



## Über die Ergebnisse im österreichischen Anteil von DÖDOC

Karl Rinner <sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Angewandte Geodäsie und Photogrammetrie der TU Graz,  
Rechbauerstraße 12, A-8010 Graz*

Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie **69** (3–4), S.  
91–112

1981

BibT<sub>E</sub>X:

```
@ARTICLE{Rinner_VGI_198106,  
Title = {{\U}ber die Ergebnisse im {\o}sterreichischen Anteil von D{\O}DOC  
},  
Author = {Rinner, Karl},  
Journal = {{\O}sterreichische Zeitschrift f{\u}r Vermessungswesen und  
Photogrammetrie},  
Pages = {91--112},  
Number = {3--4},  
Year = {1981},  
Volume = {69}  
}
```



nun ist aber  $x = y \cot\sigma$ , d. h. der Klammerausdruck von (7) ist  $\cot\sigma$ , und es ist daher

$$\begin{aligned} \cot\sigma = & 1,8171\ 205930 \left(\frac{y}{A}\right)^{-2/3} - 0,3773\ 631145 \left(\frac{y}{A}\right)^{2/3} \\ & - 0,0625\ 231909 \left(\frac{y}{A}\right)^{6/3} \\ & - 0,0214\ 252895 \left(\frac{y}{A}\right)^{10/3} \\ & - 0,0117\ 197342 \left(\frac{y}{A}\right)^{14/3} \end{aligned} \quad (8)$$

Aus der Ableitung von (6) nach  $y$  ergibt sich weiter:  $dx/dy = \cot\tau$ , woraus folgt:

$$\begin{aligned} \cot\tau = & 0,6057\ 06864 \left(\frac{y}{A}\right)^{-2/3} - 0,6289\ 38524 \left(\frac{y}{A}\right)^{2/3} \\ & - 0,1875\ 69573 \left(\frac{y}{A}\right)^{6/3} \\ & - 0,0928\ 42921 \left(\frac{y}{A}\right)^{10/3} \\ & - 0,0664\ 11827 \left(\frac{y}{A}\right)^{14/3} \end{aligned} \quad (9)$$

Aus den obigen Formeln ergibt sich ein Fehlbetrag in  $\tau$  und  $\sigma$  von etwa  $0,001^g$  bei  $\tau = 50^g$ ,  $\sigma = 25^g$ ; von  $0,01^g$  bei  $\tau = 65^g$ ,  $\sigma = 30^g$ . Für die vorstehenden Werte erhält man aus (6) die Abszisse auf etwa  $0,005$  bzw.  $0,0005$  m.

Innerhalb ihres Konvergenzbereiches gestatten die mitgeteilten Formeln die direkte Lösung einer Reihe von Aufgaben, die mit den üblichen Formeln nur schwer lösbar sind, z. B. die Angabe des Anfangspunktes einer Klotoide  $A$  auf der Grundtangente, die einen Punkt mit der Ordinate  $y$  durchlaufen soll oder die Bestimmung einer Klotoide, die durch zwei Punkte,  $P_1$  und  $P_2$ , verläuft, wobei die beiden Punkte durch ihre Ordinaten  $y_1$  und  $y_2$  und die Abszissendifferenz  $x_2 - x_1$  gegeben sind usw.

## Über die Ergebnisse im österreichischen Anteil von DÖDOC

Von *K. Rinner*, Graz

### 1. Einführung in DÖDOC

Die Positionsbestimmung mit Doppler-Daten hat weltweit Eingang in die Landesvermessung gefunden. Sie wird in geodätischen Entwicklungsländern verwendet, um neue Kontrollpunktsysteme zu schaffen, und in Ländern mit geodätischer Tradition, um bestehende zu überprüfen und zu verbessern.

## *Ziele*

Die Deutsch-Österreichische Doppler-Kampagne (DÖDOC) wurde durchgeführt, um festzustellen, ob und in welcher Weise die Positionsbestimmung mit Daten des Navy Navigation Satellite Systems (NNSS) der USA für die Verbesserung der Struktur und der Orientierung der Landestriangulation 1. Ordnung in der Bundesrepublik Deutschland und in Österreich verwendet werden kann. Außerdem bestand in beiden Ländern die Notwendigkeit, für eine Anzahl von Punkten geozentrische Koordinaten im Welt-Datum von NNSS zu ermitteln und damit die Voraussetzungen für die Einbindung der Landessysteme in dieses zu schaffen. Damit sollten Voraussetzungen dafür geschaffen werden, daß in Zukunft die Ergebnisse der Landesvermessung als Beiträge zu aktuellen Aussagen über globale und regionale oder lokale Veränderungen der Erdkruste und für geodynamische Untersuchungen Verwendung finden können.

Über DÖDOC wird in einer Publikation der Deutschen Geodätischen Kommission (DGK) ausführlich berichtet (siehe [1]). Die folgenden Abschnitte enthalten Ausführungen über den österreichischen Anteil sowie einige zum allgemeinen Verständnis erforderliche Grundlagen. Wegen der physikalischen und mathematischen Grundlagen der in der Geodäsie benutzten Dopplerverfahren sei auf [1] und [2] verwiesen.

## *Organisation und Messung*

DÖDOC enthält insgesamt 21 Punkte, von denen 6 in Österreich liegen (siehe Fig. 1). Es sind dies die nachstehend mit den DÖDOC-Nummern, Kurzbezeichnungen und mit den Bezeichnungen der österreichischen Triangulation angeführten Punkte:

16 Pfänder, PFA, KT 5-82; 17 Hafelekar, INB, KT 25-118; 18 Klein Haag, KHG, KT 85-49; 19 Raasdorf, RAS; 20 Gerlitzten, GLZ, KT 14-201; 21 Graz-Lustbühel, GRZ, KT 306-164.

Von diesen gehören die Punkte Pfänder (16), Klein-Haag (18) und Gerlitzten (20) der Österreichischen Triangulation 1. Ordnung an, die restlichen drei wurden an benachbarte Punkte angeschlossen. Die Topographien der Punkte sind in [1] enthalten, die Koordinaten werden in Tab. 4 mitgeteilt.

DÖDOC wurde vom Institut für Angewandte Geodäsie (IFAG) in Frankfurt im Rahmen des Sonderforschungsbereiches 78 der TU München und vom Verfasser als Leiter des Institutes für Angewandte Geodäsie und Photogrammetrie an der TU Graz und der geodätischen Abteilung des Institutes für Weltraumforschung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften initiiert und geleitet. An der Durchführung haben sich auch andere Institute und

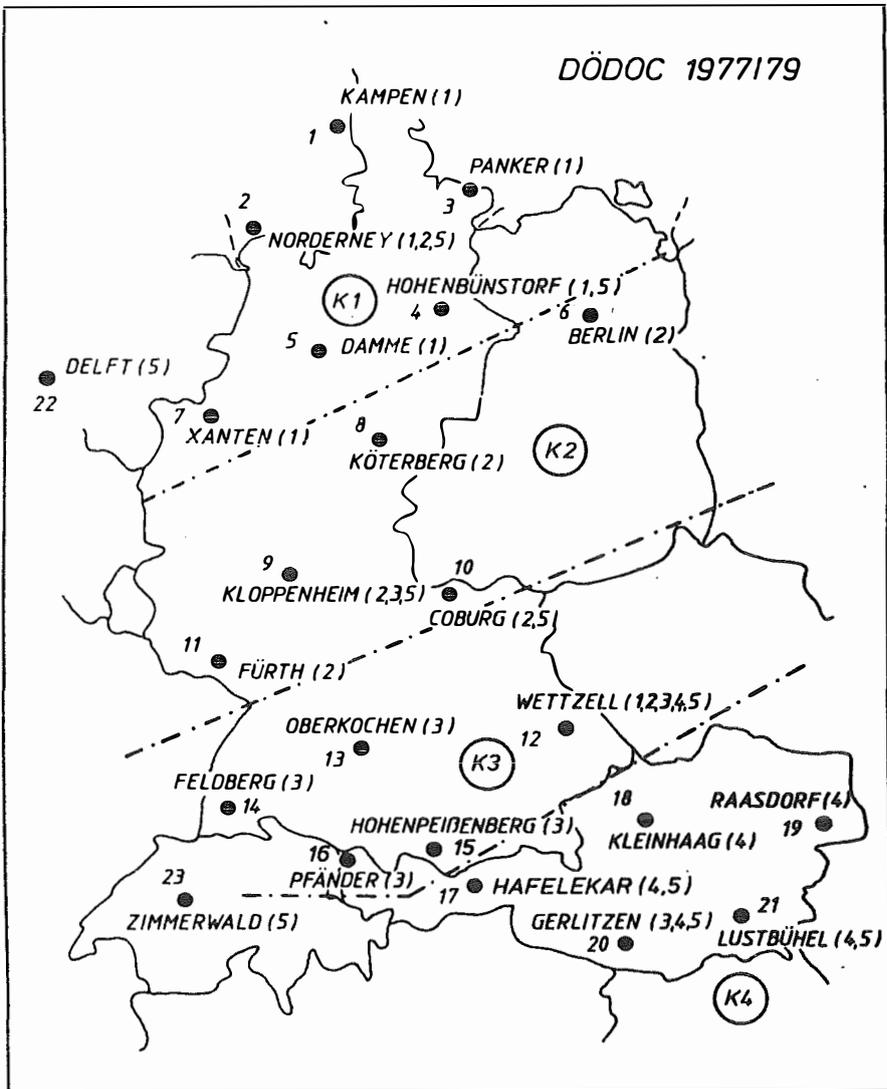


Fig. 1

$(K_i)$

Kampagne Nr.  $i$

●

$P(i,j,k\dots)$  Punkt  $P$  beobachtet in Kampagne  $i,j,k\dots$

Gerätefirmen beteiligt. Für die Messungen wurden insgesamt 10 Dopplerempfänger zur Verfügung gestellt, und zwar 8 vom Typ Marconi CMA-722B (vom IFAG Frankfurt 2, von der TU Hannover 2, vom Norges Geografiske Oppmåling, Oslo, 1, von der Technischen Hochschule Delft 1, von der Canadian Marconi Company, Montreal, 1 und von der TU Graz 1) und 2 Magnavox DEO-2-Empfänger der Hochschule der Bundeswehr München. Die Messungen wurden durch Observatoren der TU Berlin, der TU Delft, der TU Graz, der TU Hannover, des IFAG/SFB 78 Frankfurt und der TU München ausgeführt.

Bei der gemeinsamen Bestimmung von mehreren Dopplerpunkten (multi point positioning = M) kann wegen der Verringerung des Einflusses von Fehlern der Bahndaten eine höhere Genauigkeit erwartet werden als bei Einzelpunkteinschaltungen (single point positioning = S). Deshalb wurde unter Beachtung der Anzahl der verfügbaren Geräte und Observatoren das Gesamtgebiet in 4 Regionen unterteilt, welche sich gegenseitig in mindestens 2 Punkten überlappen. Außerdem wurde Wetzell als zentraler Verbindungspunkt für alle Regionen bestimmt. Die regionalen Blöcke wurden in 4 Kampagnen von je 14 Tagen Dauer in der Zeit vom 17. Mai bis 6. Juli 1977 beobachtet. Vor Beginn war eine Kalibrierung in Frankfurt, nach Beendigung eine solche in Graz vorgesehen, doch konnten diese nicht vollständig durchgeführt werden. Die Punkte in Österreich wurden in der 3. und 4. Kampagne beobachtet (siehe Fig. 1).

Da sich bei der Auswertung der Messungen die Vermutung ergab, daß einige Geräte während der Messung teilweise gestört waren und fehlerhafte Ergebnisse lieferten, wurde zusätzlich eine 5. (Post-)Kampagne für die mit den gestörten Geräten besetzten, über das Gesamtgebiet verstreuten Punkte durchgeführt. An dieser Kampagne beteiligten sich auch die außerhalb des DÖDOC-Gebietes liegenden Stationen Delft und Zimmerwald (siehe Fig. 1).

### *Berechnung der DÖDOC-Koordinaten*

Die Berechnung erfolgte erst für jede Kampagne getrennt nach dem von *Kouba* angegebenen Programm GEODOP (siehe [3]). Durch Addition der Normalgleichungen wurde sodann das Gesamtsystem gebildet und die Koordinaten der Mehrfachpunkteinschaltung (Multilösung = M) sowie die zugehörige Cofaktoren-Matrix ermittelt. Die Berechnung erfolgte sowohl für präzise Bahndaten (P), welche von der US Defense Mapping Agency zur Verfügung gestellt wurden, als auch für die genäherten, von den NNSS-Satelliten ausgestrahlten (broadcast) Bahndaten (B). Außerdem wurden für beide Bahndaten Koordinaten für jeden Punkt durch Einzelpunkteinschaltung (S) ermittelt. Als Ergebnis der Berechnung liegen daher für jeden Punkt vier Koordinaten vor, die als PM (precise multi), PS (precise single), BM (broad-

cast multi) und BS (broadcast single) bezeichnet werden. Dabei muß beachtet werden, daß P- und B-Koordinaten sich auf die verschiedenen Systeme NWL 9D und WGS 72 beziehen, in welchen die Bahndaten berechnet werden, also nicht identisch sind. Sie unterscheiden sich aber nur geringfügig.

Die Messungen wurden in der Regel exzentrisch, auf empfangstechnisch günstigen Punkten ausgeführt, die Meßdaten sind daher in der Lage auf die Exzenter und in der Höhe auf die Phasenzentren der Antennen bezogen. Für die weitere Berechnung wurden die Ergebnisse auf den Bodenpunkt des zugehörigen Zentrums reduziert, für den auch die Koordinaten und Höhen der Landstriangulation berechnet sind. Die Berechnung wurde in Frankfurt und Graz durchgeführt, die Mittelwerte aus beiden Ergebnissen und die mittleren Koordinatenfehler sind für österreichische Punkte in Tab. 1, die Q-Matrix für die PM- und BM-Koordinaten in Tab. 2 enthalten.

Nach Tab. 1 liegen die quadratischen Mittelwerte der Koordinatenfehler für die präzise Multilösung PM bei  $\pm 10$  cm, für die Singellösung steigen sie geringfügig an. Für genäherte Koordinaten werden schlechtere Ergebnisse erhalten, die Mittelwerte erreichen für die Multilösung BM etwa den Betrag von  $\pm 30$  cm und für die Singellösung BS etwa  $\pm 70$  cm.

		X	Y	Z
16 PFA	PM	4 254 280.39 $\pm$ 0.11	733 304.99 $\pm$ 0.16	4 680 867.55 $\pm$ 0.10
	BH	278.24 $\pm$ 0.31	304.27 $\pm$ 0.34	871.27 $\pm$ 0.27
	PS	280.26 $\pm$ 0.14	304.95 $\pm$ 0.18	867.72 $\pm$ 0.12
	BS	275.72 $\pm$ 0.77	304.18 $\pm$ 0.51	872.90 $\pm$ 0.68
17 INB	PM	4 248 513.92 $\pm$ 0.13	855 575.51 $\pm$ 0.17	4 667 162.76 $\pm$ 0.11
	BH	511.51 $\pm$ 0.31	575.13 $\pm$ 0.34	166.38 $\pm$ 0.27
	PS	514.01 $\pm$ 0.20	575.04 $\pm$ 0.21	162.64 $\pm$ 0.17
	BS	511.99 $\pm$ 1.08	576.60 $\pm$ 0.66	168.03 $\pm$ 0.90
18 KHG	PM	4 136 526.12 $\pm$ 0.14	1 025 188.53 $\pm$ 0.20	4 730 150.48 $\pm$ 0.12
	BH	523.43 $\pm$ 0.34	188.45 $\pm$ 0.39	153.94 $\pm$ 0.29
	PS	526.17 $\pm$ 0.16	188.79 $\pm$ 0.18	150.69 $\pm$ 0.14
	BS	521.03 $\pm$ 0.91	187.23 $\pm$ 0.65	156.95 $\pm$ 0.87
19 RAS	PM	4 079 190.82 $\pm$ 0.14	1 214 443.94 $\pm$ 0.19	4 734 783.86 $\pm$ 0.12
	BH	188.64 $\pm$ 0.35	442.81 $\pm$ 0.38	787.57 $\pm$ 0.30
	PS	191.04 $\pm$ 0.15	443.86 $\pm$ 0.17	784.03 $\pm$ 0.13
	BS	187.05 $\pm$ 0.88	442.84 $\pm$ 0.62	790.08 $\pm$ 0.84
20 GLZ	PM	4 255 155.87 $\pm$ 0.08	1 054 155.67 $\pm$ 0.11	4 619 979.76 $\pm$ 0.07
	BH	153.83 $\pm$ 0.30	154.99 $\pm$ 0.32	983.35 $\pm$ 0.26
	PS	155.87 $\pm$ 0.13	155.24 $\pm$ 0.15	979.53 $\pm$ 0.11
	BS	153.27 $\pm$ 0.59	154.78 $\pm$ 0.37	985.42 $\pm$ 0.51
21 GRZ	PM	4 194 431.53 $\pm$ 0.09	1 162 686.23 $\pm$ 0.13	4 647 243.29 $\pm$ 0.08
	BH	429.13 $\pm$ 0.31	685.66 $\pm$ 0.33	247.10 $\pm$ 0.26
	PS	431.91 $\pm$ 0.14	685.85 $\pm$ 0.15	243.23 $\pm$ 0.12
	BS	429.49 $\pm$ 0.66	685.66 $\pm$ 0.44	248.01 $\pm$ 0.57

Tab. 1



## 2. Vergleich von DÖDOC und Landesvermessung

### Koordinaten der österreichischen Landesvermessung

DÖDOC-Koordinaten können in Österreich mit drei Arten von ellipsoidischen Koordinaten der Landesvermessung verglichen werden. Mit Koordinaten des Gebrauchsnetzes (GN), welche den amtlichen Operaten zugrunde liegen und in der Praxis des Alltages Verwendung finden, mit Koordinaten der zweiten Ausgleichung (ZA), welche durch eine strenge Neuausgleichung der alten und einiger neuer Meßdaten erhalten wurden, und mit Koordinaten der Ausgleichung des Europäischen trigonometrischen Netzes (RETRIG im Europäischen Datum ED-79) (siehe [4] und Mitteilung des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen und Dr. J. Litschauer). Die Gebrauchskoordinaten sind auf dem Ellipsoid von Bessel, die Koordinaten der zweiten Ausgleichung auf diesem und auf dem internationalen Ellipsoid und ED-79 nur auf dem internationalen Ellipsoid berechnet. Die ellipsoidischen Koordinaten (B, L) werden durch orthometrische Höhen  $H_o$  (Abstände vom Geoid) und durch eine nicht detaillierte Darstellung der Höhen  $u$  des Geoides (Undulationen) über dem internationalen Ellipsoid nach Bomford 1971 (siehe [5]) ergänzt.

Die zu den Dopplerpunkten gehörigen Geoidhöhen wurden durch Interpolation aus dem Bomford-Geoid 1971 abgeleitet.<sup>1)</sup> Außerdem wurden sie mit Hilfe des DÖDOC-Systems durch Extrapolation aus dem von *Leigemann* 1980 berechneten deutschen Geoid (GD) für das Besselsche und internationale Ellipsoid ermittelt (siehe [1]). Aus den orthometrischen Höhen  $h$  und den Undulationen  $u$  folgen die für den Vergleich mit den DÖDOC-Koordinaten erforderlichen ellipsoidischen Höhen  $H = H_o + u$  (siehe Tab. 3). Mit den

	Geoid Bomford 1971				Geoid Leigemann 1980			
	$H_o$ 1	$U_I$ 2	$U_B$ 3	$H_B$ 1+3	$U_I$ 4	$U_B$ 5	$H_I$ 1+4	$H_B$ 1+5
16 Pfänder	1063.39	- 2.10	-1.06	1062.33	-2.96	-1.92	1060.43	1061.47
17 Hafelekar	2333.53	+ 1.85	+2.20	2335.73	+0.54	+0.89	2334.07	2334.42
18 Klein Haag	450.68	+ 1.20	+1.27	451.95	+0.34	+0.41	451.02	451.09
19 Raasdorf	214.61	+ 1.70	+2.47	217.08	+0.90	+1.67	215.51	216.28
20 Gerlitzten	1908.92	+ 1.90	+2.01	1910.93	+1.32	+1.43	1910.24	1910.35
21 Lustbühel	491.10	+ 3.10	+3.42	494.52	+1.78	+2.09	492.88	493.19

Tab. 3

$H_o$  = Orthometrische Höhe  
 $U_I$  = Geoidundulation, bezogen auf Internationales Ellipsoid  
 $U_B$  = Geoidundulation, bezogen auf Besselellipsoid  
 $H_B$  = Trigonometrische Höhe über Besselellipsoid  
 $H_I$  = Trigonometrische Höhe über Internationalem Ellipsoid

<sup>1)</sup> Die Interpolation wurde von Dr. J. Litschauer, Wien, ausgeführt.

Koordinaten (B, L, H) der Landesvermessung lassen sich nach den im Anhang angegebenen Gleichungen 1a dreidimensionale (3D-)Koordinaten (X, Y, Z) für die Punkte der Landesvermessung berechnen. Die für Gebrauchskordinaten (GK) und Koordinaten ED-79 sowie der zweiten Ausgleichung (ZA) ermittelten ellipsoidischen Koordinaten (B, L, H) und 3D-Koordinaten (X, Y, Z) sind in Tab. 4 zusammengestellt.

	B	L	H	X	Y	Z
<u>ED 79 (GD)</u>						
16 Pfänder	47 30 29.6397	9 46 52.2810	1060.43	4 254 358,24	733 416,92	4 680 985,06
17 Hafelekar	47 18 49.2362	11 23 14.3438	2334,07	4 248 591,32	855 687,67	4 667 280,18
18 Klein Haag	48 10 28.4566	13 55 14.9120	451,02	4 136 603,10	1025 300,27	4 730 267,58
19 Raasdorf	48 14 22.0385	16 34 49.0539	215,51	4 079 267,49	1214 554,83	4 734 900,60
20 Gerlitzten	46 41 44.2066	13 54 54.9837	1910,24	4 255 233,02	1054 267,57	4 620 096,59
21 Lustbühel	47 04 04.6190	15 29 39,8126	492,88	4 194 508,16	1162 797,98	4 647 360,12
<u>GEBRAUCHSNETZ (GÖ)</u>						
16 Pfänder	47 30 28.7616	9 46 49.4227	1062,33	4 253 672,54	733 238,02	4 680 406,97
17 Hafelekar	47 18 48.1447	11 23 12,3191	2335,73	4 247 909,76	855 507,02	4 666 699,51
18 Klein Haag	48 10 27.6431	13 55 14,5347	451,95	4 135 925,53	1025 124,30	4 729 683,06
19 Raasdorf	48 14 21.0289	16 34 50,2210	217,08	4 078 595,23	1214 379,79	4 734 311,83
20 Gerlitzten	46 41 42.6101	13 54 54,3195	1910,93	4 254 556,15	1054 083,33	4 619 511,18
21 Lustbühel	47 04 03.0803	15 29 40,1442	494,52	4 193 834,87	1162 618,59	4 646 772,64
<u>GEBRAUCHSNETZ (GD)</u>						
16 Pfänder	47 30 28.7616	9 46 49,4227	1061,47	4 253 671,97	733 237,92	4 680 406,33
17 Hafelekar	47 18 48,1447	11 23 12,3191	2334,42	4 247 908,88	855 506,84	4 666 698,55
18 Klein Haag	48 10 27,6431	13 55 14,5347	451,09	4 135 924,98	1025 124,16	4 729 682,41
19 Raasdorf	48 14 21,0289	16 34 50,2210	216,28	4 078 594,72	1214 379,64	4 734 311,23
20 Gerlitzten	46 41 42,6101	13 54 54,3195	1910,35	4 254 555,77	1054 085,23	4 619 510,76
21 Lustbühel	47 04 03,0803	15 29 40,1442	493,19	4 193 834,00	1162 618,35	4 646 771,66
<u>2. AUSGLEICHUNG (GD)</u>						
16 Pfänder	47 30 29.6094	9 46 52.2603	1060,43	4 254 358,99	733 416,61	4 680 984,43
17 Hafelekar	47 18 49.2394	11 23 14.3508	2334,07	4 248 591,22	855 687,80	4 667 280,25
18 Klein Haag	48 10 28.4763	13 55 14.9072	451,02	4 136 602,68	1025 300,07	4 730 627,99
19 Raasdorf	48 14 22.0597	16 34 49.0270	215,51	4 079 267,18	1214 554,16	4 734 901,04
20 Gerlitzten	46 41 44.2231	13 54 54.9933	1910,24	4 255 232,48	1054 267,64	4 620 097,06
21 Lustbühel	47 04 04.6489	15 29 30.8030	492,88	4 194 507,56	1162 797,61	4 647 360,76
<u>2. AUSGLEICHUNG (GÖ)</u>						
16 Pfänder	47 30 29.6094	9 46 52.2603	1061,29	4 254 359,56	733 416,71	4 680 985,06
17 Hafelekar	47 18 49.2394	11 23 14.3508	2335,38	4 248 592,09	855 687,98	4 667 281,21
18 Klein Haag	48 10 28.4763	13 55 14.9072	451,88	4 136 603,24	1025 300,20	4 730 268,63
19 Raasdorf	48 14 22.0597	16 34 49.0270	216,31	4 079 267,69	1214 554,31	4 734 901,64
20 Gerlitzten	46 41 44.2231	13 54 54.9933	1910,82	4 255 232,86	1054 267,74	4 620 097,48
21 Lustbühel	47 04 04.6489	15 29 39.8030	494,20	4 194 508,43	1162 797,85	4 647 361,72

GD = Geoid Deutschland (Lelgemann 1980)

GÖ = Geoid Österreich (Bomford 1971)

Tab. 4

### Lineare Transformationen

Der Vergleich der DÖDOC-Koordinaten  $(X, Y, Z)_D$  mit den aus Landeskoordinaten und Höhen ermittelten Werten  $(X, Y, Z)$  wird durch lineare Transformationen  $T_j$  durchgeführt. Diese besitzen im allgemeinsten Fall  $j = 7$  Parameter, welche einen Verschiebungsvektor  $\underline{c}$  ( $c_x, c_y, c_z$ ), einen Maßstabsfaktor  $\mu$  und eine Drehmatrix  $R$  ( $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ ) bestimmen (Verschiebung plus

Drehstreckung nach *Helmert*). Da das terrestrische System durch astronomische Daten und das Dopplersystem aus dynamischen Gründen zum Erdkörper orientiert sind, haben nur die Parameter des Verschiebungsvektors  $\underline{c}$  endliche Größe, der Maßstabsfaktor und die Drehungen sind differentiell klein. An Stelle der allgemeinen Gln. (2) des Anhanges können daher Differentialformeln nach den Gln. (3a) bis (3d) Anwendung finden. Mit Hilfe von Gln. (4a) lassen sich die Restklaffungen  $\underline{v}$  ermitteln, und mit der Forderung  $\underline{v}^T \underline{v} = \text{Min.}$  folgen daraus die Normalgleichungen (4b) für die Ermittlung der Transformationsparameter.

Sonderfälle der allgemeinen Transformation  $T_j$  sind die Streckung mit dem Parameter  $\mu$ , die Verschiebung mit den Parametern ( $c_x, c_y, c_z$ ), die Drehung mit den Parametern ( $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ ) und Kombinationen dieser Fälle. Jede dieser Transformationen wird mit einem Index  $j$  bezeichnet, welcher die Anzahl der Parameter der Transformation angibt. Von praktischer Bedeutung im gegebenen Fall der Transformation zwischen terrestrischen und Dopplerkoordinaten sind die Verschiebung mit einer zusätzlichen Streckung und Drehung um die Erdachse, die als  $T_4$  und  $T_5$  bezeichnet werden, sowie die allgemeine Transformation  $T_7$ . Denn die Verschiebung ist durch die exzentrische Lagerung von ED-79 und dem österreichischen Bessel-Ellipsoid bedingt, der Maßstabsfaktor folgt aus Unterschieden in der Maßstabsbestimmung in den Netzen, und die Transformation  $T_5$  enthält zusätzlich eine Drehung um die Rotationsachse der Erde, die Fehler in der astronomischen Längenbestimmung in alten Operaten berücksichtigt. Die Transformation  $T_7$  gibt mathematisch die beste Anschmiegun g und erfaßt systematische Neigungsfehler des Geoides.

### *Vergleich DÖDOC – Österreichische Landesvermessung*

Der Vergleich zwischen DÖDOC-Koordinaten und Koordinaten der Landesaufnahme wird mit Hilfe der Transformation  $T_4$  (Verschiebung, Streckung),  $T_5$  (Verschiebung, Streckung und Drehung um die Erdachse) und der allgemeinen Transformation  $T_7$  (Verschiebung, Streckung und Drehung um 3 Achsen) durchgeführt. Dabei werden die ermittelten Dopplerkoordinaten PM, BM und PS, BS (siehe Tab. 1) mit den aus ED-79, dem Gebrauchsnetz (GN) und der zweiten Ausgleichung (ZA) mit Hilfe des österreichischen Geoides Bomford 1971 (GÖ) und des deutschen Geoides Lelgemann 1980 (GD) (siehe Tab. 4) verglichen.

Die Ergebnisse des Vergleiches von ED-79, GD mit allen Dopplerkoordinaten PM, PS, BM und BS sind in den Tab. 5a, b, c, d zusammengestellt. Die Tab. 6a, b enthalten die für die Lösungen PM erhaltenen Werte für das Gebrauchsnetz GN, die Tab. 7a, b für die Koordinaten der zweiten Ausgleichung (ZA), und zwar für ellipsoidische Höhen, welche vom österreichischen Geoid (GÖ) und dem deutschen Geoid (GD) abgeleitet sind. In jeder der

genannten Tabellen sind die Transformationsparameter und ihre mittleren Fehler sowie die mit Hilfe der Gln. (1c, d) des Anhanges in das jeweilige Tangentialsystem transformierten Restklaffungen ( $dx = \text{Nord}$ ,  $dy = \text{Ost}$ ,  $dH = \text{Zenit}$ ) und ihre quadratischen Mittelwerte  $m_P$  für den Raum,  $m_L$  für die horizontale Ebene und  $m_H$  für die Höhe enthalten. Da aus Platzgründen nicht über alle durchgeführten Transformationen ausführlich berichtet werden kann, wird in Tab. 8 eine Zusammenstellung der Parameter und der quadratischen Mittelwerte für die verbleibenden Klaffungen für die Transformation T7 mitgeteilt. Tab. 9 enthält den Vergleich zwischen präzisen Multikoordinaten PM mit ED-79 (GD) für das gesamte DÖDOC-Gebiet.

### 3. Diskussion der Ergebnisse

Die Diskussion betrifft die Restklaffungen, welche eine Aussage über die Übereinstimmung der geometrischen Form der durch die Koordinaten gegebenen Punkthaufen enthalten, und die Transformationsparameter, welche Hinweise für die Lagerung (Orientierung) ergeben.

#### *Vergleich mit ED-79*

Die Übersichtstabelle 8 für die Transformation T7 zeigt, daß ED-79-Koordinaten am besten mit den Koordinaten der präzisen und genäherten Multilösungen PM und BM übereinstimmen. Die Singlelösung PS ergibt etwa doppelt so große, die Lösung BS aber fünffache mittlere Restklaffungen. Die detaillierte Darstellung in den Tab. 5a bis 5d zeigen für PM und BM maximale Restklaffungen von etwa 40 cm in der Lage und geringe Höhenklaffungen, die durch die Ermittlung der Geoidhöhen GD durch Extrapolation des deutschen Geoides mit Hilfe der DÖDOC-Koordinaten zu erklären sind. Die Transformation T4 führt für PM-, PS- und BM-Werte zu etwa doppelt so großen Klaffungen, die mit T5 eingeführte Drehung um eine Parallele zur Erdachse bringt eine wesentliche Verbesserung. Die genäherte Singlelösung BS (Tab. 5d) ergibt wesentlich größere Klaffungen (etwa 2 m in der Lage und 0,5 m in der Höhe), eine signifikante Unterscheidung der Ergebnisse von T4, T5 und T7 ist nicht mehr möglich.

Die Transformationsparameter können aus dem kleinen Gebiet Österreichs nur sehr ungenau ermittelt werden. Die Verschiebungsgrößen ( $c_x$ ,  $c_y$ ,  $c_z$ ) stimmen für das präzise und für das genäherte System innerhalb der Fehlergrenzen überein und werden signifikant bestimmt. Für den Maßstabsfaktor  $d_\mu$  und die Drehungen  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$  trifft dies nicht zu. Hingegen wird für die  $\alpha_3$ -Drehung um eine Parallele zur Erdachse in allen Fällen der signifikante Wert  $+2^{\text{cc}}$  erhalten.

DÖDOC 77-79 - AUSWERTUNG GRAZ						
VERGLEICH: PM		- ED 79, GD		ANZAHL DER PASSPUNKTE: 6		
TRANSFORMATIONSELEMENTE						
	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>7</sub>			
c <sub>x</sub> (m)	- 80.44 ±3.88	- 83.32 ±2.47	- 83.20 ±6.43			
c <sub>y</sub> (m)	-112.53 ±0.95	-100.57 ±2.53	- 93.05 ±3.71			
c <sub>z</sub> (m)	-120.79 ±4.33	-120.79 ±2.67	-122.52 ±6.29			
du (10 <sup>-6</sup> )	+ 0.8 ±0.9	+ 0.8 ±0.6	+ 0.8 ±0.5			
α <sub>1</sub> (cc)			+ 1.0 ±0.4			
α <sub>2</sub> (cc)			+ 0.0 ±0.8			
α <sub>3</sub> (cc)		+ 1.8 ±0.4	+ 1.9 ±0.3			
QUADRATISCHE MITTELWERTE DER RESTKLAFFUNGEN						
	m <sub>p</sub>	m <sub>L</sub>	m <sub>H</sub>	m <sub>p</sub>	m <sub>L</sub>	m <sub>H</sub>
	± 64	± 36	± 53	± 38	± 33	± 20
	± 28	± 28	± 28	± 28	± 28	± 2
RESTKLAFFUNGEN IN TANGENTIALKOORDINATEN (cm)						
P-Nr.	dx	dy	dH	dx	dy	dH
16	- 27	- 15	+ 84	+ 32	- 18	+ 30
17	- 5	+ 24	+ 51	+ 28	+ 18	+ 20
18	+ 17	+ 7	- 6	+ 11	+ 22	0
19	+ 34	- 50	- 68	+ 16	- 35	- 25
20	- 30	+ 18	- 12	- 36	- 2	- 6
21	+ 13	+ 27	- 49	- 18	+ 15	- 19
	+ 6	- 18	- 2	+ 14	+ 19	+ 3
	+ 13	+ 15	+ 1	+ 5	- 42	- 2
	+ 33	+ 6	+ 1	- 33	+ 6	+ 1
	- 4	+ 19	0			

Tab. 5a

DÖDOC 77-79 - AUSWERTUNG GRAZ						
VERGLEICH: PS		- ED-79, GD		ANZAHL DER PASSPUNKTE: 6		
TRANSFORMATIONSELEMENTE						
	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>7</sub>			
c <sub>x</sub> (m)	- 80.29 ±5.11	- 84.13 ±3.16	- 93.49 ±9.64			
c <sub>y</sub> (m)	-112.71 ±1.25	- 96.71 ±3.23	- 93.57 ±5.56			
c <sub>z</sub> (m)	-120.71 ±5.70	-120.71 ±3.42	-112.99 ±9.44			
du (10 <sup>-6</sup> )	+ 0.8 ±1.2	+ 0.8 ±0.7	+ 0.8 ±0.7			
α <sub>1</sub> (cc)			+ 0.4 ±0.6			
α <sub>2</sub> (cc)			- 1.3 ±1.3			
α <sub>3</sub> (cc)		+ 2.4 ±0.5	+ 2.4 ±0.5			
QUADRATISCHE MITTELWERTE DER RESTKLAFFUNGEN						
	m <sub>p</sub>	m <sub>L</sub>	m <sub>H</sub>	m <sub>p</sub>	m <sub>L</sub>	m <sub>H</sub>
	± 84	± 56	± 63	± 49	± 43	± 22
	± 42	± 41	± 9	± 42	± 41	± 9
RESTKLAFFUNGEN IN TANGENTIALKOORDINATEN (cm)						
P-Nr.	dx	dy	dH	dx	dy	dH
16	- 52	- 33	+ 87	+ 27	- 38	+ 15
17	- 1	+ 52	+ 66	+ 44	+ 43	+ 25
18	+ 9	- 38	- 24	0	- 18	- 16
19	+ 35	- 57	- 89	- 31	- 38	- 30
20	- 24	+ 39	+ 17	- 32	+ 12	+ 25
21	+ 35	+ 52	- 57	- 7	+ 37	- 18
	+ 6	- 38	- 8	+ 31	+ 44	+ 8
	+ 2	- 24	0	+ 2	- 24	0
	- 13	- 44	+ 4	- 13	- 44	+ 4
	- 30	+ 19	+ 11	- 30	+ 19	+ 11
	+ 5	+ 41	- 15	+ 5	+ 41	- 15

Tab. 5b

DÖDOC 77-79 - AUSWERTUNG GRAZ						
VERGLEICH: BS		- ED-79, GD		ANZAHL DER PASSPUNKTE: 6		
TRANSFORMATIONSELEMENTE						
	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>7</sub>			
c <sub>x</sub> (m)	- 83.29 ±10.32	- 86.72 ±10.29	- 63.19 ±34.07			
c <sub>y</sub> (m)	-113.00 ± 2.52	- 98.72 ±10.53	- 78.11 ±19.64			
c <sub>z</sub> (m)	-114.61 ±11.52	-114.61 ±11.15	-140.14 ±33.35			
dμ(10 <sup>-6</sup> )	+ 0.7 ± 2.5	+ 0.7 ± 2.4	+ 0.7 ± 2.4			
α <sub>1</sub> (cc)			+ 2.6 ± 2.0			
α <sub>2</sub> (cc)			+ 3.3 ± 4.5			
α <sub>3</sub> (cc)		+ 2.2 ± 1.6	+ 2.4 ± 1.6			
QUADRATISCHE MITTELWERTE DER RESTKLÄFFUNGEN						
	m <sub>p</sub>	m <sub>L</sub>	m <sub>H</sub>	m <sub>p</sub>	m <sub>L</sub>	m <sub>H</sub>
	+170	+139	+ 97	+158	+141	+ 72
				+148	+139	+ 52
RESTKLÄFFUNGEN IN TANGENTIALKOORDINATEN (cm)						
P-Nr.	dx	dy	dH	dx	dy	dH
16	-108	- 13	+194	- 37	- 17	+129
17	+145	-111	- 41	+185	-119	- 78
18	-179	+33	+ 54	-187	+ 51	+ 61
19	- 48	- 16	- 77	-107	+ 1	- 25
20	+16	+ 64	- 61	+ 9	+ 40	- 53
21	+168	+ 57	- 70	+130	+ 43	- 35

Tab. 5d

DÖDOC 77-79 - AUSWERTUNG GRAZ						
VERGLEICH: BM		- ED 79, GD		ANZAHL DER PASSPUNKTE: 6		
TRANSFORMATIONSELEMENTE						
	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	T <sub>7</sub>			
c <sub>x</sub> (m)	- 81.12 ±3.75	- 83.78 ±2.55	- 78.05 ±6.24			
c <sub>y</sub> (m)	-112.73 ±0.91	-101.64 ±2.61	- 91.93 ±3.60			
c <sub>z</sub> (m)	-115.31 ±4.18	-115.31 ±2.76	-122.54 ±6.11			
dμ(10 <sup>-6</sup> )	+ 0.4 ±0.9	+ 0.4 ±0.6	+ 0.4 ±0.4			
α <sub>1</sub> (cc)			+ 1.2 ±0.4			
α <sub>2</sub> (cc)			+ 0.8 ±0.8			
α <sub>3</sub> (cc)		+ 1.7 ±0.4	+ 1.8 ±0.3			
QUADRATISCHE MITTELWERTE DER RESTKLÄFFUNGEN						
	m <sub>p</sub>	m <sub>L</sub>	m <sub>H</sub>	m <sub>p</sub>	m <sub>L</sub>	m <sub>H</sub>
	+ 62	+ 30	+ 54	+ 39	+ 29	+ 26
				+ 27	+ 23	+ 14
RESTKLÄFFUNGEN IN TANGENTIALKOORDINATEN (cm)						
P-Nr.	dx	dy	dH	dx	dy	dH
16	- 21	+ 12	+ 69	+ 33	+ 8	+ 19
17	- 6	+ 8	+ 57	+ 25	+ 2	+ 28
18	+ 9	- 53	+ 25	+ 3	- 40	+ 30
19	+ 25	- 4	- 71	- 21	+ 10	- 31
20	- 4	+ 32	- 25	- 10	+ 13	- 19
21	- 1	+ 16	- 55	- 30	+ 5	- 28
				+ 6	+ 8	- 17
				+ 10	+ 3	+ 11
				+ 6	- 46	+ 22
				+ 0	+ 3	- 16
				- 7	+ 22	0
				- 16	+ 10	- 1

Tab. 5c

DÖDOC 77-79 - AUSMERTUNG GRAZ		VERGLEICH: PM - GN, GD		ANZAHL DER PASSPUNKTE: 6	
TRANSFORMATIONSELEMENTE					
	$T_4$	$T_5$	$T_7$		
$c_x$ (m)	+587.00 ± 37.60	+612.93 ± 26.65	+613.51 ± 13.08		
$c_y$ (m)	+ 63.66 ± 9.17	- 44.31 ± 27.27	+ 74.07 ± 7.54		
$c_z$ (m)	+451.73 ± 41.95	+451.73 ± 28.87	+425.73 ± 12.80		
$d\mu(10^{-6})$	+ 3.4 ± 9.0	+ 3.4 ± 6.2	+ 3.4 ± 0.9		
$\alpha_1$ (cc)			+ 15.2 ± 0.8		
$\alpha_2$ (cc)			+ 0.3 ± 1.7		
$\alpha_3$ (cc)		- 16.4 ± 4.0	- 15.3 ± 0.6		
QUADRATISCHE MITTELWERTE DER RESTKLAFFUNGEN					
	$m_p$	$m_L$	$m_H$	$m_p$	$m_L$
	+619 ± 618 ± 36			+411 ± 271 ± 209	+ 57 ± 57 ± 2
RESTKLAFFUNGEN IN TANGENTIALKOORDINATEN (cm)					
P-Nr.	dx	dy	dH	dx	dy
16	+952	+ 28	+ 20	+419	+ 59
17	+519	-135	+ 2	+217	- 76
18	- 61	+272	+ 41	- 1	+137
19	-735	+199	+ 33	-291	+ 66
20	-147	-342	- 56	-90	-162
21	-536	-125	- 40	-255	- 19

Tab. 6b

DÖDOC 77-79 - AUSMERTUNG GRAZ		VERGLEICH: PM - GN, GD		ANZAHL DER PASSPUNKTE: 6	
TRANSFORMATIONSELEMENTE					
	$T_4$	$T_5$	$T_7$		
$c_x$ (m)	+587.00 ± 37.63	+612.85 ± 26.81	+611.36 ± 14.54		
$c_y$ (m)	+ 63.66 ± 9.18	- 43.96 ± 27.43	+ 74.20 ± 8.38		
$c_z$ (m)	+451.73 ± 41.98	+451.73 ± 29.04	+427.62 ± 14.23		
$d\mu(10^{-6})$	+ 3.3 ± 9.0	+ 3.3 ± 6.2	+ 3.3 ± 1.0		
$\alpha_1$ (cc)			+ 15.1 ± 0.9		
$\alpha_2$ (cc)			+ 0.0 ± 1.9		
$\alpha_3$ (cc)		- 16.3 ± 4.1	- 15.3 ± 0.7		
QUADRATISCHE MITTELWERTE DER RESTKLAFFUNGEN					
	$m_p$	$m_L$	$m_H$	$m_p$	$m_L$
	+620 ± 618 ± 44	+413 ± 272 ± 311		+ 63 ± 57 ± 28	
RESTKLAFFUNGEN IN TANGENTIALKOORDINATEN (cm)					
P-Nr.	dx	dy	dH	dx	dy
16	+952	+ 28	+ 11	+421	+ 59
17	+519	-135	+ 37	+218	- 76
18	- 61	+272	+ 31	- 1	+138
19	-735	+199	+ 17	-292	+ 66
20	-147	-342	- 93	-90	-163
21	-536	-125	- 3	-255	- 19

Tab. 6a

DÖDOC 77-79 - AUSWERTUNG GRAZ VERGLEICH: PM - ZA-GD		DÖDOC 77-79 - AUSWERTUNG GRAZ VERGLEICH: PM - ZA-GÖ	
ANZAHL DER PASSPUNKTE: 6		ANZAHL DER PASSPUNKTE: 6	
TRANSFORMATIONSELEMENTE			
	$T_4$	$T_5$	$T_7$
$c_x$ (m)	- 81.70 $\pm$ 6.50	- 87.07 $\pm$ 3.72	- 87.49 $\pm$ 12.94
$c_y$ (m)	-112.65 $\pm$ 1.59	- 90.33 $\pm$ 3.81	- 93.49 $\pm$ 7.46
$c_z$ (m)	-122.65 $\pm$ 7.25	-122.66 $\pm$ 4.03	-121.60 $\pm$ 12.66
$du$ ( $10^{-6}$ )	+ 1.1 $\pm$ 1.5	+ 1.0 $\pm$ 0.9	+ 1.0 $\pm$ 0.9
$\alpha_1$ (cc)		- 0.4 $\pm$ 0.8	- 0.4 $\pm$ 0.8
$\alpha_2$ (cc)		- 0.1 $\pm$ 1.7	- 0.1 $\pm$ 1.7
$\alpha_3$ (cc)	+ 3.3 $\pm$ 0.5	+ 3.4 $\pm$ 0.6	+ 3.4 $\pm$ 0.6
QUADRATISCHE MITTELWERTE DER RESTKLAFFUNGEN			
	$m_p$ $m_L$ $m_H$	$m_p$ $m_L$ $m_H$	$m_p$ $m_L$ $m_H$
	$\pm 107 \pm 93 \pm 53$	$\pm 57 \pm 50 \pm 29$	$\pm 57 \pm 49 \pm 28$
RESTKLAFFUNGEN IN TANGENTIALKOORDINATEN (cm)			
P-Nr.	dx   dy   dh	dx   dy   dh	dx   dy   dh
16	-154 - 49 + 83	- 44 - 55 - 27	- 34 - 55 - 14
17	-30 + 52 + 51	+ 33 + 40 + 29	+ 39 + 39 + 36
18	+46 + 15 - 6	+ 34 + 43 - 5	+ 33 + 46 - 4
19	+ 67 - 81 - 68	- 25 - 54 - 2	- 33 - 51 - 11
20	+ 3 + 57 - 12	- 9 + 19 - 39	- 11 + 16 - 42
21	+ 69 + 28 - 48	+ 11 + 6 + 43	+ 6 + 5 + 35

DÖDOC 77-79 - AUSWERTUNG GRAZ VERGLEICH: PM - ZA-GD		DÖDOC 77-79 - AUSWERTUNG GRAZ VERGLEICH: PM - ZA-GÖ	
ANZAHL DER PASSPUNKTE: 6		ANZAHL DER PASSPUNKTE: 6	
TRANSFORMATIONSELEMENTE			
	$T_4$	$T_5$	$T_7$
$c_x$ (m)	- 81.70 $\pm$ 6.50	- 86.98 $\pm$ 3.28	- 85.45 $\pm$ 11.28
$c_y$ (m)	-112.65 $\pm$ 1.59	- 90.69 $\pm$ 3.36	- 93.70 $\pm$ 6.50
$c_z$ (m)	-122.65 $\pm$ 7.25	-122.65 $\pm$ 3.56	-123.37 $\pm$ 11.04
$du$ ( $10^{-6}$ )	+ 1.1 $\pm$ 1.5	+ 1.1 + 0.8	+ 1.1 $\pm$ 0.8
$\alpha_1$ (cc)		- 0.4 $\pm$ 0.7	- 0.4 $\pm$ 0.7
$\alpha_2$ (cc)		+ 0.2 $\pm$ 1.5	+ 0.2 $\pm$ 1.5
$\alpha_3$ (cc)	+ 3.3 $\pm$ 0.5	+ 3.3 $\pm$ 0.5	+ 3.3 $\pm$ 0.5
QUADRATISCHE MITTELWERTE DER RESTKLAFFUNGEN			
	$m_p$ $m_L$ $m_H$	$m_p$ $m_L$ $m_H$	$m_p$ $m_L$ $m_H$
	$\pm 107 \pm 93 \pm 53$	$\pm 51 \pm 50 \pm 9$	$\pm 49 \pm 49 \pm 2$
RESTKLAFFUNGEN IN TANGENTIALKOORDINATEN (cm)			
P-Nr.	dx   dy   dh	dx   dy   dh	dx   dy   dh
16	-154 - 49 + 83	- 46 - 55 - 16	- 34 - 55 - 1
17	-30 + 52 + 51	+ 32 + 40 - 6	+ 39 + 39 + 3
18	+46 + 15 - 6	+ 34 + 42 + 5	+ 33 + 46 + 2
19	+ 67 - 81 - 68	- 23 - 54 + 12	- 33 - 51 - 1
20	+ 3 + 57 - 12	- 9 + 20 - 1	- 10 + 16 - 1
21	+ 69 + 28 - 48	+ 12 + 7 + 6	+ 6 + 5 - 1

Tab. 7b

Tab. 7a

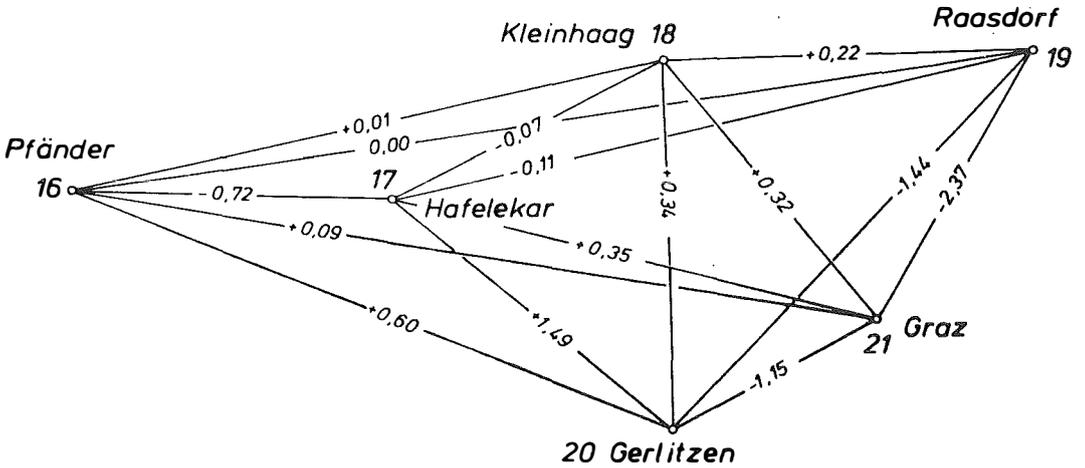
T7	ED-79/GD			GN/GD			GN/GD			ZA/GD			ZA/GD		
	PM	PS	BS	PM	PS	BS	PM	PS	BS	PM	PS	BS	PM	PS	BS
$c_x(m)$	- 83	- 93	- 78 - 63	+611	+601	+616 +631	+614	+603	+619 +633	- 87	- 98	- 82 - 67	- 85	- 96	- 80 - 65
$c_y(m)$	- 93	- 94	- 92 - 78	+ 74	+ 74	+ 75 + 89	+ 74	+ 74	+ 75 + 89	- 93	- 94	- 92 - 79	- 94	- 94	- 93 - 79
$c_z(m)$	-123	-113	-123 +140	+428	+437	+428 +410	+426	+435	+426 +408	-122	-112	-122 -139	-123	-114	-123 -141
$d_{II}(10^{-6})$	+0.8	+0.8	+0.4 +0.7	+3.3	+3.3	+2.9 +3.2	+3.4	+3.4	+3.0 +3.3	+1.0	+1.0	+0.6 +0.9	+1.1	+1.1	+0.8 +1.0
$\alpha_1(cc)$	+1.0	+0.4	+1.2 +2.6	+15.1	+14.6	+15.4 +16.7	+15.2	+14.6	+15.4 +16.7	-0.4	-0.9	-0.1 +1.2	-0.4	-0.9	-0.1 +1.2
$\alpha_2(cc)$	0	-1.3	+0.8 +3.3	0	-1.3	+0.8 +3.3	+0.3	-1.0	+1.1 +3.5	-0.1	-1.4	+0.7 +3.2	+0.2	-1.1	+1.0 +3.4
$\alpha_3(cc)$	+1.9	+2.4	+1.8 +2.4	-15.3	-14.8	-15.4 -14.7	-15.3	-14.8	-15.4 -14.8	+3.4	+3.9	+3.3 +3.9	+3.3	+3.8	+3.2 +3.9
$m_p(cm)$	+ 28	+ 42	+ 27 +148	+ 63	+ 55	+ 67 +144	+ 57	+ 49	+ 58 +145	+ 57	+ 65	+ 49 +160	+ 49	+ 61	+ 38 +161
$m_L(cm)$	+ 28	+ 41	+ 23 +139	+ 57	+ 49	+ 56 +136	+ 57	+ 49	+ 57 +136	+ 49	+ 60	+ 35 +152	+ 49	+ 60	+ 35 +152
$m_{II}(cm)$	+ 2	+ 9	+ 14 +52	+ 28	+ 24	+ 36 +48	+ 2	+ 9	+ 14 +52	+ 28	+ 24	+ 33 +48	+ 2	+ 9	+ 14 +52

Tab. 8

DÖDOC 77-79 - AUSWERTUNG GRAZ									
VERGLEICH: PM - ED-79, GD					ANZAHL DER PASSPUNKTE: 20				
TRANSFORMATIONSELEMENTE									
	T <sub>4</sub>			T <sub>5</sub>			T <sub>7</sub>		
c <sub>x</sub> (m)	- 86.73	+1.93		- 89.30	+1.16		- 89.47	+2.40	
c <sub>y</sub> (m)	-113.11	+0.40		- 99.39	+1.34		- 91.91	+3.14	
c <sub>z</sub> (m)	-127.10	+2.33		-127.10	+1.37		-128.12	+1.98	
dμ(10 <sup>-6</sup> )	+ 2.1	+0.5		+ 2.1	+0.3		+ 2.1	+0.3	
α <sub>1</sub> (cc)							+ 0.7	+0.3	
α <sub>2</sub> (cc)							+ 0.0	+0.3	
α <sub>3</sub> (cc)				+ 2.2	+0.2		+ 2.5	+0.2	
QUADRATISCHE MITTELWERTE DER RESTKLAFFUNGEN									
	m <sub>P</sub>	m <sub>L</sub>	m <sub>H</sub>	m <sub>P</sub>	m <sub>L</sub>	m <sub>H</sub>	m <sub>P</sub>	m <sub>L</sub>	m <sub>H</sub>
	+124	+ 98	+ 76	+ 72	+ 60	+ 40	+ 65	+ 58	+ 30
RESTKLAFFUNGEN IN TANGENTIALKOORDINATEN (cm)									
P-Nr.	dx	dy	dH	dx	dy	dH	dx	dy	dH
1	- 92	-108	+ 44	- 47	+ 36	+ 13	- 51	+ 17	- 18
2	- 52	-101	- 2	- 50	+ 25	- 2	- 50	+ 8	- 15
3	- 62	- 93	+ 94	+ 5	+ 11	+ 45	- 3	- 4	+ 9
4	- 7	- 55	- 22	- 5	+ 31	- 24	- 5	+ 19	- 33
5	- 78	- 46	+ 82	- 32	+ 25	+ 46	- 37	+ 14	+ 21
7	+ 3	- 63	+ 23	+ 28	- 13	+ 4	+ 25	- 21	- 12
8	- 92	- 36	+185	- 13	+ 5	+123	- 24	- 3	+ 85
9	0	0	+ 39	+ 35	+ 2	+ 10	+ 31	0	- 6
10	+ 46	-176	- 15	+ 38	-172	- 9	+ 40	-174	- 6
11	- 36	+ 4	+ 57	+ 26	- 19	+ 4	+ 17	- 18	- 22
12	+ 12	+ 73	- 55	- 30	+ 43	- 19	- 23	+ 46	+ 3
13	+ 50	+ 34	- 8	+ 60	- 5	- 16	+ 59	0	- 17
14	- 21	+ 19	+ 3	+ 26	- 47	- 39	+ 18	- 38	- 56
15	+ 62	+ 63	+ 46	+ 55	- 4	+ 52	+ 56	+ 5	+ 62
16	+ 8	+ 35	+ 2	+ 23	- 40	- 12	+ 21	- 30	- 12
17	+ 26	+ 92	- 30	+ 12	+ 11	- 17	+ 15	+ 22	- 3
18	+ 59	+102	- 84	- 1	+ 43	- 31	+ 9	+ 50	+ 3
19	+ 73	+ 74	-143	- 35	+ 12	- 47	- 17	+ 18	+ 9
20	- 11	+113	- 91	- 69	+ 13	- 36	- 58	+ 27	+ 2
21	+ 36	+139	-126	- 51	+ 47	- 45	- 35	+ 58	+ 6

Tab. 9

Azimutdifferenz  $da = a_T - a_D$  in  $cc$



rel. Maßstabsdifferenz  $d\mu = (s_T - s_D) / s_T$  in mm/km

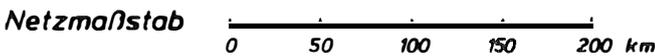
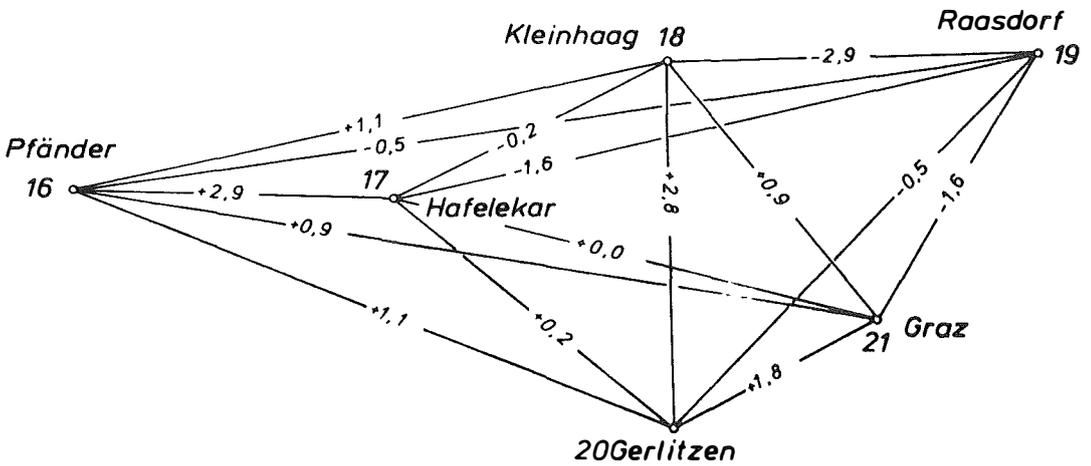


Fig.2 : Abweichungen PM - ED 79

Um eine Vorstellung von der Übereinstimmung der gegenseitigen Lage der betrachteten ED-79 und DÖDOC-PM-Koordinaten nach der T7-Transformation zu erhalten, wurden für die 15 Verbindungsstrecken der 6 österreichischen DÖDOC-Punkte die Differenzen der relativen Entfernungen und der Azimute nach den im Anhang Gln. (5a) angegebenen Formeln berechnet und in Fig. 2 eingetragen. Daraus ist zu ersehen, daß die relativen Entfernungsdifferenzen unter 3 mm/km liegen und die Azimutdifferenzen maximal 2,4<sup>cc</sup> erreichen. Im Mittel ergeben sich die Werte 1,2 mm/km und 0,6<sup>cc</sup>.

### *Vergleich mit dem Gebrauchsnetz*

Das österreichische Gebrauchsnetz GN wurde auf dem Besselschen Ellipsoid berechnet und ist durch Aneinanderfügen von Netzteilen entstanden. Deshalb ist dieses Netz inhomogen, der Maßstab ist schlecht bestimmt, es sind größere Drehungen enthalten und andere Verschiebungsparameter zu erwarten als für ED-79. Beim Vergleich zwischen DÖDOC-Koordinaten und GN werden sich daher andere Transformationsparameter und eine stark signifikante Überlegenheit der vollständigen Transformation T7 ergeben.

Dies zeigt auch der in Tab. 6a durchgeführte Vergleich von präzisen Multikoordinaten PM mit den aus dem Gebrauchsnetz GN und dem österreichischen Geoid GÖ berechneten Koordinaten GN/GÖ. Die Restklaffungen der Transformationen T4 und T5 erreichen völlig unzulängliche Werte von mehreren Metern, nur für die Transformation T7 bleiben sie im Raum und in der horizontalen Ebene unter 0,6 m und in der Höhe unter 0,3 m. Der in Tab. 6b gezeigte Vergleich mit den aus dem deutschen Geoid folgenden Werten GN/GD zeigt in der Lage das gleiche Ergebnis, die Höhenklaffungen sind jedoch aus den schon bekannten Gründen der Herleitung der Geoidhöhen GD wesentlich kleiner. Für die Transformationsparameter werden in beiden Fällen vergleichbare Werte erhalten. Zuzugle der anderen Zentrierung des Besselschen Ellipsoides ergeben sich andere signifikante Verschiebungsparameter, der Maßstabsfaktor wird schwach signifikant mit + 3 mm/km erhalten, für die Drehungen ergeben sich stark signifikante Beträge von  $\alpha_1 = + 15^{\text{cc}}$  und  $\alpha_3 = -15^{\text{cc}}$ .

Die Übersichtstabelle 8 weist ähnliche Ergebnisse auch für die DÖDOC-Koordinaten PS und BM aus, für die genäherte Singlelösung BM werden wiederum wesentlich schlechtere Ergebnisse erhalten.

### *Vergleich mit der zweiten Ausgleichung*

Die Koordinaten der zweiten Ausgleichung (ZA) des österreichischen Gebrauchsnetzes wurden auf dem Besselschen und auf dem internationalen Ellipsoid berechnet. Für den folgenden Vergleich wurden letztere benutzt (siehe auch Tab. 4). Da die zweite Ausgleichung unter Benutzung zusätzlicher

neuer Daten streng in einem Guß für das Gesamtnetz ausgeführt wurde, ist zu erwarten, daß sie die beim Gebrauchsnetz festgestellten Mängel weitgehend beseitigt. Der Vergleich von PM- und ZA/GÖ-Koordinaten in Tab. 7a ergibt überraschenderweise für die Transformation T7 ein nur geringfügig besseres Ergebnis gegenüber den Gebrauchskoordinaten (siehe Tab. 6a). Die Verschiebungsparameter entsprechen naturgemäß den für ED-79-Koordinaten erhaltenen Werten, und die Verschiebungen haben die gleiche signifikante Größe; ebenso trifft dies für  $\alpha_3 = +3^{\text{cc}}$  zu, dem in Tab. 5a bis c der Wert  $+2^{\text{cc}}$  entspricht. Die Transformation T4 führt zu großen Restklaffungen, die durch die  $\alpha_3$ -Drehung gekennzeichnete Transformation T5 ergibt eine wesentliche Verbesserung auf den halben Betrag.

Der in Tab. 8 gezeigte Vergleich mit DÖDOC-Koordinaten PS und BM bringt analoge und für genäherte Multikoordinaten BM sogar bessere Ergebnisse als die präzisen PM-Koordinaten. Für Singlekoordinaten BS folgen wiederum wesentlich ungenauere Werte und sogar etwas schlechtere Werte als für Gebrauchskoordinaten. Die Einführung der durch vom deutschen Geoid abgeleiteten Höhen GD in Tab. 7b verbessert die Restklaffungen in den Höhen, in der horizontalen Lage findet keine Änderung statt.

#### 4. Vergleich mit allen DÖDOC-Punkten

Der Vergleich und die Diskussion im Gebiet der Bundesrepublik und im Gesamtgebiet werden in [1] ausführlich durchgeführt. Hier sollen nur die in Graz mit den Transformationen T4, T5 und T7 berechneten Vergleiche zwischen ED-79 und präzisen Multikoordinaten PM in Tab. 9 mitgeteilt werden. Die Mittelwerte der Restklaffungen steigen gegenüber den im österreichischen Teil nach Tab. 5a erhaltenen Werten auf das Doppelte, die Restklaffungen enthalten im Gebiet der Bundesrepublik 2 Ausreißer (Punkt 8 Köterberg und Punkt 10 Coburg). Die Verschiebungsparameter stimmen innerhalb der Fehlergrenzen mit den im österreichischen Anteil erhaltenen Werten überein, haben aber wegen des größeren Gebiets ein größeres Gewicht. Für den Maßstabsfaktor  $d_\mu$  und für die  $\alpha_3$ -Drehung werden wie im österreichischen Teil schwach signifikante Werte von  $+2 \text{ mm/km}$  und  $+2^{\text{cc}}$  erhalten. Hinsichtlich mehr detaillierter und allgemeiner Betrachtungen sei auf [1] verwiesen.

#### 5. Schlußbemerkung und Dank

Als Ergebnis von DÖDOC liegt in Österreich und in der Bundesrepublik ein System von Punkten vor, welches im Weltsystem NWL 9D der präzisen und im System WGS 72 der genäherten Doppler-Bahndaten bestimmt ist. Mit Hilfe der abgeleiteten Transformationsparameter können beliebige Punkte der

Landesvermessungen in dieses System transformiert und damit geozentrische Koordinaten und ellipsoidische Höhen berechnet werden. Das System der Dopplerpunkte kann auch eine Grundlage für dynamische Untersuchungen in beiden Ländern sein. Die österreichischen DÖDOC-Punkte wurden daher dem österreichischen Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen übergeben und von diesem in die Kartei der grundlegenden Punkte nullter Ordnung aufgenommen.

Mit DÖDOC wurde ein Verfahren der simultanen Punktbestimmung in Blöcken und die Vereinigung dieser zu einem Gesamtblock entwickelt. Dabei wurde eine relative Punktgenauigkeit von  $\pm 30$  cm erreicht, welche über die Genauigkeit der Einzelpunkteinschaltung liegt. Da durch letztere die absolute Lage, durch das Blockverfahren aber die gegenseitige Lage genauer bestimmt werden, erscheint es sinnvoll, nach Durchführung der Berechnungen die Multilösung in die Singlelösung durch eine lineare Transformation einzupassen und aus ersterer die geometrische Konfiguration, aus letzterer aber die absolute Orientierung zu ermitteln. Dieses Verfahren entspricht der Einpassung der relativ genauen Gravimetermessungen in das Niveau der ungenaueren, aber absolut besser orientierten Pendel- oder Absolutmessungen. Der Versuch, dieses Verfahren in DÖDOC anzuwenden, brachte jedoch wegen der Kleinheit des Gebietes kein numerisch auswertbares Ergebnis.

Die Teilnahme Österreichs an der DÖDOC-Kampagne wurde durch Mittel des Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung ermöglicht. Die Österreichische Akademie der Wissenschaften und das Institut für Angewandte Geodäsie und Photogrammetrie der TU Graz haben Einrichtungen und Personal hierfür zur Verfügung gestellt, das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen hat das Projekt durch Beratung und Überlassung von Unterlagen unterstützt. Herr Dr. *P. Pesec* von der Österreichischen Akademie der Wissenschaften hat bei der Organisation und Durchführung der Messungen maßgebend mitgewirkt und die Berechnung der Dopplerkoordinaten in Graz ausgeführt. Herr Dr. *J. Litschauer*, Wien, hat sich an der Ermittlung der Geoidhöhen und der Berechnung von Koordinaten im System ED-79 und der zweiten Ausgleichung für Punkte, die nicht zum österreichischen Netz 1. Ordnung gehören, und mit Rat Dipl.-Ing. *G. Kienast* an der Durchführung der Transformationen beteiligt. Die Ausarbeitung der Zeichnungen und Tabellen wurde von Dipl.-Ing. *Sommer*, die Reinschrift von Fräulein *Christine Bubik* durchgeführt. Allen genannten Institutionen und Personen sei der Dank für die Mitarbeit ausgesprochen.

In der Bundesrepublik hat das Institut für Angewandte Geodäsie, IFAG (Sonderforschungsbereich 78), die Organisation durchgeführt. Mitgearbeitet haben die in Abschnitt 1 angeführten Universitäten, Dienststellen und Personen aus der BRD und dem Ausland. Diesen sei für die hervorragende Kooperation herzlich gedankt. DÖDOC hat dadurch ein Beispiel gegeben, wie mit beschränkten Mitteln auch größere Projekte durchgeführt werden können.

Literatur

- [1] a) *Schlüter, W. et al., Pesec, P., Rinner, K.*: "The present status of the German-Austrian Doppler Observation Campaign." Second International Symposium "On the Use of Artificial Satellites for Geodesy and Geodynamics", Athens, 1978.
- b) *Schlüter, W., Hornik, H.*: "A Comparison of the Results from the German-Austrian Doppler Observation Campaign (DÖDOC) with ED-77." Journées Luxembourgeoises de Géodynamique, 1978.
- c) *Schlüter, W., Wilson, P.*: "Combining the Results of European Doppler Observation Campaign computed at the IFAG/SFB 78." IUGG/IAG Symposium on Geodetic Networks and Computation, September 1981.
- d) *Mitter, J.*: „Geodätische Forschungsarbeit in Österreich.“ Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie, 1979, S. 89–101.
- e) *Seeger, H. et al., Rinner, K. et al.*: „Endbericht über DÖDOC.“ DGK-Publikation (in Vorbereitung).
- [2] *Rinner, K.*: „Über Dopplermessungen im Hochgebirge.“ Internationale Geodätische Woche in Obergurgl 1978, Publikation des Institutes für Vermessungswesen und Photogrammetrie, Universität Innsbruck.
- [3] *Kouba, J., Boal, J. D.*: "Program GEODOP Documentation." Geodetic Survey of Canada, 1975.
- [4] Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen: „Die zweite Ausgleichung des österreichischen Dreiecksnetzes 1. Ordnung.“ Wien 1973.
- [5] a) *Rinner, K., Moritz, H.*: „Zur Geoidbestimmung in Österreich.“ Sitzungsberichte der Österreichischen Akademie der Wissenschaften, Math.-naturw. Klasse, Abt. II, 186. Band, 1977 (S. 171–177).
- b) Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen: „Die astro-geodätischen Arbeiten Österreichs für ED-77.“ Wien 1979.
- c) *Schwarz, K. P., Sünkel, H.*: „Vorarbeiten zur Geoidbestimmung in Österreich.“ Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie, 1978 (S. 57–71).
- d) *Erker, E.*: „Überlegungen zur Geoidbestimmung in Österreich.“ Österreichische Zeitschrift für Vermessungswesen und Photogrammetrie, 1980 (S. 79–89).
- e) *Levallois, J., Monge, H.*: "Le géoïde Européen, version 1975." Institut Géographique National, Paris 1975.

1. Transformation:  $(X, Y, Z) \rightleftharpoons (B, L, H)$

ANHANG

B = Breite, L = Länge, H = Höhe

Allgemeine Formeln

$$\begin{aligned} X &= (N + H) \cos B \cos L \\ Y &= (N + H) \cos B \sin L \\ Z &= (N(1 - e^2) + H) \sin B \end{aligned} \tag{1a}$$

$$\begin{aligned} L &= \arctan (Y/X) \\ B &= \arctan (Z/p (1 - e^2 N / (N + H))^{\frac{1}{2}}) \\ H &= p / \cos B - N \\ p &= \sqrt{X^2 + Y^2} \end{aligned} \tag{1b}$$

Differentialformeln

$$d\mathbf{x} = \mathbf{D} d\mathbf{b}, \quad d\mathbf{b} = \mathbf{D}^T d\mathbf{x} \tag{1c}$$

$$d\mathbf{x} = \begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \end{bmatrix}, \quad \mathbf{D} = \begin{bmatrix} -\sin B \cos L & -\sin L & \cos B \cos L \\ -\sin B \sin L & \cos L & \cos B \sin L \\ \cos B & 0 & \sin B \end{bmatrix}, \quad d\mathbf{b} = \begin{bmatrix} (N+H) dB \\ (N+H) \cos B dL \\ dH \end{bmatrix} \tag{1d}$$

$$\mathbf{Q}_x = \mathbf{D} \mathbf{Q}_b \mathbf{D}^T, \quad \mathbf{Q}_b = \mathbf{D}^T \mathbf{Q}_x \mathbf{D} \tag{1e}$$

2. Lineare Transformation:  $\underline{x} \rightarrow \underline{x}_D$ allgemeine Form:

$$\underline{x}_D = \underline{c} + \mu \underline{R} \underline{x}$$

$\underline{c}$ ( $c_x, c_y, c_z$ )	Verschiebungsvektor	(2)
$\mu$	Maßstabsfaktor	
$\underline{R}$ ( $a_1, a_2, a_3$ )	Drehmatrix	

Differentialformen:für Näherungen ( $\underline{R}$ ) =  $\underline{E}$  (Einheitsmatrix, ( $\mu$ ) = 1

$$\underline{x}_D = \underline{x} + \underline{c} + d\mu \underline{x} + d\underline{A} \underline{x} \quad (3a)$$

$$\underline{x}_D = \underline{c} + (1 + d\mu) d\underline{R} \underline{x} \quad (d\underline{R} = \underline{E} + d\underline{A}) \quad (3b)$$

$$\underline{x}_D = \underline{x} + \underline{C} \underline{p} \quad (3c)$$

$$d\underline{A} = \begin{bmatrix} 0 & -a_3 & a_2 \\ a_3 & 0 & -a_1 \\ -a_2 & a_1 & 0 \end{bmatrix}, \quad \underline{C} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & x & 0 & z & -y \\ 0 & 1 & 0 & y & -x & 0 & x \\ 0 & 0 & 1 & z & y & -x & 0 \end{bmatrix} \quad (3d)$$

$$\underline{p} = (c_x, c_y, c_z, d\mu, a_1, a_2, a_3)^T$$

Restklaffungen:

$$\underline{v}_i = \underline{C}_i \underline{p} + \underline{w}_i, \quad \underline{w}_i = \underline{x}_i - \underline{x}_{D_i} \quad (4a)$$

Normalgleichungen:

$$\underline{C}^T \underline{C} \underline{p} + \underline{C}^T \underline{w} = 0$$

$$\underline{C}^T = [\underline{C}_1^T, \underline{C}_2^T, \dots, \underline{C}_n^T], \quad \underline{w}^T = [\underline{w}_1^T, \underline{w}_2^T, \dots, \underline{w}_n^T] \quad (4b)$$

3. Transformation: ( $\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$ )  $\rightleftharpoons$  ( $z, a, s$ )

a = Azimut, z = Zenitdistanz, s = Entfernung

Allgemeine Formeln

$$\Delta \underline{x} = \underline{R} \underline{r}_H, \quad \underline{r}_H = \underline{R}^T \Delta \underline{x}$$

$$\Delta \underline{x} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}, \quad \underline{r}_H = \begin{bmatrix} u = s \sin z \cos a \\ v = s \sin z \sin a \\ w = s \cos z \end{bmatrix}, \quad \underline{R} = \begin{bmatrix} -\sin \varphi \cos \lambda & -\sin \lambda & \cos \varphi \cos \lambda \\ -\sin \varphi \sin \lambda & \cos \lambda & \cos \varphi \sin \lambda \\ \cos \varphi & 0 & \sin \varphi \end{bmatrix} \quad (5a)$$

$$a = \arctan(v/u), \quad z = \arctan(\sqrt{u^2 + v^2}/w), \quad s = \sqrt{u^2 + v^2 + w^2}$$

Differentialformeln

$$d\Delta \underline{x} = \underline{C} d\underline{h}, \quad d\underline{h} = \underline{C}^T d\Delta \underline{x}, \quad \underline{C} = \underline{R} \underline{H} \quad (5b)$$

$$d\Delta \underline{x} = \begin{bmatrix} d\Delta X \\ d\Delta Y \\ d\Delta Z \end{bmatrix}, \quad \underline{H} = \begin{bmatrix} \cos z \cos a & -\sin a & \sin z \cos a \\ \cos z \sin a & \cos a & \sin z \sin a \\ -\sin z & 0 & \cos z \end{bmatrix}, \quad d\underline{h} = \begin{bmatrix} s dz \\ s \sin z da \\ ds \end{bmatrix}$$

$$\underline{Q}_{\Delta x} = \underline{C} \underline{Q}_h \underline{C}^T, \quad \underline{Q}_h = \underline{C}^T \underline{Q}_{\Delta x} \underline{C}$$