufen durch Helmert-Transformationen miteinander verglichen. Alle Klaffungen sind in Tabelle 1 zahlenmäßig angeführt.

- G** → **Z**: Der Übergang zeigt den Einfluß der geschlossenen Ausgleichung des Gesamtnetzes gegenüber der schrittweisen Einzel- oder Mehrpunkteinschaltung. Dieser Unterschied ist schon in [1] behandelt und in der dortigen Abbildung 4 dargestellt worden. Die dortigen Vektoren sind allerdings nicht unmittelbar mit den jetzigen Zahlen zu vergleichen, da dort von vornherein eine andere Lagerung des Netzes **Z** galt. Die Anfelderung führt jetzt auch zu einer Verkleinerung von **Z** um $131 \cdot 10^{-8}$, während das dortige Netz um weitere $169 \cdot 10^{-8}$ kleiner angenommen worden war.
- Z** → **R**: Hier zeigt sich die Wirkung der Einschränkung des Arbeitsgebietes. Im ursprünglichen österreichischen Triangulierungsoperat sind auch die mit den Nachbarstaaten früher vereinbarten Überlappungen mitverarbeitet, für das Netz **R** fallen alle Richtungen weg, die in den anschließenden RETrig-Blöcken verwendet werden. Das Ergebnis ist ungefähr das gleiche, wie es schon in [3] besprochen worden ist. Im Zuge der Anfelderung ist **Z** um $561 \cdot 10^{-8}$ zu verkleinern.
- R** → **L**: Dieser Übergang zeigt die Änderung durch die Lotabweichungskorrekturen. Daß sie trotz des großen Hochgebirgsanteiles Österreichs nur gering ist, wurde schon in [2] festgestellt, die Koordinatenänderungen wurden in der dortigen Abbildung 7 graphisch dargestellt. Der mittlere Maßstab ändert sich um $-9 \cdot 10^{-8}$.
- L** → **S**: Hier kommen die neu eingeführten Seitenmessungen zum Ausdruck, die Änderungen sind in Abbildung 4 dargestellt. Man sieht, daß das reine Richtungsnetz im Westen einen zu großen, im Osten einen zu kleinen Maßstab aufweist, der mittlere Teil erfährt eine leichte Streckung in der Nord-Süd-Richtung. Zur Erreichung des nunmehr festen Maßstabes war **L** um $629 \cdot 10^{-8}$ zu vergrößern.
- S** → **A**: Nun werden auch die gemessenen Laplace-Azimute einbezogen. Sie sollen die einzelnen Netzteile vor Fehlersummierungen in der Orientierungsübertragung schützen, werden sich also in regionalen Drehungen auswirken. Wie aus Abbildung 5 zu ersehen ist, scheidet sich das Netz in nur zwei, einigermaßen homogene Teile: Der langgestreckte Westteil wird um $+1,2''$ gedreht, der annähernd kreisförmige Ostteil um $-0,5''$. Die Knickzone liegt um einen Längengrad östlicher als bei der Teilung von Kapitel 7. Der Gesamtmaßstab wurde bei der Transformation nicht verändert.
- A** → **E**: Dieser Übergang gibt den Einfluß der Nachbarblöcke wieder, der naturgemäß an den Blocknähten am stärksten ist. In unserem Fall ist er aber auch da meist gering, spürbarer wird er nur im Südwestteil von

Block A. Die nach der Anfelderung verbleibenden Klaffungen wurden daher nur für diesen Teil in Abbildung 5 (durch leere Vektoren) eingetragen.

9. Genauigkeitsbeispiele

Für das Netz A der vorigen Untersuchung liegt das inverse Normalgleichungssystem vor, für E steht ein Auszug der Inversion für die im Hauptssystem enthaltenen Punkte zur Verfügung. Damit wurden die mittleren Fehler einiger Netzdiagonalen berechnet. Gewählt wurden alle Kombinationen der Punkte 2, 9, 59, 149 und 171/Lustbühel, sowie des nur im nationalen Normalgleichungssystem enthaltenen Punktes 65 am nordöstlichen Netzrand. Diese Punkte sind in Abbildung 1 durch größere Kreise hervorgehoben. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 in der Reihenfolge der Diagonalenlängen zusammengestellt, u. zw.

- m_s . . . mittlerer Fehler der Diagonalenlänge
- m_σ . . . zugehöriger relativer Fehler
- m_q . . . mittlerer Verschwenkungsfehler linear
- m_α . . . derselbe in Altsekunden.

von	nach	s	ED 77				Block A			
			m_s	m_σ	m_q	m_α	m_s	m_σ	m_q	m_α
Nr.	Nr.	km	cm	mm/km	cm	"	cm	mm/km	cm	"
149	171	148	±10	±0,66	±11	±0,15	± 9	±0,61	±10	±0,14
2	9	165	9	0,56	11	0,13	15	0,90	17	0,22
9	59	174	7	0,41	9	0,11	21	1,23	17	0,20
9	149	175	10	0,57	12	0,14	12	0,69	16	0,19
65	171	201					19	0,95	17	0,17
2	171	207	11	0,54	13	0,13	11	0,55	14	0,14
2	149	217	12	0,53	13	0,12	13	0,59	14	0,13
2	65	219					21	0,97	19	0,18
46	117	226					12	0,55	15	0,13
9	171	272	10	0,38	15	0,11	11	0,42	19	0,14
59	149	306	12	0,40	16	0,11	24	0,77	27	0,18
65	149	327					21	0,63	19	0,12
2	59	333	12	0,36	15	0,09	26	0,77	27	0,17
9	65	371					23	0,62	24	0,14
59	171	434	13	0,30	19	0,09	24	0,56	28	0,13
59	65	545					32	0,58	32	0,12

Tabelle 2

Man sieht, daß die Genauigkeit einer derartigen Verbindung sehr von der Lage innerhalb des Netzes abhängt. Allgemein ist die Genauigkeit bei der gesonderten Ausgleichung von Block A kleiner als im Verband von ED 77, das zeigt sich besonders bei den westlichen Punkten. Diese liegen ja für das nationale Netz am Rande eines an und für sich schon weniger günstig geformten Netzteiles, während sie im internationalen Verband von allen Seiten gestützt werden. Als weiteres solches Beispiel wurde der Verbindung 2–65 die etwa gleichartige 46–117 gegenübergestellt, wobei die eine zwei Randpunkte, die andere zwei Innenpunkte verbindet. Daß für die Diagonale 149–171, die in beiden Konfigurationen ungefähr den gleichen Charakter hat, ausnahmsweise bei ED 77 etwas größere mittlere Fehler aufscheinen, hat seinen Grund darin, daß hier der schon früher erwähnte mittlere standardisierte Gewichtseinheitsfehler von $\pm 1,13$ verwendet wurde, während für den österreichischen Anteil der mittlere Gewichtseinheitsfehler von $\pm 0,447''$ bei gesonderter Ausgleichung auf $\pm 0,463''$ nach Eingliederung in ED 77 anstieg, also nur im Verhältnis 1 : 1,036.

Für ganz Österreich kann zusammenfassend festgestellt werden: Die Gesamtausdehnung in Länge ergibt sich um zweieinhalb Meter größer als nach den früheren Grundlagen, während in Breite das Verhalten streifenweise verschieden ist. Jede Netzdiagonale und damit jede beliebige Abmessung, immerhin bis 560 km, kann in ED 77 mit einer Unsicherheit von nicht einmal zwei Dezimetern bestimmt werden.

Literatur

[1] *Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen*: Die Zweite Ausgleichung des österreichischen Dreiecksnetzes 1. Ordnung, Wien 1973

[2] *Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen*: Die astronomisch-geodätischen Arbeiten Österreichs für ED 77, Wien 1979

[3] *Litschauer J.*: Der österreichische Anteil an RETRIG I, ÖZfVuPh 62. Jg., Wien 1975