

Kombination von terrestrischer Messung mit GPS für die lokalen Netze in Wettzell und Concepcion

Daniela Thaller, Peter Steigenberger, Markus Rothacher

Ausgangsdaten

Sowohl für Wettzell als auch für TIGO in Concepcion liegen die Auswertungen der jeweiligen terrestrischen Netzmessungen und der durchgeführten lokalen GPS-Messkampagnen vor (siehe Becker, Klügel). Für jede Station sollen beide Datensätze, terrestrisch und GPS, auf Normalgleichungsebene miteinander kombiniert werden, um das terrestrische Netz in ein globales Koordinatensystem einzubinden, und anschließend die lokalen Zentrierwerte in einem globalen geozentrischen System zur Verfügung stellen zu können. Während aus der GPS-Auswertung bereits Normalgleichungen im Format der Bernese GPS Software vorliegen, mussten aus den Resultaten der terrestrischen Auswertung zunächst Normalgleichungen erzeugt werden. Dazu wurde das Programm PAND2SNX in der Bernese GPS Software hinzugefügt. Abhängig von den Eingabedateien (*.gl1 und *.gl2 oder *.gl3) wird in den Subroutinen READGL1, READGL2 bzw. READGL3 die Lösung einer Höhennetzausgleichung, einer Lagenetzausgleichung bzw. einer 3D-Netzausgleichung eingelesen. Die enthaltene Information besteht aus Punktnummern, apriori Koordinaten, geschätzten Koordinatenzuschlägen, Kofaktormatrix Q_{xx} der Koordinaten und aposteriori Varianzfaktor. Die Inversion von Q_{xx} stellte sich allerdings als problematisch heraus, da die als Resultat einer freien Netzausgleichung des Programms PANDA gespeicherte Kofaktormatrix im vorliegenden Fall einen Rangdefekt von 4 aufweist (3 Translationen, Rotation um z) und folglich nicht invertierbar ist. Als Ausweg wurden für die vorliegenden Auswertungen nur die Korrelationen zwischen den drei Koordinatenkomponenten jedes Netzpunktes berücksichtigt, die Korrelationen zwischen den einzelnen Punkten wurden dagegen vernachlässigt. Die derart vereinfachte Kofaktormatrix läßt sich invertieren und man erhält eine Normalgleichungsmatrix, bei der analog zu Q_{xx} lediglich 3x3-Blöcke auf der Hauptdiagonalen besetzt sind. Nach Erhalt des Normalgleichungssystems muss dieses noch vom lokalen Horizontsystem in ein geozentrisches System transformiert werden, um eine Kombination mit GPS zu ermöglichen (Subroutine NEQROT). Es hat sich als günstig erwiesen, den Nullpunkt des lokalen Systems als Rotations- und Translationspunkt zu wählen. Am Ende wird die gesamte Normalgleichungsinformation in einer NQ0-Datei gespeichert.

Für TIGO ergab sich im Laufe der Auswertungen noch das Problem, dass der Höhenbezug für GPS anders gewählt war als für die terrestrischen Messungen. Deshalb wurden folgende Korrekturen angebracht und eine neue Normalgleichung gespeichert:

<i>Punkt</i>	<i>Bezugspunkt</i>	<i>Korrektur für</i>	<i>Korrekturwert</i>	<i>Datei</i>
T300 (CONZ)	Leuchtschraube	terrestrische Messung	-1.25 cm	TIGOLOC.STA
T301	terr. Messung	GPS	-3.5 cm	TIGOGPS.STA
T302	terr. Messung	GPS	-3.5 cm	TIGOGPS.STA
T303	terr. Messung	GPS	-3.5 cm	TIGOGPS.STA

Die nachfolgende Tabelle bietet einen Überblick über alle Ausgangsdaten.

	<i>PANDA</i>	<i>Benennung in Bernese</i>	<i>NQ0 geozentrisch</i>	<i>Exzentrizitäten korrigiert</i>
Wettzell terr.	PANDA.gl3	WTZLOC_XYZ.GL3	TERRNET2	-
Wettzell GPS	-	-	ADD_GESAMT	-
TIGO terr.	QMatrixTIGO.gl3	TIGOLOC.GL3	TIGO_3	TIGO_5
TIGO GPS	-	-	ADDL112814	GPSNET2

Vorgehensweise bei der Kombination

Die in obiger Tabelle fett gekennzeichneten Normalgleichungen wurden für die kombinierten Lösungen für Wettzell bzw. TIGO als Input verwendet. Bei der Kombination mit dem Programm ADDNEQ2 der Bernese GPS Software sind folgende Punkte zu beachten:

Skalierung und Gewichtung:

Aus numerischen Gründen müssen die Normalgleichungen der GPS-Auswertung und der terrestrischen Auswertung einheitlich skaliert werden. Dazu wurde zunächst für jede Normalgleichungsmatrix der Mittelwert aller Hauptdiagonalelemente ermittelt und dann der GPS-Wert und der terrestrische Wert zueinander ins Verhältnis gesetzt. Dies ergibt einen Skalierungsfaktor für die terrestrische Normalgleichung gegenüber GPS von $3.655 \cdot 10^{-5}$ (Wettzell) bzw. $5.985 \cdot 10^{-6}$ (TIGO).

Ziel für das Kombinationsergebnis ist die Beibehaltung der inneren Geometrie des terrestrischen Netzes, also die Vermeidung von Deformationen durch das GPS-Netz. Die GPS-Lösung soll lediglich zur Lagerung in einem geozentrischen System verwendet werden. Mit den oben aufgeführten Skalierungen gehen GPS und das terrestrische Netz gleich stark in die Kombination ein. Eine Deformation gegenüber einer rein terrestrischen Lösung konnte anhand eines Vergleichs der Basislinienlängen zwischen allen Netzpunkten festgestellt werden (Verwendung des Programms COMPAR aus der Bernese GPS Software). Daraufhin wurde schrittweise (in Zehnerpotenzen) das Gewicht der terrestrischen Lösung gegenüber der GPS-Lösung erhöht bis alle Basislinienlängen mit denen einer terrestrischen Lösung übereinstimmten. Es hat sich gezeigt, dass dies ab einem unterschiedlichen Gewicht von 10^3 der Fall ist. Außerdem ist es dann möglich, die kombinierte Lösung durch eine reine Helmert-Transformation, also ohne Restklaffungen, in die terrestrische Lösung zu überführen.

Beide Faktoren, die Skalierung und die Gewichtung, wurden mit der Datei WEIGHT.WGT in die Kombination eingeführt.

Helmert-Parameter:

Durch das Ignorieren der Korrelationen zwischen den Punkten des terrestrischen Netzes (siehe oben) besitzt die Normalgleichung bezüglich ihrer Lagerung keine Freiheitsgrade mehr. Beim Einlesen und Umwandeln der PANDA-Information wird zwar apriori eine Rotation und Translation in ein geozentrisches System angebracht, dies entspricht aber nur in erster Näherung dem Referenzsystem von GPS. Um letztlich die Lagerung bezüglich Orientierung und Translation vollständig aus der GPS-Lösung zu übernehmen, müssen die Freiheitsgrade für das terrestrische Netz wieder hergestellt werden. Dies geschieht durch das Aufsetzen von je drei Translationen und Rotationen für das terrestrische Normalgleichungssystem.

Des Weiteren wurde für das GPS-Netz ein Skalierungsfaktor aufgesetzt um zu verhindern, dass das terrestrische Netz durch die - sehr wahrscheinlich unterschiedliche - GPS-Skalierung deformiert wird.

Das Einführen und Schätzen dieser Helmert-Parameter wird über die oben bereits erwähnte Datei WEIGHT.WGT gesteuert. Momentan ist die programmtechnische Umsetzung allerdings noch nicht in der Hauptversion der Bernese GPS Software enthalten, sondern lediglich in einer Projektversion verfügbar.

Datumsfestlegung:

Zur Lagerung der kombinierten Lösung wird lediglich ein Punkt auf seine apriori Koordinaten „constrained“ ($\sigma = 0.0001$ m). Für beide Netze wurde ein Punkt gewählt, der sowohl mit GPS als auch terrestrisch beobachtet wurde, und der als permanenter GPS-Punkt verfügbar ist. Im Einzelnen ist das der Punkt WTZR (lokale Punktbezeichnung 1202) für das Wettzell-Netz und CONZ (lokale Punktbezeichnung 300) für das TIGO-Netz.

Schreiben einer SINEX-Datei

In den gespeicherten SINEX-Dateien sollten die aufgesetzten Helmert-Parameter nicht enthalten sein, deshalb werden sie nach dem Stacken der beiden Normalgleichungen pre-eliminiert (wird über das Input-Panel gesteuert).

Durch den Stacking-Algorithmus sind je nach Reihenfolge die Exzentrizitäten aus der terrestrischen oder der GPS-Normalgleichung in der kombinierten Normalgleichung gespeichert und werden entsprechend in die SINEX-Datei geschrieben. Da letztlich aber eine Mischung beider Informationen in der SINEX-Datei gewünscht ist (für permanente GPS-Punkte sollten die Antennenhöhen aus GPS übernommen werden; für alle anderen Punkte sollten die Werte aus der terrestrischen Messung gewählt werden, in der Regel 0), müssen die Werte in der SINEX-Datei noch kontrolliert und gegebenenfalls per Hand geändert werden.

Auch der FILE/REFERENCE-Block in der SINEX-Datei muss gegebenenfalls geändert werden, da zum Schreiben die Header-Datei aus dem IGS-Reprocessing verwendet wird.

Für die Station Wettzell wurde neben einer SINEX-Datei mit allen vorhandenen Punkten (für den internen Gebrauch) auch eine SINEX-Datei erzeugt, welche nur Punkte enthält, die für externe Nutzer von Interesse sind. Alle anderen Punkte wurden über die Datei STAINF_SNX.STA pre-eliminiert. Da dieser Pre-Eliminationsschritt normalerweise vor dem Stacken gemacht wird, für die vorliegende Auswertung aber die Stationen aus GPS und terrestrischer Messung kombiniert werden sollen, wurde als Zwischenschritt eine kombinierte Normalgleichung mit allen Stationen gespeichert (GPSTER25.NQ0) und erst in einem zweiten ADDNEQ2-Lauf aus dieser Normalgleichung die entsprechenden Stationen pre-eliminiert und eine SINEX-Datei gespeichert.

Als Kontrolle wurden die erzeugten SINEX-Dateien wieder mit Bernese eingelesen (Programm SNX2NQ0), in Normalgleichungen umgewandelt und eine identische Lösung reproduziert.

Ergebnisse für Wettzell (GPSTER25)

Die kombinierte Lösung für Wettzell mit allen Stationen und der oben beschriebenen Vorgehensweise bei der Berechnung liefert einen aposteriori RMS von 3.87 mm. Die aufgesetzten Helmert-Parameter und deren formale Fehler wurden wie folgt geschätzt:

GPS	Scale	-3026.89188	+-	3218.04692	ppb
LOK	Translation x	-372.31714	+-	155.21034	meters
LOK	Translation y	535.51392	+-	85.75655	meters
LOK	Translation z	212.12646	+-	119.81924	meters
LOK	Rotation x	-3627.37552	+-	1958.35796	masec
LOK	Rotation y	-11564.92885	+-	6312.33160	masec
LOK	Rotation z	22829.24594	+-	2297.00515	masec

Die Translationen erscheinen im ersten Moment sehr groß, da die apriori angebrachte Translation deutlich besser als 1 m sein sollte. Allerdings sind für ein derart kleines Netz wie Wettzell die geozentrisch geschätzten Rotationen und Translationen extrem hoch miteinander korreliert, und eine kleine Rotation kann genauso gut durch eine Translation ausgedrückt werden und umgekehrt. Rechnet man die Translationen in ein lokales System um, so bekommt man ein erstes Anzeichen dafür, dass die hohen Korrelationen auch hier für die unerwartet großen Translationen verantwortlich sind, denn in einem lokalen System betrachtet handelt es sich fast ausschließlich um horizontale Verschiebungen:

North	=	323.00506	m +- 50.51804	m
East	=	605.02841	m +- 49.00417	m
Height	=	1.09771	m +- 202.10791	m

Einen weiteren Beweis liefert die Umrechnung der geschätzten Rotationen in Translationen, indem der Punkt WTZR mit obigen Rotationen verändert wird und die daraus resultierenden Koordinatendifferenzen betrachtet werden:

Δx	=	372.32160	m
Δy	=	-535.52471	m
Δz	=	-212.14552	m

Folglich können die geschätzten Translationen bis auf cm durch die geschätzten Rotationen kompensiert werden. Die verbleibenden Rotationen sollten Lotabweichung und Ungenauigkeiten in der Ausrichtung des lokalen Netzes nach Norden widerspiegeln.

Eine Helmert-Transformation zwischen dem kombinierten Koordinatensatz und einer rein terrestrischen Vergleichslösung (TERR_6) liefert schließlich realistische Translationen. Der nachfolgende Auszug aus der Ausgabedatei HELM_TER.OUT verdeutlicht außerdem, dass GPS lediglich zur geozentrischen Lagerung verwendet wurde.

RMS OF TRANSFORMATION :		0.00	MM
TRANSLATION IN X :		-16.93	+- 0.00 MM
TRANSLATION IN Y :		-16.77	+- 0.00 MM
TRANSLATION IN Z :		8.21	+- 0.00 MM
ROTATION AROUND X-AXIS:	0	0	19.55899 +- 0.00199 "
ROTATION AROUND Y-AXIS:	-	0	0 10.46222 +- 0.00392 "

ROTATION AROUND Z-AXIS: 0 0 13.26659 +- 0.00121 "
 SCALE FACTOR : -0.0089 +- 0.0058 MM/KM

Eine Helmert-Transformation zu einer reinen GPS-Lösung (GPSNET) zeigt dagegen deutlich größere Residuen, während die Parameter selbst nicht signifikant bestimmt sind. Der nachfolgende Auszug aus HELM_GPS.OUT verdeutlicht, dass die geozentrische Lagerung des gesamten Netzes offensichtlich nicht besser als 1 mm erfolgen kann.

NUM	NAME	FLG	RESIDUALS IN MILLIMETERS		
1	W303	A A	-0.23	-3.43	0.20
2	W304	A A	1.00	-0.38	-5.63
3	WT03	A A	-0.54	0.00	-3.02
4	WT08	A A	-0.43	-0.63	-4.52
5	WT15	A A	1.43	-0.19	4.10
6	WT19	A A	-2.55	-0.16	0.79
7	WT21	A A	-1.22	1.01	1.74
8	WT24	A A	-0.52	1.30	-0.32
9	WT25	A A	0.92	2.25	5.21
10	WTZA	A A	0.77	-0.56	1.14
11	WTZR	W W	-0.08	0.42	-0.43
12	WTZT	A A	0.71	0.06	0.41
13	WTZZ	A A	0.73	0.30	0.32
RMS / COMPONENT			1.09	1.31	3.04

NUMBER OF PARAMETERS : 7
 NUMBER OF COORDINATES : 39
 RMS OF TRANSFORMATION : 2.13 MM

PARAMETERS:

TRANSLATION IN X : 0.89 +- 0.59 MM
 TRANSLATION IN Y : -1.08 +- 0.59 MM
 TRANSLATION IN Z : 0.26 +- 0.59 MM
 ROTATION AROUND X-AXIS: - 0 0 6.25443 +- 2.99365 "
 ROTATION AROUND Y-AXIS: 0 0 14.10374 +- 5.74406 "
 ROTATION AROUND Z-AXIS: 0 0 0.04676 +- 1.17601 "
 SCALE FACTOR : 8.6616 +- 5.4709 MM/KM

Als SINEX-Dateien wurden erzeugt:

WTZ_SNX1 : Offizielle Version nur mit ausgewählten Netzpunkten; mit DOMES-Nummern
 WTZ_SNX2 : Interne Version mit allen Netzpunkten

Ergebnisse für TIGO Concepcion (TIGONET8)

Die kombinierte Lösung für TIGO liefert einen aposteriori RMS von 5.25 mm. Die aufgesetzten Helmert-Parameter und deren formale Fehler wurden wie folgt geschätzt:

LOK	Translation x	-360.00284 +- 34.18178 meters
LOK	Translation y	66.01759 +- 17.17952 meters
LOK	Translation z	-226.07343 +- 12.28139 meters
LOK	Rotation x	7146.96188 +- 597.25977 masec
LOK	Rotation y	7839.09291 +- 572.67716 masec
LOK	Rotation z	-9091.75126 +- 1020.47146 masec
GPS	Scale	-2781.40016 +- 749.81476 ppb

Auch für TIGO gilt, dass die geschätzten Translationen nicht als solche interpretiert werden dürfen, wie sowohl die Betrachtung der Translationen in einem lokalen System zeigt, als auch die Umrechnung der

geschätzten Rotationen in Translationen. In einem lokalen System betrachtet ergeben sich folgende Translationen:

```
North = -281.80501 m +- 5.95972 m
East  = -325.04561 m +- 37.70814 m
Height = 9.21081 m +- 12.52759 m
```

Die Umrechnung des Punktes CONZ mit obigen Rotationen liefert folgende Koordinatendifferenzen:

```
Δx = 360.00438 m
Δy = -66.01959 m
Δz = 226.07809 m
```

Für TIGO können also die geschätzten Translationen bis auf wenige mm durch die Rotationen kompensiert werden. Die verbleibenden Rotationen sollten auch hier Lotabweichung und Ungenauigkeiten in der Ausrichtung des lokalen Netzes nach Norden widerspiegeln.

Eine Helmert-Transformation zu einer rein terrestrischen Lösung (TIGO_4) liefert folgendes Ergebnis (Auszug aus HELM_TER.OUT) und verdeutlicht damit auch für TIGO, dass einerseits GPS lediglich zur geozentrischen Lagerung verwendet wurde, und andererseits die tatsächlichen Translationen für das rein terrestrische Netz im mm-Bereich liegen:

```
RMS OF TRANSFORMATION :      0.01 MM

TRANSLATION IN X      :          0.48      +- 0.00      MM
TRANSLATION IN Y      :          -0.01      +- 0.00      MM
TRANSLATION IN Z      :          4.83      +- 0.00      MM
ROTATION AROUND X-AXIS: - 0 0 10.51415 +- 0.03561 "
ROTATION AROUND Y-AXIS:  0 0 9.13150  +- 0.01560 "
ROTATION AROUND Z-AXIS:  0 0 1.11605  +- 0.01053 "
SCALE FACTOR          :          0.0162      +- 0.0488 MM/KM
```

Eine Helmert-Transformation zu einer reinen GPS-Lösung (GPSNET2) zeigt auch für TIGO größere Residuen als zur reinen terrestrischen Lösung (siehe nachfolgenden Auszug aus HELM_GPS.OUT). Allerdings gibt es für das TIGO-Netz lediglich vier gemeinsame Punkte, die sowohl mit GPS als auch terrestrisch beobachtet wurden, dementsprechend sind die verbleibenden Residuen kleiner als für Wettzell (7 Parameter werden aus lediglich 12 Koordinaten geschätzt!). Dies bedeutet aber nicht, dass die geozentrische Lagerung für TIGO besser ist als für Wettzell. Der Auszug zeigt ebenfalls, dass analog zu Wettzell die Parameter selbst nicht signifikant bestimmt sind.

NUM	NAME	FLG	RESIDUALS IN MILLIMETERS		
1	CONZ	W W	-0.17	0.69	0.00
2	T301	A A	-0.34	-2.09	0.03
3	T302	A A	-0.15	1.52	0.03
4	T303	A A	0.66	-0.12	-0.06
RMS / COMPONENT			0.45	1.54	0.04

```
NUMBER OF PARAMETERS :      7
NUMBER OF COORDINATES :     12
RMS OF TRANSFORMATION :     1.25 MM
```

PARAMETERS :

```
TRANSLATION IN X      :          0.55      +- 0.62      MM
TRANSLATION IN Y      :          -0.68      +- 0.62      MM
TRANSLATION IN Z      :          0.15      +- 0.62      MM
ROTATION AROUND X-AXIS:  0 0 4.08671 +- 7.65830 "
```

```

ROTATION AROUND Y-AXIS:      0  0  1.25231 +-  2.94618 "
ROTATION AROUND Z-AXIS:    -  0  0  0.19397 +-  2.41316 "
SCALE FACTOR                :          4.7022 +- 11.3806 MM/KM

```

Für das TIGO-Netz wurde nur eine SINEX-Datei generiert, die alle Punkte der Netzmessung enthält: TIGO_SNX.

Bezüglich der DOMES-Nummern ist zu erwähnen, dass der offizielle SLR-Referenzpunkt (41719M001) offensichtlich nicht der Achsenschnittpunkt des Teleskops ist, sondern eine Markierung unterhalb des Fernrohrs. Dieser Marker wurde allerdings bei der terrestrischen Netzmessung nicht eingemessen bzw. ist nicht im Datensatz der terrestrischen Messung enthalten, stattdessen ist direkt der Achsenschnittpunkt des Teleskops enthalten (lokale Punktnummer 200). Dieser wurde aber in der SINEX-Datei trotzdem mit der SLR-DOMES-Nummer aufgelistet und ein entsprechender Kommentar, dass es sich um den Achsenschnittpunkt handelt, ist eingefügt.

Zusammenstellung der Dateien

<i>Datei</i>	<i>Wertzell</i>	<i>TIGO</i>
apriori Koordinaten geozentrisch (*.XYZ)	LOC_XYZ2	TIGO_XYZ
Gewichtungsfaktoren (*.WGT)	WEIGHT	WEIGHT
Stationsinformationen für terr. Netz (*.STA)	STAINF3	TIGOLOC
Stationsinformationen für GPS (*.STA)	WTZLOC	TIGOGPS
Stationsinformationen für SINEX (*.STA)	STAINF_SNX	TIGO_SNX
Terr. Normalgleichung, lokales System (*.NQ0)	TEST	TIGO_2
Terr. Normalgleichung, geozentrisch (lokaler Nullpunkt)	TERRNET2	TIGO_3
Terr. Normalgleichung, geozentrisch, Exzentrizitäten korrigiert	-	TIGO_5
GPS-Normalgleichung	ADD_GESAMT	ADDL112814
GPS-Normalgleichung, Exzentrizitäten korrigiert	-	GPSNET2
Kombinierte Normalgleichung	GPSTER25	-
Terr. Lösung: Koordinaten / Output (*.XYZ / *.OUT)	TERR_6	TIGO_4
GPS-Lösung: Koordinaten / Output	GPSNET	GPSNET2
Kombination: Koordinaten / Output	GPSTER25	TIGONET8
SINEX-Datei alle Punkte (*.SNX)	WTZ_SNX2	TIGO_SNX
SINEX-Datei Punktauswahl (*.SNX)	WTZ_SNX1	-
Helmert Transformation zur terr. Lösung	HELM_TER	HELM_TER
Helmert Transformation zur GPS-Lösung	HELM_GPS	HELM_GPS

Abschlussbemerkungen

Durch die Vernachlässigung der Korrelationen in der Kofaktormatrix aus der PANDA-Auswertung wird zwar das terrestrische Netz zunächst zu einem losen Punkthaufen verwandelt, aber durch das Aufsetzen von Helmert-Parametern in der Kombination mit GPS werden die Einzelpunkte wieder miteinander verbunden, da sie eine gemeinsame Translation und Rotation durchführen müssen. Folglich entsteht in der SINEX-Datei eine voll besetzte Varianz-Kovarianz-Matrix. Durch die geringe Ausdehnung des Netzes beschränken sich die so entstandenen Korrelationen allerdings hauptsächlich auf x-x-, y-y- und z-z-Korrelationen zwischen den einzelnen Punkten, und sind somit anders zu deuten als die ursprünglichen Korrelationen.

Um die Korrelationen aus den terrestrischen Messungen nicht zu verlieren, könnte bei zukünftigen Auswertungen noch versucht werden, in PANDA einige apriori Koordinaten festzuhalten statt eine freie Netzausgleichung zu rechnen. Allerdings dürften nur so viele Koordinaten festgehalten werden wie zur Beseitigung der Freiheitsgrade nötig sind (wahrscheinlich 4), damit kein Zwang entsteht. Die daraus resultierende Kofaktormatrix sollte keine Freiheitsgrade mehr haben und vollständig invertierbar sein.

Die für die oben beschriebenen Arbeiten verwendeten Projektversionen der Programme ADDNEQ2 und PAND2SNX wurden mit der Hauptversion MR_190903A erstellt. Die ausführbaren Dateien können aber in Verbindung mit den entsprechenden Panels auch mit anderen Varianten der Bernese Version 5.0 verwendet werden. Dafür sind folgende Schritte nötig:

- Kopieren der Programmdateien PROJECT/EXE/ADDNEQ2 und PROJECT/EXE/PAND2SNX (beispielsweise nach \$HOME/LOCTIE)
- Kopieren der Panels PROJECT/PAN/ADDNEQ2.INP und PROJECT/PAN/PAND2SNX.INP nach \$U/PAN
- Eintragen der Programmpfade für ADDNEQ2 und PAND2SNX in MENU_PGM.INP (beispielsweise \${HOME}/LOCTIE)
- Eintrag des Programmes PAND2SNX als Nutzerprogramm in MENU_PGM.INP
- Umbenennen der Koordinatendateiendungen von "XYZ" nach "CRD"
- Folgenden Abschnitt in MENU_EXT.INP ergänzen:

```
! Output: Love numbers
! -----
DIR_LOV 1 "OUT"
## widget = linedit

EXT_LOV 1 "LOV"
## widget = linedit
```

Sollen Änderungen im Quellcode der Programme vorgenommen werden, muss zunächst die komplette Version MR_190903A manuell installiert und kompiliert werden. Sämtliche hierfür nötigen Dateien und Bibliotheken befinden sich auf der CD im Verzeichnis SOURCE.