

**Aufbau der neuen Landes-
vermessung der Schweiz
'LV95'**

**Bericht 13
2003**

Teil 7

Ausgabe 2003

Adrian Wiget
Thomas Signer
Bruno Vogel
Urs Wild

GPS Landesnetz: Auswertung der GPS-
Messungen 1988-94; Bezugsrahmen
'CHTRF95' und 'LV95'

Aufbau der neuen Landes- vermessung der Schweiz 'LV95'

**Bericht 13
2003**

Teil 7

Adrian Wiget
Thomas Signer
Bruno Vogel
Urs Wild

GPS Landesnetz: Auswertung der GPS-Messungen
1988-94; Bezugsrahmen 'CHTRF95' und 'LV95'

Ausgabe 2003

Inhaltsverzeichnis:

1	Einleitung und Übersicht	1
2	Grundlagen und allgemeiner Ablauf der Berechnungen	3
2.1	Bernese GPS Software	3
2.2	Übersicht über den Berechnungsablauf	4
2.3	Eliminierung oder Reduktion von systematischen Fehlereinflüssen	6
3	GPS-Messkampagnen vor Projektbeginn	9
3.1	GRANIT 87	9
3.2	NEOTEKTONIK Nordschweiz 1988	10
4	GPS-Messkampagnen im EUREF Teilnetz CH	14
4.1	EUREF-89	14
4.2	EUREF-CH92	14
4.3	EUREF-D/NL93	16
4.4	Zusammenstellung der Messungen und Auswertung der EUREF-Punkte	17
4.5	Integration der EUREF-Kampagnen in LV95	22
5	GPS-Messkampagnen in LV95-Teilnetzen	23
5.1	LV95-89 (Teil Nord)	23
5.2	LV95-90 (Teil West)	26
5.3	LV95-91 (Teil Süd)	29
5.4	LV95-92 (Teil Ost)	30
5.5	Zusammenstellung der Hauptkampagnen	32
6	LV95-Anschlüsse an die Landestriangulation und an das Landesnivellement	33
6.1	LV95-89 (Teil Nord)	33
6.2	LV95-90 (Teil West)	34
6.3	Anschlusskampagne LV95-91A (Teil Süd)	35
6.4	Anschlusskampagne LV95-92A (Teil Ost)	36
6.5	Anschlusskampagne LV95-94A (Ausgewählte Anschlüsse)	38
7	Nachkampagne und erste Verdichtungskampagnen von LV95	41
7.1	LV95-94 Oberarth (Zentralschweiz)	41
7.2	LV95-94V (Bahn2000: Mattstetten – Rothrist; Neupunkt Engelberg)	42

8	Zusätzlich verwendete Kampagnen für Anschluss- und Verdichtungspunkte von LV95	44
8.1	Schaffhausen 1988	44
8.2	Etzel 1989	45
8.3	Genf 1993	46
8.4	Turtmann 1993	47
8.5	AlpTransit Lötschberg-Basistunnel / NEAT 1994 (BLS)	48
9	GPS-Kampagnen nach Projektende	50
9.1	LV95-95V (Verdichtung Menzingen / Senkungsmessungen Zug)	50
9.2	Neotektonik 1995 (NEO95)	50
9.3	AlpTransit Gotthard-Basistunnel (ALP95)	50
10	Gesamtlösung LV95 und Bestimmung von CHTRF95	51
10.1	Aufbereitung aller Messkampagnen mit GPSEST	51
10.2	Gesamtausgleichung mit ADDNEQ; Variantenstudien	52
10.3	Lagerung und Bestimmung der Bezugsrahmen CHTRF95 und LV95	54
10.4	Beurteilung der Genauigkeit; Vergleiche mit anderen Netzen	55
10.5	Zusammenfassung der Gesamtausgleichung LV95	60
10.6	Nachverarbeitungen mit der Bernese GPS Software Version 4 und Ausblick	61
11	Literatur	62

Anhänge

A 1	Abkürzungen und Begriffe
A 2	Übersichtskarte über das Gesamtnetz LV95
A 3	Übersicht über alle Teilkampagnen von LV95
A 4	ADDNEQ-Lösung mit Version 3.5 (31. Jan. 1996)
A 5	ADDNEQ-Lösung mit Version 4.2 (8. Aug. 2002)

1 Einleitung und Übersicht

Das Projekt LV95 wurde in verschiedenen Publikationen beschrieben [Chablais et al., 1988; Schneider, 1989; Chablais, 1992; Schneider et al., 1995b]. Auch die Berechnung des LV95-Netzes wurde schon in Fachartikeln und zahlreichen Fachvorträgen publiziert. Einen Überblick geben u.a. der Vortrag [Schneider, 1993] sowie die Artikel [Wiget et al., 1994] in der Zeitschrift SPN 1/94, [Gubler et al., 1996] in der Zeitschrift VPK 2/96 und [Signer, 2002] in der VPK 1/02.

Im vorliegenden 7. Teil der Berichteserie über die neue Landesvermessung LV95 der Schweiz wird die Auswertung des GPS-Landesnetzes dokumentiert, dessen Aufbau und Messkampagnen bereits im 5. und 6. Teil [Santschi et al., 1998; Vogel et al., 1997] beschrieben worden sind. Eine umfassendere Dokumentation der Auswertung wurde im internen Technischen Bericht TB 97-20 zusammengestellt, welcher auch über zusätzliche Anhänge verfügt.

Alle Berechnungen wurden am Bundesamt für Landestopographie (swisstopo) mit der sog. *Bernese GPS Software* durchgeführt. Diese wurde am Astronomischen Institut der Universität Bern (AIUB) entwickelt. Im **Kapitel 2** werden die Grundlagen und ein allgemeiner Ablauf der Berechnungen erläutert.

Die Gesamtauswertung des LV95-Netzes umfasst eine Kombination mehrerer GPS-Kampagnen, welche swisstopo in den Jahren 1988 bis 1994 durchgeführt hatte:

Kampagne	Datum	Stationen	Sessionen
GRANIT 1987	06. 1987	12	nicht verwendet
Schaffhausen 1988	21. 06. 1988	2	1
Neotektonik Nordschweiz 1988 (NEO88)	13. – 28. 10. 1988	36	13
EUREF-89	16. – 18. 05. 1989	5	nicht verwendet
Etzel 1989	5. – 7. 09. 1989	6	2
LV95-1989 (Teil Nord)	19. – 30. 09. 1989	47	10
LV95-1990 (Teil West)	08. – 18. 10. 1990	75	9
LV95-1991 (Teil Süd)	09. – 19. 09. 1991	51	9
EUREF-CH92	03. – 08. 08. 1992	7	5
LV95-1991A (Anschlüsse Süd)	24. – 28. 08. 1992	34	4
LV95-1992 (Teil Ost)	07. – 18. 09. 1992	31	9
EUREF-D/NL93	10. – 15. 05. 1993	3 + Ausland	5 + 5
LV95-1992A (Anschlüsse Ost)	30. 08. – 03. 09. 1993	32	5
Genf 1993	26. – 28. 01. 1993	9	3
Turtmann 1993	27. 09. – 01. 10. 1993	3	4
NEAT 1994 (BLS AlpTransit Lötschberg)	21. – 22. 03. 1994	9	2
LV95-1994 (Oberarth/Zentralschweiz)	28. – 30. 03. 1994	11	2
LV95-1994A	15. – 24. 08. 1994	46	9
LV95-1994V (Verdichtung Engelberg / Bahn 2000)	12. – 16. 09. 1994	21	4
LV95-1995V (Verdichtung Menzingen / Senkungsmessungen Zug)	15. – 19. 05. 1995		nicht verwendet
Neotektonik 1995 (NEO95)	11. – 22. 09. 1995		nicht verwendet
ALP 1995 (AlpTransit Gotthard Basistunnel)	16. – 21. 10. 1995		nicht verwendet
Total in LV95 verwendet:	1988 - 1994	299	101

Tab. 1-1: Übersicht über die wichtigsten GPS-Kampagnen von swisstopo zwischen 1987 und 1995

Ausser der europäischen Kampagne EUREF-89 wurden alle wichtigen, von swisstopo in der Schweiz durchgeführten GPS-Kampagnen zwischen 1988 und 1994 in die LV95-Gesamtlösung integriert. In den Kapiteln 3 bis 8 werden die Auswertungen dieser Kampagnen einzeln beschrieben. Die Kampagnen wurden wie folgt gruppiert:

- Kampagnen vor Projektbeginn (**Kap. 3**)
- Kampagnen im europäischen EUREF-Netz (**Kap. 4**)
- die Hauptkampagnen der vier LV95-Teilnetze (**Kap. 5**)
- die Anschlusskampagnen an die Landestriangulation und an das Landesnivellement (**Kap. 6**)
- die Nachkampagne sowie die erste Verdichtungskampagne (**Kap. 7**)
- und schliesslich die zusätzlich verwendete Daten aus anderen GPS-Kampagnen (**Kap. 8**)

Die einzelnen Kampagnen werden jeweils nach demselben Schema in Tabellenform und mit Texten beschrieben: Nach allgemeinen Angaben zu den verarbeiteten GPS-Messdaten und den gemessenen Stationen werden Erläuterungen zu den verwendeten Satellitenbahnen und den GPS-Auswertungen dieser Einzelkampagnen gegeben. Dabei wird auch auf weiterführende Detailberichte verwiesen. Die EUREF-Kampagnen und deren Auswertung werden im Kapitel 4 etwas detaillierter dokumentiert, weil sie einen wesentlichen Anteil an der Lagerung des Gesamtnetzes in den globalen Bezugssystemen ITRS und ETRS hatten.

Im **Kapitel 9** werden weitere GPS-Kampagnen erwähnt, welche nach Projektende im Jahre 1995 gemessen worden sind und anlässlich der Auswertung für Qualitätsvergleiche (Kap. 10.4) beigezogen werden konnten. Im **Kapitel 10** wird schliesslich die Vereinigung aller Teilkampagnen zur Gesamtlösung und die Berechnung der beiden Bezugsrahmen CHTRF95 und LV95 beschrieben. Eine stichwortartige Zusammenfassung der Gesamtausgleichung des LV95-Netzes ist im Kapitel 10.5 zusammengestellt.

2 Grundlagen und allgemeiner Ablauf der Berechnungen

Die GPS-Messungen der einzelnen Teilkampagnen im GPS-Netz LV95 wurden laufend, d.h. direkt nach jeder Messkampagne durch swisstopo ausgewertet. Ebenso wie die Messungen waren auch die Berechnungen auf höchste Genauigkeit und Zuverlässigkeit ausgelegt. In enger Zusammenarbeit mit dem Astronomischen Institut der Universität Bern (AIUB) und dem Institut für Geodäsie und Photogrammetrie (IGP) der ETH Zürich resp. dessen Geodäsie und Geodynamik Labor (GGL) wurden die Auswertealgorithmen und -modelle stets verbessert und jeweils dem neusten Stand angepasst. Besonderes Gewicht wurde dabei auf die Eliminierung oder wenigstens Reduktion von systematischen Fehlereinflüssen gelegt, soweit diese nicht bereits durch optimale Messanordnungen im Feld vermieden werden konnten. Nach einer kurzen Beschreibung der Software im Kapitel 2.1 und des allgemeinen Berechnungsablaufes im Kapitel 2.2 werden im Kapitel 2.3 als wichtigste Einflüsse namentlich die Satellitenbahnen, die ionosphärische und troposphärische Refraktion sowie die Abweichungen der Antennen-Phasenzentren näher erläutert.

2.1 Bernese GPS Software

Alle GPS-Auswertungen am Bundesamt für Landestopographie (swisstopo) im Zusammenhang mit der neuen Landesvermessung LV95 wurden mit der *Bernese GPS Software* durchgeführt, welche am AIUB unter der Leitung von Prof. Dr. G. Beutler entwickelt wurde. Die *Bernese GPS Software*, der Nachfolger des *Bernese Second Generation GPS Software System*, wurde primär für die Forschung sowie für routinemässige Auswertungen von hochgenauen, meist weiträumigen Vermessungen mit GPS entwickelt. Sie ist für Präzisionsauswertungen von statischen GPS-Netzen lokalen, landesweiten bis kontinentalen Ausmasses geeignet. Die Hauptkunden sind somit Universitäten/Hochschulen und professionelle Anwender in Institutionen wie z.B. Landesvermessungsämtern, die Präzisions-Vermessungen mit GPS durchführen. Das Bundesamt für Landestopographie pflegte seit Mitte der Achtzigerjahre eine enge Zusammenarbeit mit dem AIUB. Im Mai 1987 wurde zwischen swisstopo und dem AIUB eine "Vereinbarung über die Übernahme und Weiterentwicklung der GPS-Software" abgeschlossen. Damit sollten bei der Entwicklung der GPS-Software auch die Anforderungen der Praxis gebührend berücksichtigt werden und die in der praktischen Anwendung gewonnenen Erfahrungen wiederum in die Weiterentwicklung zurückfliessen.

Die Berechnungen der ersten GPS-Messkampagnen von swisstopo ab 1988 bis hin zur ersten Gesamtlösung von LV95 im Jahre 1995 wurden mit verschiedenen Versionen der *Bernese GPS Software Version 3* gemacht. Die Version 3.0 war im März 1988 verfügbar. Im Dezember 1988 folgte die Version 3.1, im April 1990 die Version 3.2, im Mai 1991 die Version 3.3, im Mai 1993 die Version 3.4, im Januar 1994 die Version 3.5, die letzte der 3er Serie. Nach Abschluss der Gesamtauswertung wurden aber auch Vergleichsberechnungen mit den neuen Versionen 4.0 und 4.2 gemacht (vgl. Kap. 10.6 und Anhang A5) [Rothacher und Mervart, 1996; Wiget, 1996b].

Die Bernese GPS Software ist modular aufgebaut. Die Version 3.0 bestand aus insgesamt 22 Hauptprogrammen, die Version 3.5 aus über 50. Sie sind im Fortran 77 Standard programmiert und in fünf Teile gegliedert:

- Transfer Part
- Orbit Part
- Processing Part
- Simulation Part
- Service Part

Sowohl bezüglich der Modellierung wie auch der Auswertelogik ist die Bernese GPS Software sehr umfassend konzipiert. So können u.a., je nach Einsatz, folgende Parametertypen eingeführt werden:

- Geozentrische Stationskoordinaten
- Phasenmehrdeutigkeiten (*Ambiguities*)
- Satelliten-Bahnparameter
- Lokales Ionosphären-Modell
- Lokales Troposphären-Modell
- Phasenzentren der Antennen
- Uhrfehler (Satelliten und Empfänger)

Als Beobachtungen werden Code- und Phasenmessungen auf den L_1 - und L_2 -Signalen der GPS-Satelliten (sowie verschiedene Linearkombinationen davon) verarbeitet. Die Daten aus mehreren Sessionen (Messtagen) und

Kampagnen können streng nach der Methode der kleinsten Quadrate unter Berücksichtigung der Korrelationen in einer Gesamtlösung ausgeglichen werden.

Bei der Installation der verschiedenen Versionen des Softwarepaketes und dem Aufbau einer optimalen Datenstruktur auf dem PRIME Computer wie auch auf dem späteren IBM RS6000 RISC System wurde die damalige Abteilung Geodäsie tatkräftig von der Dienststelle Informatik, namentlich den Ingenieuren U. Gerber und F. Walser, unterstützt. Für den bedienungsfreundlichen Einsatz der Bernese GPS Software auf dem PRIME-Rechner hatte F. Walser ein umfangreiches Rahmenprogramm entwickelt. Zudem schrieb er ein Utility-Programm zum Archivieren der GPS-Originaldaten sowie ganzer GPS-Kampagnen.

Zusätzlich zum allgemeinen Literaturverzeichnis im Kap. 11 sei auf die Dokumentationen über die *Bernese GPS Software* der Versionen 3 und 4, herausgegeben vom AIUB, sowie interne Technische Berichte betreffend deren Anwendung bei swisstopo verwiesen.

2.2 Übersicht über den Berechnungsablauf

Für die LV95-Auswertungen wurden jeweils die aktuellsten Versionen der *Bernese GPS Software* eingesetzt, namentlich die Versionen **3.1** bis **3.5**. Die generellen Schritte resp. Programme der Auswertung einer GPS-Kampagne Ende der Achtziger- und Anfangs der Neunzigerjahre waren die Folgenden:

Datenbereitstellung:

- Transfer der Trimble Originaldaten im Rohformat (Binärformat ausser Message-Files) ab den GPS-Empfängern auf den PC: *nnnnntts.dat*, *nnnnntts.eph*, *nnnnntts.ion*, *nnnnntts.mes*
- TRTRANS Umformatierung der Trimble Rohdaten (Messfiles .dat) ins ASCII-Format
- TRBROAD Umformatierung der Broadcast Bahndaten (Ephemeridenfiles .eph) ins ASCII-Format
- TRRINEXO Umformatierung der Trimble Rohdaten (Messfiles .dat) in das internationale Standard-Austauschformat RINEX: *nnnnntts.yyO*
- TRRINEXN Umformatierung der Broadcast Bahndaten (Ephemeridenfiles .eph) aus den Trimble Empfängern ins RINEX-Format: *nnnnntts.yyN*
- Datensicherung der Rohdaten (binär und ASCII)
- Provisorische Auswertung mit Trimble Standardsoftware (TRIMVEC) unter Verwendung der Broadcast Bahnen
- Beschaffung der präzisen GPS-Bahndaten (*precise orbits* von NSW/DMA resp. IGS)

Transfer:

- Überspielen der Rohdaten auf den PRIME Computer resp. den IBM RS6000 RISC Server
- PCFMTR Transfer der ASCII-Daten (aus TRTRANS) ins Bernese Format getrennt nach Code- und Phasenbeobachtungen: *CHEDnnnnntts*, *CODEnnnnntts*; *PHEDnnnnntts*, *PHASnnnnntts*
- RXOBV3 Transfer der RINEX-Files (aus TRRINEXO) ins Bernese Format getrennt nach Code- und Phasenbeobachtungen:
bis Version 3.2: *CHEDnnnnntts*, *CODEnnnnntts*; *PHEDnnnnntts*, *PHASnnnnntts*
ab Version 3.3: *nnnnntts.CZH*, *nnnnntts.CZO*, *nnnnntts.PZH*, *nnnnntts.PZO*,

Bahnbestimmung:

- FTP/WFTP Überspielen der Broadcast Bahnen (*broadcast orbits*) sowie der präzisen GPS-Bahndaten (*precise orbits* von NSW/DMA resp. IGS) auf den PRIME Computer resp. den IBM RISC Server
- BRDCHK Testen der Datenqualität von *broadcast orbits* (interaktiv) und Elimination von offensichtlich falschen Satelliten Messages
- BRDTST Automatische Version von BRDCHK
- SATCLK Extrahieren von Satellitenuhr-Parametern aus Broadcast Files
- DMANGSCLK Umformatierung der Satellitenuhr-Parameter vom DMA- ins NGS-Format
- BRDTAB Umrechnung der *broadcast orbits* in *tabular orbits* (tabellarisches Bahnfile) im System J2000.0
- DMAPRE Umformatierung der *precise orbits* vom DMA-Format ins SP3-Format
- PRETAB Umrechnung der Bahninformationen der *precise orbits* in *tabular orbits*

- DEFSTD Berechnung der Satellitenbahnen (*standard orbits*) unter strenger Beachtung der Bewegungsgleichungen und allfälliger Störparameter
- ORBGEN dito (Nachfolgeprogramm in Version 4.0)

Preprocessing:

Die Datenaufbereitung im Preprocessing umfasste wiederum mehrere Programmschritte, in denen u.a. die Offsets der Empfängeruhren pro Messepoche auf besser als 1 Mikrosekunde genau geschätzt wurden. Danach wurden für jede Session die unabhängigen Basislinien zwischen den gemessenen Stationen definiert und die sog. *single differences* (zwischen den zwei Endstationen) gebildet, wobei die Anzahl der gemeinsamen Messungen maximiert und die Länge der Basislinien minimiert wurde. Weitere Schritte der Vorverarbeitung waren die Entdeckung und Eliminierung von groben Ausreissern und die Korrektur von Phasensprüngen (*cycle slips*), womit schliesslich für alle Sessionen bereinigte kontinuierliche Phasendifferenzen vorlagen.

- CODCHK Überprüfung des Code-Beobachtungen auf Ausreisser
- CODSPP Einzelpunktbestimmung und Empfängeruhr-Synchronisation pro Messepoche mittels der bereinigten Code-Beobachtungen
- IONEST Bestimmung der Parameter des Einschicht-Ionosphärenmodelles aus Zweifrequenzmessungen
- SNGDIF Bildung der Basislinien (*single difference files*); Hauptkriterien: maximale Anzahl Phasen-Beobachtungen und minimale Basislinienlänge zwischen zwei gemeinsam operierenden Stationen: *nnnnntts.PSH*, *nnnnntts.PSO*,
- OBSTST Manuelle Bereinigung der Phasenmessungen von *cycle slips* (Aufzeichnungslücken) und Markierung von Ausreissern (Vorgänger des Programms MAUPRP)
- MAUPRP Manuelle oder automatische Vorverarbeitung (Elimination von *cycle slips*, *clock jumps*, Markieren von Ausreissern in den Phasen-Beobachtungen)

An dieser Stelle soll erwähnt werden, dass der Datenvorverarbeitungsschritt in den Programmen OBSTST und MAUPRP weitaus der zeitaufwändigste Teil der Auswertung der Daten für die LV95-Kampagnen war. Mit diesen Programmen wurden die Messdaten aller Basislinien minutiös ("manuell") gescreent. Die Datenbereinigung in OBSTST/MAUPRP mit den markierten Beobachtungen auf L_1 und L_2 wurde jeweils auf Auswerteformularen festgehalten, zusammen mit den resultierenden RMS-Werten der *triple difference* (L_3) sowie den maximalen Residuen in L_1 und L_2 . Der Aufwand pro Basislinie betrug mindestens 15 Minuten, konnte aber auch das Dreifache davon erreichen. In einem ersten automatischen Durchlauf wurden *cycle slips* entdeckt und korrigiert sowie eindeutige Ausreisser eliminiert und nach längeren Unterbrüchen neue *Ambiguities* aufgesetzt. In weiteren interaktiven Durchläufen wurden einfache Differenzen, welche grosse Residuen verursachten, manuell markiert und somit vor der Ausgleichung eliminiert. Dies trat vor allem anlässlich von neu über den Horizont aufsteigenden oder untergehenden Satelliten auf. Satelliten, deren Mehrdeutigkeiten (*Ambiguities*) im Parameterschätzverfahren im nachfolgenden Programm GPSEST nicht auf ganze Zahlen fixiert werden konnten, wurden in einem weiteren Bearbeitungsschritt speziell untersucht und unter Umständen weitere Messdaten markiert. Die Programme OBSTST/MAUPRP und GPSEST mussten daher meist mehrmals durchlaufen werden.

Processing:

- GPSEST Parameter-Schätzung (u.a. Koordinaten) durch Ausgleichung der Phasen-Beobachtungen (*double difference files*)

Die eigentliche Parameterschätzung und Ausgleichung wurde mit dem Hauptprogramm GPSEST durchgeführt, in dem alle aufgesetzten Parameter (vgl. Kap. 2.1), insbesondere natürlich die gesuchten Stationskoordinaten, nach der Methode der kleinsten Quadrate optimal geschätzt wurden. Die Beobachtungen wurden als Doppel-differenzen zwischen jeweils zwei Stationen und zwei Satelliten formuliert. Die Korrelationen zwischen den Frequenzen L_1 und L_2 sowie zwischen den Basislinien einer Session wurden im stochastischen Modell berücksichtigt. Das Intervall zwischen den Messepochen war normalerweise 15 Sekunden, bei ganztägigen Sessionen (z.B. in den EUREF-Kampagnen) 30 Sekunden. Die minimale Satellitenelevation betrug 15° .

Üblicherweise wird das Programm GPSEST mehrmals mit verschiedenen Linearkombinationen der Phasenbeobachtungen auf den zwei Frequenzen L_1 und L_2 durchlaufen. Das Hauptziel ist dabei die Bestimmung der sog. Phasenmehrdeutigkeiten (*Ambiguities*).

Meist wurde dabei nach folgender Strategie vorgegangen (sog. *wide-laning* Technik):

- (1) Berechnung einer Näherungslösung mit der ionosphärenfreien Linearkombination L_3 ohne die Ambiguities zu bestimmen resp. fixieren.
- (2) Unter Fixierung der aus Lösung (1) bestimmten Koordinaten: Berechnung einer *wide-lane* L_5 -Lösung und Bestimmung der L_5 -Ambiguities.
- (3) Unter Verwendung der L_5 -Ambiguities aus Schritt (2): Berechnung einer erneuten ionosphärenfreien L_3 -Lösung und Bestimmung der sog. *narrow-lane Ambiguities*.

Im Schritt (2) wurden unter Verwendung der *wide-lane* Linearkombination L_5 die *Ambiguities* von L_2 in Funktion von L_1 bestimmt. Die Wellenlänge von L_5 beträgt 86 cm resp. im Falle der *squaring*-Technik unter S/A-Bedingungen (*selective availability*) mit halben Wellenlängen noch 43 cm. Dadurch ist die Fixierung der Mehrdeutigkeitsparameter leichter als direkt auf der Frequenz L_2 , deren Wellenlänge lediglich 24 cm beträgt.

Im Schritt (3) wurden dann in der ionosphärenfreien Linearkombination L_3 die L_1 - (und somit auch die L_2 -) Mehrdeutigkeiten bestimmt, d.h. auf ganze Zahlen fixiert. Für das *Ambiguity handling* wurde üblicherweise die Strategie 3: *Sigma-dependent resolution* gewählt, wobei das minimale *sigma of ambiguity* auf 0.05 cycles gesetzt wurde und nur in Ausnahmefällen auf 0.08 cycles erhöht wurde. Die Mehrdeutigkeitsbestimmung gelang in den Teilnetzen meist ohne Probleme. Offenbar blieb der Einfluss der Ionosphärenaktivität dank den Nachtmessungen in Grenzen (Ausnahme vgl. LV95-90). Auf langen Basislinien über 50 km und insbesondere bei der Auswertung der 24-Stunden-Daten in der EUREF-CH92 Kampagne mit Distanzen bis zu 130 km, bei welchen die volle Variation der Ionosphärenintensität spürbar wurde, führte allerdings erst die Einführung eines zeitvariablen Ionosphärenmodelles zum Erfolg [Mervart et al., 1994].

Mit diesem Vorgehen konnten, allenfalls nach iterativem Bereinigen der Messdaten im Preprocessing-Programm, jeweils 100% der Phasenmehrdeutigen bestimmt und fixiert werden. Da diese Mehrdeutigkeiten in den *single difference* Files abgespeichert wurden, konnten die folgenden Variantenrechnungen (z.B. für verschiedene Troposphärenmodelle; vgl. folgendes Kapitel 2.3) deutlich schneller durchgeführt werden.

Alle Kampagnen wurden nach obigen Angaben einzeln sessionsweise (tageweise) ausgewertet. Die ionosphärenfreien L_5 -Observablen mit fixierten L_1 - und L_2 -Ambiguities, welche für Netze der Grössenordnung von LV95 die bestmögliche Lösung darstellen, wurden für spätere Verarbeitungen gespeichert. Zudem wurden mit GPSEST pro Messkampagne die Normalgleichungen in .NEQ Files abgelegt.

Schliesslich wurde im Jahr 1995 mit dem Programm ADDNEQ eine Gesamtausgleichung über alle Sessionen resp. Messtage aller Kampagnen durchgeführt [Brockmann, 1997] (vgl. Kapitel 10.2).

- ADDNEQ Kombination der Normalgleichungsfiles (.NEQ) verschiedener GPS-Sessionen zu einer Gesamtlösung

2.3 Eliminierung oder Reduktion von systematischen Fehlereinflüssen

Wie bereits einleitend erwähnt wurde der Eliminierung oder Reduktion von systematischen Fehlereinflüssen besondere Beachtung geschenkt. Dabei konnte in verdankenswerter Weise viel von den Erfahrungen der Spezialisten im AIUB und im GGL/ETHZ profitiert werden.

In den folgenden Unterkapiteln soll kurz auf vier wichtige Aspekte eingegangen werden, wohl wissend, dass eine vertiefte Analyse der Problemkreise den Rahmen dieses Berichtes sprengen würde.

2.3.1 Satellitenbahnen

Die Satellitenbahnen spielen eine entscheidende Rolle für die Genauigkeit der GPS-Berechnungen. Grundsätzlich gilt folgendes Verhältnis für den Einfluss der Bahnfehler auf die Basislinien [z.B. Rothacher, 1992]:

$$\boxed{db : b = dr : r}$$

db: Fehleranteil an Basislinie [m]

b: Länge der Basislinie [km]

dr: Bahnfehler [m]

r: Bahnradius [26'000 km]

Nach dieser Näherungsformel [Bauersima, 1983, II, S. 51] bewirkt ein Bahnfehler von 2.6 m bei einer Basisliniellänge von 10 km einen Fehleranteil von 1 mm resp. 0.1 ppm. Die Genauigkeit der Broadcast Bahnen (*broadcast ephemerides*), deren Elemente aus einer Referenzbahn der vergangenen Woche mit den Daten des aktuellen Tages verbessert und auf den nächsten Tag extrapoliert werden, lag Ende der Achtziger- und Anfangs der Neunzigerjahre bei 2.5 bis 10 m resp. 0.1 bis 0.4 ppm. Mittels nachträglicher regionaler Bahnverbesserung konnten damals Genauigkeiten von ca. 0.01 ppm erreicht werden. Die nachträglich bestimmten präzisen Bahnen (*precise ephemerides*) von der U.S. Defense Mapping Agency (DMA) und dem Naval Surface Warfare Center (NSWC), anfänglich via National Geodetic Survey (NGS) und später im Rahmen einer Vereinbarung direkt bezogen, hatten eine Genauigkeit von 0.5 bis 1 m (0.02 - 0.04 ppm).

Beim Aufbau des International GPS Service for Geodynamics (IGS, später kurz International GPS Service genannt) konnten dank einem erweiterten globalen Netz von Tracking Stationen noch höhere Genauigkeiten angestrebt werden. Der IGS nahm nach der ersten Testphase im Sommer 1992 den IGS Pilot Service in Betrieb (1.11.1992 bis 31.12.1993), bevor ab 1.01.1994 der offiziell etablierte Dienst startete. Eines der Analysis Center des IGS ist das Center for Orbit Determination in Europe (CODE) am AIUB [Beutler et al., 1994a und 1994b]. Die Genauigkeit der täglich berechneten präzisen Bahnen des CODE erreichten Mitte der Neunzigerjahre sogar bereits eine Genauigkeit (1 Sigma) von etwa 20 cm in den Satellitenpositionen, was einer relativen Genauigkeit von besser als 0.01 ppm entsprach.

In allen LV95-Kampagnen wurden für die definitiven Auswertungen nur solche a posteriori bestimmten, präzisen Bahnen verwendet. Bis zur Kampagne LV95-91 waren dies die *precise orbits* der DMA. Zu Vergleichszwecken wurden zudem am AIUB mit Daten von europäischen Trackingstationen (CIGNET) eigene präzise Bahnen berechnet. Seit 1992 werden ausschliesslich die im Rahmen des IGS vom CODE am AIUB berechneten präzisen Bahnen zusammen mit den a posteriori bestimmten Erdrotationsparametern des IERS verwendet.

2.3.2 Ionosphärische Refraktion

Beim Durchgang der GPS-Satellitensignale durch die Erdatmosphäre werden die Mikrowellen in den verschiedenen Schichten unterschiedlichen Refraktionseinflüssen ausgesetzt. Die Ionosphäre ist der Teil der Erdatmosphäre von etwa 50 km bis 1000 km Höhe, in dem ionisierte Gase und freie Elektronen auftreten. Generell kann gesagt werden, dass der refraktive Einfluss der Ionosphäre zu einer Verkürzung der gemessenen GPS-Distanzen führt, welche je nach dem Stand im 11-jährigen Sonnenfleckenzyklus (letztes Maximum ca. 1990) und der Tageszeit in unseren Breitengraden 5-15 m betragen kann. Daraus resultieren Massstabsabweichungen bis zu ± 4 ppm (oder mm/km). Da diese Störungen in der Nacht geringer sind, wurden für LV95 alle Messungen im Hauptnetz nachts durchgeführt.

Die Ionosphäre ist allerdings ein dispersives Medium, d.h. die Ausbreitungsgeschwindigkeit der elektromagnetischen Wellen und damit auch der Refraktionsindex sind von der Frequenz abhängig. Damit kann der Einfluss durch geschickte Kombination der Trägerphasen L_1 und L_2 praktisch eliminiert werden, was man sich aber mit einem gegenüber L_1 um den Faktor 3 höheren Messrauschen erkauft. Die sog. ionosphärenfreie Linearkombination L_3 wurde bei allen Messungen mit Zweifrequenzen-Empfängern gebildet, d.h. auf allen Basislinien im Hauptnetz und seit 1992 auch auf allen Anschlüssen und Verdichtungsmessungen. Für die früheren Anschlussmessungen an die Triangulation und ans Landesnivellement, auf welchen bis 1991 noch mehrheitlich Einfrequenz-Empfänger eingesetzt worden waren, wurde jeweils aus den gleichzeitigen Zweifrequenzmessungen pro Session ein sog. deterministisches Ionosphärenmodell nach dem "single layer"-Modell berechnet (Programm IONEST) [Wild und Beutler, 1991; Wild, 1993]. Damit konnte auch auf diesen Basislinien der Störeinfluss der Ionosphäre auf unter 1 ppm begrenzt werden.

2.3.3 Troposphärische Refraktion und Meteodaten

Als Troposphäre wird der unterste Teil der Erdatmosphäre bis in ca. 15 km Höhe bezeichnet, in dem die Ausbreitung von Mikrowellen vor allem durch die Dichte der Luft und den Wasserdampf beeinflusst wird. Im Gegensatz zur Ionosphäre ist in der Troposphäre der Brechungsindex im L-Band des Mikrowellenspektrums (GPS-Messungen auf $L_1 = 1.5$ GHz und $L_2 = 1.2$ GHz) praktisch unabhängig von der Frequenz. Die Brechungsverhältnisse sind für beide Frequenzen vom Druck, der Temperatur und der Feuchtigkeit entlang des Signalweges in der Troposphäre (genauer der neutralen Atmosphäre) abhängig. Die Gesamtverzögerung beträgt ca. 2.3 m (8 nsec). Zur Elimination der troposphärischen Refraktion, welche sich in der Positionsbestimmung mit GPS aufgrund der Satellitenkonstellation vor allem auf die Höhe auswirkt, stehen verschiedene Varianten offen [Geiger et al., 1995]. Entsprechend den Möglichkeiten der Berner GPS Software wurden in LV95 sowohl die Modellierung wie auch die Schätzung aus den GPS-Messungen selber angewendet [Rothacher et al., 1990; Wiget et al., 1991a und 1991b].

Bei der **Modellierung** werden das Refraktionsfeld und damit die Weglängenkorrekturen dreidimensional mit Hilfe von meteorologischen Modellen berechnet. Ausgehend von Standard-Atmosphärenmodellen (z.B. Saastamoinen 1972 oder Hopfield 1977), welche die wirklichen Verhältnisse (tägliche und jahreszeitliche Variationen) nur näherungsweise wiedergeben aber für lokale Anwendungen und geringe Höhendifferenzen meist ausreichend sind, können diese durch die Berücksichtigung von aktuellen meteorologischen Messungen (Druck, Temperatur, Feuchtigkeit) verfeinert werden. Aus diesem Grunde wurden in den früheren GPS-Kampagnen noch halbstündlich bis stündlich lokale Meteodaten mit kalibrierten Barometern und Psychrometern erhoben. Im Jahre 1992 hat swisstopo beim Institut für Geodäsie und Photogrammetrie (IGP) und beim Laboratorium für Atmosphärenphysik der ETHZ (LAPETH) ein Ressortforschungsprojekt mit dem Titel "Entwicklung von **3D-**

Meteo-Modellen zur Korrektur der troposphärischen Refraktion bei GPS-Messungen" initiiert [Eckert et al., 1992a und 1992b, Höflinger, 1993; Hirter und Geiger, 1994]. Ziel des Projektes war es, operationelle Verfahren zu entwickeln, um die Daten der ca. 70 Messstationen des Automatischen Netzes (ANETZ) der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA, heute MeteoSchweiz) und die täglichen Ballonsondierungen der SMA in Payerne für diese Zwecke verwenden zu können. Damit sollten insbesondere auch die eigenen, wegen lokalen bodennahen Störungen oft problematischen Meteomessungen auf den GPS-Stationen überflüssig werden. Das Modell und die dazu entwickelte Software **COMEDIE** (Collocation of Meteorological Data for Interpretation and Estimation of Tropospheric Path Delays) sind in [Geiger et al., 1995] ausführlich beschrieben. Die Untersuchungen zur mehrdimensionalen Interpolation von meteorologischen Feldern wurden von H. Hirter in Rahmen seiner Dissertation vertieft. Dabei wurden die Kovarianzfunktionen in verschiedenen Testberechnungen angepasst, die deterministischen Modelle optimiert sowie die Software in C++ umgeschrieben und verbessert [Hirter et al., 1995]. Das Programm-Paket erlaubte den direkten Zugriff auf die ENAD-Datenbank der SMA und die Extraktion und Aufbereitung der ANETZ- und Sonden-Daten ins RINEX-Format. Zudem konnten auch die swisstopo-Stationsmeteofilis ins RINEX-Format umgeschrieben werden. Nach der Interpolation der Daten mit Hilfe der Kollokation (Berechnung der Korrelaten-Vektoren) wurden die Stationsmeteo sowie die sog. *zenith path delays* (zenitale Troposphärenkorrekturen) berechnet. Die Software erstellte direkt Meteo-Files vom Typ 3 für den Input in die Bernese GPS Software. Die reine 3D-Interpolation momentaner meteorologischer Werte wurde schliesslich unter Einbezug der zeitlichen Variabilität zu einem **4D-Kollokationsmodell** erweitert und intensiv getestet [Hirter und Geiger, 1996; Geiger et al., 1996; Hirter, 1998].

Für seine Studien verwendete Hirter auch GPS-Daten von LV95-Kampagnen. Umgekehrt berechneten A. Geiger und H. Hirter im Rahmen des Ressortforschungsauftrages mit dem 4D-Modell aus den ANETZ- und Sondierungsdaten die Troposphärenkorrekturen mit einer zeitlichen Auflösung von 10 Minuten. Ausgehend von Listen mit den genäherten Stationskoordinaten und -höhen sowie den genauen Zeitfenstern aller Sessionen lieferten sie diese Korrekturwerte für alle Stationen in allen Sessionen der verschiedenen LV95-Kampagnen. Diese Meteo-Files konnten in die Bernese GPS Software eingeführt werden, welche dann für die eigentliche Korrektur eines Satelliten eine weitere zeitliche Interpolation durchführte. Dabei wurden die elevationsabhängigen Verzögerungen mit Hilfe einer sog. *mapping function* aus den zenitalen Troposphärenkorrekturen (*zenith path delays*) berechnet.

Zusätzlich zu den aus Modellen (Standardmodell Saastamoinen oder COMEDIE aus ANETZ) gerechneten Weglängenkorrekturen wurden in allen Auswertungen von LV95 lokale Troposphärenparameter (Zenit-Troposphärenkorrekturen) pro Station und Zeitintervall aus den redundanten GPS-Messungen selber bestimmt (**Schätzung**). Für jede Station (ausser für eine Referenzstation) wurde pro ca. 4 Stunden Messdauer ein solcher zusätzlicher Parameter geschätzt. Damit wurden die Troposphärenparameter nur relativ zur a priori Troposphärenkorrektur (aus Modell) der Referenzstation bestimmt, da die Messungen beider Stationen stark korreliert sind. Die formalen Fehler der geschätzten Zenitkorrekturen liegen für 24-Stunden-Sessionen unterhalb eines Millimeters, die Genauigkeit dürfte bei etwa 3-4 mm betragen [Rothacher und Schär, 1995]. Diese Werte sind für die Höhengenaugkeit allerdings mit dem Faktor 3 zu multiplizieren.

2.3.4 GPS-Antennen

Für lokale und regionale Präzisions-GPS-Netze müssen die elektronischen Phasenzentren der Antennen möglichst exakt bekannt sein. Zwar haben die eingesetzten "Microstrip"-Antennen ein in Lage und Höhe mit Submillimeter-Genauigkeit definiertes mechanisches Zentrum. Das elektronische Phasenzentrum kann gegenüber diesem jedoch um einige Millimeter verschoben sein und zwar unterschiedlich für die L_1 - und die L_2 -Signale und erst noch in Abhängigkeit von der Satellitengeometrie [Geiger, 1988]. Um systematische Einflüsse infolge fehlerhafter Offsets zu vermeiden, wurden diese kleinen Korrekturen für jede einzelne Antenne in sog. Antennentests bestimmt. Ein Beispiel einer solchen Bestimmung wurde in [Wiget et al., 1991a] gegeben.

Für LV95 wurden alle eingesetzten Empfänger und Antennen vorgängig jeder grösseren Kampagne, mindestens aber einmal pro Jahr, auf der Teststrecke der swisstopo in Thun kalibriert. Die Antennen wurden zu diesem Zweck zwangszentriert auf Stahlpfeilern montiert, deren relative Lage und Höhe mit terrestrischen Methoden auf 0.3 mm resp. 0.1 mm (a posteriori Genauigkeit 1σ) eingemessen worden waren. An zwei aufeinander folgenden Tagen (oder Nächten) wurden jeweils zwei GPS-Sessionen unter derselben Satellitenkonstellation und von derselben Messdauer gemessen wie in der anschliessenden Kampagne im LV95-Netz. Daraus konnten schliesslich gemittelte relative Ablagen der Phasenzentren (zwei in der Lage und eine in der Höhe) gegenüber den Nominalwerten einer Referenzantenne im Submillimeterbereich bestimmt werden, welche für die aktuelle Konstellation und Sessionsdauer repräsentativ waren. Von der in der neusten Version der Berner GPS Software enthaltenen Möglichkeit, die Offsets gar in Funktion der Elevation und des Azimutes zu bestimmen und zu korrigieren, wurde noch nicht Gebrauch gemacht.

3 GPS-Messkampagnen vor Projektbeginn

3.1 GRANIT 87

Eine erste landesweite GPS-Messkampagne unter dem Arbeitstitel "GRANIT 87" wurde 1987 in Zusammenarbeit mit dem Astronomischen Institut der Universität Bern (AIUB) und dem Institut für Geodäsie und Photogrammetrie (IGP) der ETH Zürich durchgeführt [Rothacher et al., 1993]. Sie hatte die Herstellung eines präzisen geodätischen Bezuges in Lage und Höhe zwischen den beiden Alpentraversen des Nationalen Forschungsprojektes NFP20 resp. deren geologischen, geophysikalischen und geodätischen Untersuchungen zum Ziel. Die ausgewählten 12 Stationen wurden damit zu einem Teil eines geodätischen Kontrollnetzes für das Detektieren von rezenten Krustenbewegungen in der Schweiz. Durch den Einbezug der Stationen Jeizinen und Zermatt (VS) wurden auch das GPS-Testnetz Turtmann [Jeanrichard (Hrsg.), 1992 und 1995] und die im NFP20 vermessene Linie Visp-Zermatt [Wirth et al., 1993] in ein übergeordnetes landesweites Referenznetz eingebunden. Der Anschluss des GRANIT-Netzes an die permanente Satellite Laser Ranging (SLR) -Station Zimmerwald [Wild und Gurtner, 1995] ermöglichte einerseits den damals genauestmöglichen Anschluss (wenige cm) an globale Referenzsysteme. Andererseits konnte damit auch die weiträumige Rückversicherung der auf Molasse/Moräne stehenden Geostation Zimmerwald gegenüber Stationen im Aarmassiv, im Jura und im Schwarzwald realisiert werden. Schliesslich ermöglichte die GRANIT-Kampagne mit den Stationen Monte Generoso, Jungfrauoch, Zimmerwald und Chasseral den Aufbau einer Testlinie parallel zur angenommenen Hauptverkürzungsachse der Alpen. Für die ersten drei genannten Stationen konnte die GRANIT-Kampagne gar als erste Wiederholungsmessung dieser bereits 1985 mit SLR und GPS sehr genau vermessenen Basislinie gewertet werden [Bürki et al., 1986].

Die Messungen fanden im Juni 1987 mit sieben TI-4100 Zweifrequenzen-Empfängern statt. Die damalige GPS Testkonfiguration erlaubte nur eine tägliche Session von ca. 4 Stunden Dauer, innerhalb der bis zu 6 Satelliten gleichzeitig sichtbar waren. Infolge der Beschränkung der TI-Empfänger konnten aber nur maximal deren vier simultan beobachtet werden. Die ersten sieben Stationen wurden am 16. und 17. Juni je mit denselben Geräten stationiert. Am 18. Juni wurden die Stationen Zimmerwald und Monte Generoso ein drittes Mal beobachtet, zusammen mit fünf weiteren Stationen.

Die GPS-Daten wurden am AIUB mit der *Bernese GPS Software Version 3.1* ausgewertet. Die ursprünglich mit einer 3 Sekunden Rate erhobenen Messungen wurden um den Faktor 10 auf 30 Sekunden Daten reduziert. Alle Ambiguities konnte auf ganze Zahlen gefixt werden, was gegenüber der Lösung mit unaufgelösten Ambiguities zu einer Verbesserung der Resultate um ungefähr einen Faktor 4 führte. In der GPS-Auswertung wurde die Station Zimmerwald auf deren dreidimensionalen Koordinaten im BIH-System BTS87 festgehalten. Da keine weitere europäische Fiducialstation mit Zweifrequenzen-Empfängern besetzt war, wurden pro Satellit zwei Bahnparameter (along track Fehler und grosse Halbachse der Bahnellipse) bestimmt. Für jeden Satelliten wurde ein einziger Bahnbogen über die drei Tage berechnet. Die gemessenen StationsmeteoDaten wurden nicht verwendet. Dafür wurde pro Basislinie ausgehend von einem globalen a priori Meteomodel eine Zenittroposphärenkorrektur geschätzt, um die Effekte der Troposphäre zu reduzieren. Der Einfluss der Ionosphäre konnte durch die "ionsophärenfreie" Linearkombination L_3 der beiden Frequenzen L_1 und L_2 eliminiert werden. Auf Grund der Wiederholbarkeiten wurde die relative Genauigkeit in der Lage auf 1 cm oder besser, diejenige in der Höhe auf ca. 3 cm geschätzt. Eine detaillierte Beschreibung der Software und der Genauigkeitsuntersuchungen ist in [Beutler et al., 1989] zu finden.

In der Vermessungspraxis erlangte das geozentrische Bezugssystem WGS84 dank GPS immer breitere Anwendung. Aus diesem Grund berechnete A. Wiget mit Hilfe des 3D-Transformationsprogrammes ATRA [Schmid und Heggli, 1978] eine 7-Parameter Ähnlichkeitstransformation zwischen den BTS87-Koordinaten der GRANIT-Punkte und deren Landeskoordinaten im System CH1903. Die Transformationsparameter wurden in einer Kurzanleitung des Bundesamtes für Landestopographie unter dem Titel "Transformation von Landeskoordinaten CH-1903 in WGS-84 Koordinaten" im August 1990 publiziert und gingen als sog. "GRANIT-Parameter" in die Literatur ein [Wiget, 1990].

Die Messdaten der GRANIT'87-Kampagne wurden **nicht** in die Berechnung des LV95-Netzes integriert, konnten aber für unabhängige Vergleiche beigezogen werden.

3.2 NEOTEKTONIK Nordschweiz 1988

Die Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (NAGRA) führt im Auftrage des Bundes erdwissenschaftliche Untersuchungen zur Standortwahl eines künftigen Endlagers für radioaktive Abfälle durch. Ihre Arbeitsgruppe Neotektonik, in welcher die swisstopo vertreten ist, hat verschiedene geodätische Untersuchungen geplant und durchgeführt [u.a. Gubler et al., 1984 und Mälzer et al., 1988]. In diesem Zusammenhang ist sie auch an den horizontalen Deformationen der Erdkruste in der Nordschweiz interessiert. Nachdem ursprünglich ein Präzisions-Distanznetz geplant war, bot sich mit der Entwicklung von geodätischen Anwendungen des GPS eine wesentlich kostengünstigere Lösung für diese Fragestellung.

Im Jahre 1986 erteilte die NAGRA der swisstopo deshalb den Auftrag, ein Projekt für die Installation und die Erstmessung eines GPS-Überwachungsnetzes für die Nordschweiz auszuarbeiten, das im Juni 1987 vorlag [Schneider, 1987]. Es enthält neben der Beschreibung der Projektziele und der Messmethode eine ausführliche Netzstudie mit einer Präanalyse, die Auskunft über die zu erwartende Genauigkeit gibt. 1987 beauftragte die NAGRA die swisstopo, dieses Netz einzurichten und die Nullmessung durchzuführen. In der Folge wurde das Netz mit 26 Stationen in der ersten Hälfte 1988 installiert.

Zusammen mit der Messkampagne für die NAGRA wurde im Auftrag der Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) auch die Grundlagenvermessung für den projektierten Wisenbergtunnel der BAHN 2000 Basel - Olten mittels GPS erstellt [Wiget und Schneider, 1990a]. Die gemeinsame Messkampagne unter dem Namen "NEOTEKTONIK Nordschweiz" fand in der Zeit vom 13. bis 28. Okt. 1988 statt. Sie wurde aus Zuverlässigkeits- und Kontrollzwecken in zwei praktisch identische Teilkampagnen aufgeteilt, womit jeder Punkt mindestens zweimal unabhängig stationiert worden war. Die GPS-Kampagne sowie deren Ergebnisse sind in [Schneider und Wiget, 1990; Wiget und Schneider, 1990a] ausführlich dokumentiert. Am Symposium GPS'90 in Ottawa wurde ein Fachvortrag über die Auswertung dieser Kampagne gehalten [Wiget et al., 1990b]. Zudem wurde in der Zeitschrift VPK 8/91 ein Fachartikel über das GPS-Präzisionsnetz und dessen Auswertung publiziert [Wiget et al., 1991a] und am XI. Internat. Kurs für Ingenieurvermessung 1992 an der ETH Zürich ein Beitrag mit Schwergewicht zum Thema Tunnelvermessung präsentiert [Schneider und Wiget, 1992].

Der Vollständigkeit halber sei an dieser Stelle noch erwähnt, dass die NAGRA der swisstopo am 19. Mai 1995 den Auftrag zur Zweitmessung und zu einer Deformations-Grobanalyse der ersten zwei Messkampagnen erteilte. Dies mit dem Ziel, Horizontalverschiebungsraten für die Kontrollpunkte im GPS-Netz "Neotektonik Nordschweiz" zu bestimmen. Entsprechend dem 'Konzept und Messprogramm 1995' [Schneider und Wiget, 1995a] wurde das ursprüngliche Netz der Kontrollpunkte von 1988 noch um einige Punkte erweitert, welche im Rahmen der neuen Landesvermessung LV95 im Untersuchungsgebiet installiert und in der Messkampagne LV95-89 (Teil Nord) (vgl. Kap.5.1) erstmals gemessen worden waren. Damit umfasst das Überwachungsnetz heute 32 für neotektonische Untersuchungen geeignete Kontrollpunkte. Dieses Netz wurde im September 1995 von der swisstopo auftragsgemäss gemessen und mit der Berner GPS-Software Version 4.0 ausgewertet (vgl. Kap. 9.2). Die Resultate inkl. eine Deformations-Grobanalyse 1988-1995 können [Wiget et al., 1996] entnommen werden. Sie wurden schliesslich auch für einen unabhängigen Vergleich mit LV95 beigezogen (vgl. Kap. 10.4).

3.2.1 GPS-Messdaten

Anzahl Stationen:	Netzteil Wisenberg: 13 Netzteil Neotektonik: 26	4 Stationen identisch; zusätzlich Zimmerwald	13 + 26 - 4 + Zi = 36
Messtage:	13. – 28. 10. 1988	13.-15. / 17.-21. / 24.-28.	13 Sessionen
Messzeiten:	ca. 4 Std. 20 Min.: Beginn Kampagne: Ende Kampagne:	MEZ = UT + 1h 01:00 – 05:20 UT/GMT 00:30 – 04:50 UT/GMT	
Messintervall:	15 Sekunden		
Minimale Elevation:	15 Grad		
GPS-Empfänger:	5 L₁&L₂ / 6 L₁: 1 Trimble 4000 SD 2 Trimble 4000 SLD 2 Trimble 4000 SLD 2 Trimble 4000 SL 4 Trimble 4000 SX	von Trimble Nav. Ltd. von swisstopo von LVA Niedersachsen von swisstopo von LVA Niedersachsen	(Zimmerwald)
Antennentests:	10. – 12. 10. 1988	Thun 88-4	PHASECC.N88: 3 Offsets pro Antenne
Lokale Meteodaten:	Alle 30 Minuten	Luftdruck, Trocken- und Feuchttemperatur	

Tab. 3.2-1: Angaben zur GPS-Messkampagne Neotektonik Nordschweiz 1988

Nebst den Empfängern im Netz "Nordschweiz" wurde ein swisstopo-eigener Zweifrequenzen-GPS-Empfänger auf der Geostation *Zimmerwald* durchgehend betrieben. Zusätzlich wurden die drei europäischen Tracking Stationen des "Cooperative International GPS Network" (CIGNET) *Tromsø* (Norwegen), *Onsala* (Schweden) und *Wettzell* (BRD) als sog. "Fiducial Stations" für die nachträgliche Bahnverbesserung mit der Bernese GPS Software verwendet. Die Daten der CIGNET-Stationen wurden allerdings nicht in die Schlussberechnung der LV95-Gesamtauswertung übernommen.

Eine Auswahl von Stationen aus den Netzen von "Neotektonik Nordschweiz 1988" (NAGRA-Netz und Wisenberg-Netz) wurden in LV95 integriert:

Nr. in BSW	Stations-Nr.	Stations-Name	Kanton	Frühere Bez. in NEO88	LV95- Punkt	Verknüpfungs- punkt
900	0188	Dossenbach	BRD			
4	1049.000	Hütten	BRD	0288	X	X
901	0388	Niedergebischbach	BRD			
902	0488	Gaiss	BRD			
2	1031.366	Siblingen	SH	0588	X	X
5	1049.400	Laufenburg	AG	0688	X	X
903	1068.631 GPS	Farnsburg	BL	0788		
904	1069.334	Herznach	AG	0888	X	
905	0988	Laubberg	AG			
906	1050.519	Baldingen	AG	1088	X	
907	1188	Küssaburg	BRD			
908	1288	Froburg	SO			
909	1089.606.3	Gislifluh	AG	1388		
910	1069.740	Bözberg	AG	1488	X	
11	1071.000	Lägern	ZH	1588	X	X
911	1688	Irchel	ZH			
20	1088.800	Wartburg	SO	1788	X	X

Nr. in BSW	Stations-Nr.	Stations-Name	Kanton	Frühere Bez. in NEO88	LV95-Punkt	Verknüpfungspunkt
21	1090.000	Lenzburg	AG	1888	X	X
912	1090.628	Bellikon	AG	1988	X	
22	1091.300	Hönggerberg	ZH	2088	X	X
12	1072.100	Brütten	ZH	2188	X	X
913	1032.066	Benken	ZH	2288	X	
1	1012.601	Hohentwiel	BRD	2388	X	X
13	1073.000	Schauenberg	ZH	2488	X	X
10	1068.400	Sissacherfluh	BL	2588	X	X
915	5288	Hardwald	SO			
916	5388	Portal Olten	SO			
890	1088.468	Belchenflue	BL	5488	X	X
918	1088.627.7	Wisenberg	BL	5588		
919	5688	Egg	BL			
920	5788	Gutisbühl	BL			
921	5888	Tschattnau	BL			
922	5988	Höchi	BL			
923	6088	Silo Sissach	BL			
200	1068.1	Sonnenberg	BL	6288		
50	1186.800G87	Zimmerwald GPS87	BE		X	X

Tab. 3.2-2: Stationen von Neotektonik Nordschweiz 1988

3.2.2 Satelliten-Bahnen und GPS-Auswertungen von "Neotektonik Nordschweiz"

Für die Auswertung der "Neotektonik Nordschweiz 1988" Kampagne wurden ausgedehnte Untersuchungen mit verschiedenen Bahnbestimmungen durchgeführt. Am Astronomischen Institut der Universität Bern (AIUB) wurden eigene Bahnverbesserungen gerechnet [Beutler et al., 1987], ausgehend von den Broadcast-Bahnen und unter Verwendung der Beobachtungen der Zweifrequenzen-Messungen im Netz wie auch auf den Stationen *Zimmerwald*, *Wettzell* und *Onsala*. In LV95 wurden die vom U.S. National Geodetic Survey (NGS) gelieferten, vom Naval Surface Warfare Center (NSWC) in Zusammenarbeit mit der Defense Mapping Agency (DMA) aus Daten von 10 weltweit verteilten Tracking Stationen nachträglich bestimmten präzisen Ephemeriden verwendet.

Anzahl Satelliten:	7	PRN: 03, 06, 08, 09, 11, 12, 13	S/A off URA: 2.0 m – 32.0 m
Satellitenbahnen:	a) Broadcast b) Bahnverbesserungen gerechnet am AIUB c) Präzise Bahnen NSWC	a) ab Satellit b) L ₁ &L ₂ im Netz, sowie Onsala, Wettzell, Zimmerwald c) Lieferung via NGS	a) BROAD oder B1 b) AIUB oder P1 c) NGS oder N1
Standard Orbits:	Bahnbögen von 9 Std.	6 oskulierende Elemente 2 Strahlungsdruckparam.	NEOWIS88.STD NEOWIS88.RPR
Software Version:	Bernese GPS Software	Version 3.1	Computer: PRIME

Tab. 3.2-3: Satelliten-Bahnen und Software Version für Neotektonik Nordschweiz 1988

Aus den Zweifrequenzen-Messungen auf den L₁/L₂-Stationen wurden sessionsweise Ionosphärenmodelle (Einschicht-Modelle; Files NEOWIS88.ION) berechnet, mit welchen die Einfrequenzmessungen auf den übrigen Stationen korrigiert werden konnten.

Für die Reduktion des Einflusses der troposphärischen Refraktion wurden vier Modelle untersucht:

- a) Troposphärische Zenitkorrektur berechnet mit der Formel von Saastamoinen unter Verwendung einer Standardatmosphäre;
- b) Dasselbe Modell wie in a), jedoch mit den auf den Stationen gemessenen lokalen Meteodaten;
- c) Ausgehend von a) Schätzen von lokalen Troposphärenparametern aus den GPS-Messdaten, d.h. eine Rest-Zenitkorrektur pro Session und Station (ausser einer Referenzstation);
- d) Ausgehend von a) Schätzen eines lokalen Troposphärenmodelles mit linearer Höhenabhängigkeit der zenitalen troposphärischen Laufzeitverzögerung.

Grosse Aufmerksamkeit wurde der sorgfältigen Datenbereinigung im Programm OBSTST sowie der Bestimmung der Phasenmehrdeutigkeiten (Ambiguities) geschenkt. Dieser Verarbeitungsschritt war sehr zeitaufwändig. Alle Mehrdeutigkeiten konnten aber schliesslich im Parameterbestimmungsprogramm GPSEST bestimmt und auf ganze Zahlenwerte fixiert werden. Die damalige Auswertung ist in den Berichten [Wiget und Schneider, 1990a] sowie [Schneider und Wiget, 1990] ausführlich dokumentiert.

Anlässlich der Verarbeitung der GPS-Kampagne Neotektonik 1995 wurde im Juni 1996 auch die Kampagne Neotektonik Nordschweiz 1988 mit der *Bernese GPS Software Version 4.0* neu ausgewertet [Wiget et al., 1996].

4 GPS-Messkampagnen im EUREF Teilnetz CH

4.1 EUREF-89

Die erste europaweit koordinierte GPS-Kampagne wurde von der IAG Subkommission EUREF in enger Zusammenarbeit mit der CERCO WG VIII im Frühling 1989 organisiert [Seeger et al., 1992]. In dieser EUREF-GPS-Kampagne wurden mit 69 Zweifrequenzen-Empfängern (7 davon als Reservegeräte, welche auch tatsächlich zum Einsatz kamen) in zwei Wochen 93 Stationen in West-Europa bestimmt. Die Kampagne war in zwei Phasen A und B zu je 6 Messtagen mit Beobachtungsfenstern von 5 Stunden geteilt:

Phase A: 16. 05. – 21. 05. 1989 mit 62 Stationen

Phase B: 23. 05. – 28. 05. 1989 mit 55 Stationen

23 Stationen wurden in beiden Phasen beobachtet. 15 davon waren SLR- und/oder VLBI-Stationen (darunter Zimmerwald), welche in der GPS-Auswertung auf deren ETRF-89 Koordinaten fixiert worden sind.

In der Schweiz und im nahen Ausland wurden folgende Stationen gemessen:

EUREF Nr.	Stationsname	Phasen	Empfängertyp	RETrig Nr.	LV95 Nr.
0055	Chrischona	A	Trimble 4000SLD	CH 1	1047.700
0056	Zimmerwald	A + B	Trimble 4000SLD	CH 99	1186.800
0057	La Dôle / La Givrine	A	Trimble 4000SLD	CH 23	1260.800
0058	Monte Generoso	A	Wild-Magnavox WM102	CH 65	1353.700
0060	Pfänder (A)	A	Trimble 4000SLD	A 004	1076.800

Tab. 4.1-1: Stationen von EUREF-89

Die Auswertung der Kampagne EUREF-89 wurde u.a. am AIUB mit der Bernese GPS Software Version 3.2 durchgeführt [Gurtner et al., 1992]. Die berechneten Koordinaten lagen im System ETRS89 vor und bildeten den neuen, für GPS-Vermessungen in ganz West-Europa empfohlenen Bezugsrahmen ETRF89. Generell betrachtet konnte eine Koordinatengenauigkeit von einigen wenigen Zentimetern erreicht werden. Die formalen RMS3-Werte der o.g. Stationen, also die innere Genauigkeit berechnet aus den Wiederholbarkeiten der täglichen Lösungen in Lage und Höhe, waren kleiner als 3 cm.

Die fünf EUREF-Stationen der Schweiz (siehe oben) sind für die Lagerung der neuen Landesvermessung LV95 von grosser Bedeutung. Um die Ausgleichungen früherer Netze, wie z.B. von RETrig oder der schweizerischen Diagnoseausgleichung der Triangulation 1. und 2. Ordnung [Chablais et al., 1995; Signer und Vogel, 2000] mit den EUREF-Ergebnissen vergleichen zu können, wurden auch die geodätischen Beziehungen zu den RETRIG/DIA93-Zentren bestimmt. Für *Chrischona*, *Monte Generoso* und *Zimmerwald* wurden die Anschlussvektoren mit terrestrischen Methoden bestimmt, die Punkte *La Dôle* und *Pfänder* wurden durch GPS-Anschlüsse an die EUREF-Stationen angeschlossen. All diese lokalen Beziehungen sind im TB 93-01 [Danuser und Wiget, 1993] dokumentiert.

Die Messungen und Resultate der EUREF-89 Kampagne wurden für LV95 **nicht** verwendet. Sie bildeten aber eine willkommene Referenz und Vergleichsbasis für deren Resultate, insbesondere auch für Lagerungsuntersuchungen.

4.2 EUREF-CH92

Das GPS-Netz von EUREF-89 wurde sukzessive nach Osten, in ehemalige Ostblockländer erweitert. Zudem unternahmen im Zuge der erweiterten Satellitenkonstellationen sowie der verbesserten Empfängertechnologien die meisten westeuropäischen Länder eigene neue EUREF-Kampagnen, welche auch Verdichtungen beinhalten. Die Resultate dieser Kampagnen wurden, sofern die geforderten Genauigkeiten und Zuverlässigkeiten nachgewiesen werden konnten, von der IAG Subkommission EUREF nach Prüfung und Klassifizierung durch die Technical Working Group (TWG) als "Verbesserungen und Erweiterungen von EUREF-89" akzeptiert [vgl. Gubler and Hornik (Eds.) 1994 und 1996, je Resolution 1].

In jeder LV95-Hauptkampagne wurden die Station Zimmerwald sowie je zwei EUREF-Stationen mitbeobachtet. Zusätzlich wurden die vier Netzteile durch überlappende LV95-Hauptpunkte miteinander verknüpft. Mit der Publikation der Schlussresultate der EUREF'89 Kampagne (siehe Kapitel 4.1) war klar, dass bereits 1992

zumindest relativ für die EUREF-Stationen wesentlich genauere Koordinaten bestimmt werden könnten. Im diesem Jahr, in dem auch die letzte Hauptkampagne stattfand, beschloss daher die Projektleitung, die vier EUREF-Stationen der Schweiz zusammen mit der Station Pfänder im österreichischen Vorarlberg in einer eigenen EUREF-Kampagne der Schweiz, der **EUREF-CH92**, neu zu bestimmen [Wiget, 1996a resp. TB 96-12]. Mit ein Grund für diese Entscheidung war die Durchführung der ersten weltweiten GPS-Kampagne des International GPS Service for Geodynamics (IGS), die sog. **IGS Epoch'92** im August 1992 [Beutler, 1993]. Damit war gewährleistet, dass die wichtigsten GPS-Referenzstationen gleichzeitig auch in Betrieb waren und damit präzise GPS-Bahnen höchster Qualität erwartet werden konnten [Brockmann et al., 1993].

4.2.1 GPS-Messdaten

Die EUREF-CH92 mit den fünf EUREF-Stationen *Chrischona*, *La Givrine*, *Monte Generoso*, *Pfänder* und *Zimmerwald* fand in der zweiten Woche der IGS Epoch'92 Kampagne vom 3. - 8. August 1992 statt. Auf der Station *Zimmerwald* waren gleichzeitig zwei Empfänger in Betrieb (Stationen L+T88 und GPS87) [Santschi und Wild, 2003]. Damit sollte die Bildung von Basislinien mit gemischten Empfängern resp. Antennen möglichst vermieden werden (SLD-SLD, SST-SST). Im weiteren wurden die Messungen des Rogue SNR-800 Empfängers auf der Station *Wettzell 1200* in die Auswertungen einbezogen.

Anzahl Stationen:	5 Hauptpunkte plus Wettzell	EUREF-Punkte: Chrischona, Zimmerwald (2x), La Givrine, Generoso, Pfänder	
Messtage:	03. – 08. 08. 1992	216 - 220	5 Sessionen
Messzeiten:	03.08.92 (13:00h UT) durchgehend bis 08.08.92 (06:00h UT)	24 h Messungen Kurze Unterbrechungen für Datentransfer um 06:00h und 18:00h	
Messintervall:	30 Sekunden		
Minimale Elevation:	15 Grad		
GPS-Empfänger:	7 L ₁ &L ₂ : 4 Trimble 4000 SLD 2 Trimble 4000 SST 1 Rogue SNR-800	von swisstopo von ETHZ von IfAG (heute BKG)	(Chri, Givr, Pfän, Zimm) (Gene, Zimm) (Wettzell)
Antennentests:	12. – 13. 09. 1992	Thun 92-1	PHASECC.E92
Lokale Meteodaten:	Je nach Station: Alle 2 Stunden resp. anlässlich der Kontrollbesuche	Luftdruck, Trocken- und Feuchttemperatur	

Tab. 4.2-1: Angaben zur GPS-Messkampagne EUREF-CH92

Folgende Stationen aus EUREF-CH92 wurden in die LV95-Gesamtauswertung integriert:

Nr. in BSW	Stations-Nr.	EUREF-Nr.	Stations-Name	Kanton	Verknüpfungspkt.
888	1186.800G87		Zimmerwald GPS87	BE	X
50	1186.800	0056	Zimmerwald L+T88	BE	X
3	1047.700	0055	Chrischona	BS	X
16	1076.800	0060	Pfänder	Österreich	X
80	1260.800	0057	La Givrine	VD	X
104	1353.700	0058	Monte Generoso	TI / Italien	X
777	WETT	0035	Wettzell	Deutschland	X

Tab. 4.2-2: Stationen von EUREF-CH92

Interessant ist noch zu vermerken, dass die zwei Trimble 4000 SST dank der Verfügbarkeit des P-Codes die volle Wellenlänge des Trägersignales auf L₁ und L₂ hatten, währenddem die übrigen Empfänger infolge der sog. *squaring*-Technik auf L₂ lediglich über die halbe Wellenlänge verfügten. Aus diesem Grund wurden die SST-Empfänger auf der langen Basislinie *Zimmerwald – Monte Generoso* eingesetzt.

4.2.2 Satelliten-Bahnen und GPS-Auswertung des Teilnetzes EUREF-CH92

Die Daten der Kampagne EUREF-CH92 wurden von swisstopo im März 1994 ausgewertet. Für die von der EUREF-Subkommission zu akzeptierende Schlusslösung der neuen EUREF-Koordinaten mit definitiver Lagerung wurden die Daten im Rahmen der Gesamtlösung im Winter 1995/96 nochmals verarbeitet (vgl. Kapitel 10). Eine detaillierte Dokumentation dieser Auswertungen findet sich im TB 96-12 [Wiget, 1996a]. Im Kapitel 4.4 sind die wichtigsten Resultate zusammengefasst.

Anzahl Satelliten:	18	PRN: 02, 03, 11 - 21, 23 – 26, 28	S/A on
Satellitenbahnen:	a) Broadcast b) IGS-Bahnen von CODE	a) ab Satellit b) vom AIUB	
Standard Orbits:	Bahnbögen von 24 Std.	6 oskulierende Elemente 2 Strahlungsdruckparam.	COMB9293.STD COMB9293.RPR resp. PR1D1620.STD PR1D1620.RPR
Software Version:	Bernese GPS Software	Versionen 3.4 und 3.5	IBM RS6000 RISC

Tab. 4.2-3: Satelliten-Bahnen und Software Versionen für EUREF-CH92

4.3 EUREF-D/NL93

Die ähnlichen Gründe, welche swisstopo zur EUREF-CH92 veranlassten, motivierten das deutsche Institut für Angewandte Geodäsie (IfAG, heute BKG) sowie die Kollegen aus den Niederlanden eine sog. EUREF-Postkampagne unter dem Namen **EUREF-D/NL93** zu organisieren [Engelhardt, 1994].

4.3.1 GPS-Messdaten

Die Kampagne fand vom 10. - 15. Mai 1993 statt. Insgesamt wurden 35 Stationen gemessen. Auf Anfrage des IfAG beobachtete die swisstopo die drei Stationen *Chrischona*, *Pfänder* und *Zimmerwald* während 5 Sessionen von ca. 24 Std. Dauer (09.00h UT bis 09.00h UT).

Nach der Kampagne stellte das IfAG der swisstopo die vorverarbeiteten Phasenmessungen (*single difference* Files) der Basislinien in Süddeutschland zur Verfügung. Es betraf dies zusätzlich zu den von der swisstopo selber gemessenen Punkten (s.o.) die Stationen *0035 Wettzell*, *0036 Oberkochen*, *0039 Asten*, *0601 Hohenpeissenberg* sowie der Anschluss an *0061 Graz* in Österreich.

Anzahl Stationen:	3 Hauptpunkte 5 DREF-Punkte	EUREF-Punkte: Chrischona, Pfänder, Zimmerwald	DREF-Punkte: Wettzell, Oberkochen, Asten, Hohenpeissen- berg, Graz (A)
Messtage:	10. – 15. 05. 1993	130 - 134	5 Sessionen
Messzeiten:	Täglich 09:00h bis 09:00h am nächsten Tag	24 h Messungen	Kurze Unterbrüche für Datentransfer um 09:00h
Messintervall:	15 Sekunden		
Minimale Elevation:	10 Grad		
GPS-Empfänger:	8 L ₁ &L ₂ : 3 Trimble 4000 SSE 5 Trimble 4000 SSE	von swisstopo von IfAG	Ganze Wellenlänge auf L ₁ und L ₂
Antennentests:	27. – 29. 04. 1993	Thun 93-1	PHASECC.L93

Tab. 4.3-1: Angaben zur GPS-Messkampagne EUREF-D/NL93

Folgende Stationen aus EUREF-D/NL93 wurden in die LV95-Gesamtauswertung integriert:

Nr. in BSW	Stations-Nr.	EUREF-Nr.	Stations-Name	Kanton	Verknüpfungspkt.
50	1186.800	0056	Zimmerwald L+T88	BE	X
3	1047.700	0055	Chrischona	BS	X
16	1076.800	0060	Pfänder	Österreich	X
722	Wetzell	0035	Wetzell	Deutschland	X
724	Oberkochen	0036	Oberkochen	Deutschland	
726	Asten	0039	Asten	Deutschland	
746	Hohenpeissenb.	0601	Hohenpeissenberg	Deutschland	
779	Graz	0061	Graz	Österreich	

Tab. 4.3-2: Stationen von EUREF-D/NL93 (in LV95 verarbeiteter Teil)

4.3.2 Satelliten-Bahnen und GPS-Auswertung des Teilnetzes EUREF-D/NL93

Die Daten der Teilkampagne EUREF-D/NL93 wurden von swisstopo im Dez. 1993 ausgewertet. Für die von der EUREF-Subkommission zu akzeptierende Schlusslösung der neuen EUREF-Koordinaten mit definitiver Lagerung wurden die Daten im Rahmen der Gesamtlösung im Winter 1995/96 nochmals verarbeitet (vgl. Kapitel 10). Eine detaillierte Dokumentation dieser Auswertungen findet sich im TB 96-12 [Wiget, 1996a]. Im Kapitel 4.4 sind die wichtigsten Resultate zusammengefasst.

Anzahl Satelliten:	22	PRN: 01, 02, 03, 12 - 29, 31	S/A on
Satellitenbahnen:	a) Broadcast b) IGS-Bahnen von CODE	a) ab Satellit b) vom AIUB	
Standard Orbits:	Bahnbögen von 24 Std.	6 oskulierende Elemente 2 Strahlungsdruckparam.	COMB9293.STD COMB9293.RPR resp. CO130135.STD CO130135.RPR
Software Version:	Bernese GPS Software	Versionen 3.4 und 3.5	IBM RS6000 RISC

Tab. 4.3-3: Satelliten-Bahnen und Software Versionen für EUREF-D/NL93 (in LV95 verarbeiteter Teil)

4.4 Zusammenstellung der Messungen und Auswertung der EUREF-Punkte

Swisstopo hatte das Ziel, im Rahmen von LV95 auch die ETRS89-Koordinaten der für die Schweiz relevanten EUREF-Punkte neu zu bestimmen und durch die IAG-Subkommission EUREF offiziell bestätigen zu lassen, was anlässlich des EUREF-Symposiums in Ankara 1996 auch erreicht werden konnte (siehe gegen Ende dieses Kapitels). Im Rahmen der Auswertung fanden daher auch intensive Kontakte mit Kollegen des Instituts für Angewandte Geodäsie (IfAG, heute BKG, Aussenstelle Leipzig) und des Bundesamtes für Eich- und Vermessungswesen (BEV in Wien) statt. Dabei wurden die Berechnungen der verschiedenen Netze (EUREF-CH92, EUREF-D/NL93, AGREF, DREF, LV95) miteinander verglichen und Zwischenresultate ausgetauscht. Im Fall von Deutschland und Österreich standen die Stationen *Chrischona* und *Pfänder* zur Diskussion. Da die französischen und italienischen Partnerinstitute auf den EUREF-Stationen *La Givrine* und *Monte Generoso* noch keine eigenen Messungen gemacht hatten, waren sie von einer Neubestimmung weniger betroffen.

Damit die neu festzulegenden Koordinaten der internationalen EUREF-Stationen mit den offiziellen schweizerischen LV95-Koordinaten kompatibel sind, wurde deren Berechnung auf Schweizer Seite im Rahmen der LV95-Gesamtauswertung durchgeführt. Die Auswertestrategie sowie die Lagerung sind daher mit dieser identisch (vgl. Kap. 10.2). Die folgenden Texte wurden dem in Englisch verfassten Technischen Bericht zuhanden der EUREF-Kommission TB 96-12 [Wiget, 1996a] entnommen.

Die EUREF-Punkte wurden, wie erwähnt, einerseits in den separaten EUREF-Kampagnen gemessen, zusätzlich aber auch je deren drei in den LV95-Hauptkampagnen (vgl. Kapitel 5). Folgendes Schema gibt eine Übersicht über die wichtigsten Stationierungen:

Nr	Station	Kamp.:	LV95-1989	LV95-1990	LV95-1991	EU-92	LV95-1992	EU-93	Anzahl
		D,SVs:	5h , 7 SVs	7h , 8SVs	8h,10 SVs	23h	8h,12 SVs	23h	Sessionen
		Sess. #:	1234567890	123456789	123456789	12345	123456789	12345	pro Stat.
56	Zimmerwald		XXXXXXXXXX	XXXXXXXXXX	XXX XXXXX	XXXXX	XXXXXXXXXX	XXXXX	89
55	Chrischona		XXX	XXXX X XX		XXXXX		XXXXX	20
60	Pfänder		XX X X			XXXXX	XX XX	XXXXX	18
57	La Givrine			XXXXXXX	XX XX	XXXXX			16
58	Monte Generoso				XXXX XXX	XXXXX	XX X		15
35	Wettzell					XXXXX		XXXXX	10
61	Graz							XXXXX	5

Tab. 4.4-1: Stationierungen von EUREF-Punkten in LV95

Die Daten der einzelnen Kampagnen wurden sessionsweise verarbeitet. Die Station *Zimmerwald* dient als Verknüpfungspunkt. Die Schlusslösung wurde anschliessend durch Kombination der Normalgleichungsanteile im Programm ADDNEQ berechnet. Als Beispiel für die Wiederholbarkeit der Stationskoordinaten ist auf der folgenden Seite ein Auszug aus dem Programm-Output von ADDNEQ mit den Kampagnen EUREF-CH92 und EUREF-D/NL93 abgedruckt.

Die Wiederholbarkeit (ungewichteter RMS in ADDNEQ) für dieselben Stationen über alle LV95-Kampagnen ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Station	Anzahl Sessionen	Ungewichteter RMS individ. Koordinaten		
		Nord [m]	Ost [m]	Höhe [m]
Zimmerwald	89 (total)	0.000	0.000	0.000
Chrischona	20	0.004	0.007	0.021
Pfänder	18	0.014	0.004	0.032
La Givrine	16	0.007	0.005	0.031
Monte Generoso	15	0.009	0.007	0.041

Tab. 4.4-2: Wiederholbarkeit der Koordinaten über alle Kampagnen

Diese (ungewichteten) RMS-Werte stellen die Wiederholbarkeit (mittlere Fehler) für die Koordinaten einer einzelnen Session dar. Da die Gewichte der kürzeren Sessionen in LV95 kleiner sind, tendieren deren Differenzen zum Mittelwert dazu, grösser zu sein. Doch diese grössere Streuung in den Koordinaten wird zu Gunsten der erhöhten Zuverlässigkeit akzeptiert. Der RMS-Wert der gemittelten Koordinaten (relativ zu Zimmerwald) kann durch eine Division mit der Wurzel aus der Anzahl Sessionen näherungsweise geschätzt werden (vgl. Tab. 4.4-4). Es sei noch erwähnt, dass die geschätzten mittleren Höhenfehler (RMS-Werte) ziemlich proportional zu den absoluten Höhen der Stationen sind.

Der mittlere Fehler der Einzeldifferenzbeobachtungen (*single differences*, Gewichtseinheit) der kombinierten Ausgleichung aller Kampagnen beträgt 3.5 mm.

COMBINATION OF NORMAL EQUATIONS OF THE TWO EUREF-CAMPAIGNS 1992 / 199309-JAN-96 14:59

NUM	STATION	VELO	#FIL	1992	1993
				12345	12345
56	ZIMMERWALD (fixed)		10	FFFFF	FFFFF
55	CHRISCHONA		10	XXXXX	XXXXX
60	PFAENDER		10	XXXXX	XXXXX
57	LA GIVRINE		5	XXXXX	
58	MONTE GENEROSO		5	XXXXX	

SIGMA OF SINGLE DIFFERENCE OBSERVATION: .0035 m

COMPARISON OF STATION COORDINATES WITH RESPECT TO THE COMBINED SOLUTION

- UNWEIGHTED RMS OF INDIVIDUAL COORDINATE RESIDUAL [in m]

Nr	STATION	#FIL	C	RMS	92.1	92.2	92.3	92.4	92.5	93.1	93.2	93.3	93.4	93.5
56	ZIMMERWALD L+T (fixed)	10	N	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
			E	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
			U	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000
55	CHRISCHONA	10	N	.005	.010	.002	-.002	-.002	-.008	.001	.001	-.001	.001	-.001
			E	.002	-.004	.000	-.001	.000	-.003	-.001	.000	.001	-.002	.003
			U	.015	.006	-.007	.019	.017	.034	-.001	-.011	.004	-.010	-.005
60	PFAENDER	10	N	.005	-.001	.006	-.004	-.010	-.009	.002	.003	.001	.001	-.001
			E	.003	.000	-.002	.003	.004	-.002	-.004	.000	.001	-.001	.003
			U	.011	-.013	.001	-.004	.018	.024	-.006	-.007	.002	-.003	.002
57	LA GIVRINE	5	N	.006	.009	.000	.000	-.004	-.008					
			E	.004	-.005	.001	-.001	.004	-.003					
			U	.013	.021	.002	.000	.013	-.005					
58	MONTE GENEROSO	5	N	.005	.004	.006	-.002	-.001	-.005					
			E	.003	-.003	-.003	.003	.002	.000					
			U	.011	-.001	.007	-.010	-.014	.014					

Tab. 4.4-3: Wiederholbarkeit der Koordinaten der zwei EUREF Kampagnen 1992/1993

Station	Anzahl Sessionen	RMS-Werte der gemittelten Koordinaten		
		Nord [m]	Ost [m]	Höhe [m]
Zimmerwald	89 (total)	0.000	0.000	0.000
Chrischona	20	0.001	0.002	0.005
Pfänder	18	0.003	0.001	0.007
La Givrine	16	0.002	0.001	0.008
Monte Generoso	15	0.002	0.002	0.011

Tab. 4.4-4: Aus der Wiederholbarkeit geschätzte mittlere Fehler der Stationskoordinaten relativ zu Zimmerwald
Zum Studium des Einflusses der troposphärischen Refraktion wurden verschiedene Untersuchungen in freien Netzausgleichungen gemacht (vgl. Kap. 2.3 und Kap. 10.1). Dabei wurde für jede Station (mit Ausnahme der

Referenzstation Zimmerwald) in jeder Session ein troposphärischer *zenith path delay* Parameter pro ca. 4 Stunden Messungen geschätzt. Dies basierend auf zwei Troposphärenmodellen:

- a) Standard-Troposphärenmodell nach Saastamoinen
- b) Vierdimensionales Refraktivitätsfeld [Geiger et al., 1995] berechnet aus den
 - Bodenmessdaten (Temperatur, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit alle 10 bis 60 Minuten) der 72 gleichmässig über die Schweiz verteilten automatischen Messstationen (ANETZ) der schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA, heute MeteoSchweiz) sowie den
 - Ballonsondierungen in Payerne (alle 12 Stunden).

Die Analyse der Massstabsvariationen unter Verwendung unterschiedlicher a priori Sigmas für die Troposphärenparameter führte zur Einsicht, dass das ANETZ-Modell (b) eine leichte Verbesserung im Massstab brachte. Weitere Angaben und Vergleiche können dem TB 96-12 entnommen werden. Die Schlusslösung wurde mit einer Minimalelevation (*cut-off angle*) von 20 Grad gerechnet.

Als Referenzepoche für die Koordinaten wurde die Epoche 1993.0 verwendet. In dieser lagen die zur damaligen Zeit besten Koordinaten der Referenzpunkte vor (SLR/VLBI *fiducial stations*), nämlich die ITRF93-Koordinaten. Zudem fällt diese Epoche ungefähr in die Mitte zwischen die Kampagnen EUREF-CH92 (August 1992) und EUREF-D/NL93 (Mai 1993), welche für die Lagerung des LV95-Netzes besonders wichtig waren.

Nebst einer **free network solution**, in welcher lediglich die Koordinaten von *Zimmerwald* im Bezugsrahmen ITRF93 (Epoche 1993.0) festgehalten wurden, wurde auch eine kombinierte gezwängte (*constrained*) Lösung berechnet. Die einzigen zwei anderen Referenzstationen (*fiducial stations*), die SLR-Stationen *Wettzell* und *Graz*, liegen geometrisch ungleich verteilt östlich des Schweizernetzes. Zudem sind für diese keine ANETZ-Daten verfügbar. Es muss daher Sorge getragen werden, dass ein allfälliger Massstabsfehler in den Basislinien östlich der Station *Pfänder* nicht das ganze Netz verzerrt. Aus diesem Grund wurde für die Lagerung ein "gewichteter Zwang" (*weighted constraint*) angewandt. In dieser **loosely constrained solution** wurden die ITRF93-Koordinaten von *Zimmerwald* fixiert, diejenigen von *Wettzell* und *Graz* mit Gewichten gemäss ihren mittleren Fehlern (Sigma) in [Boucher et al., 1994: *IERS Technical Note 18*] eingeführt. Die Koordinatenänderungen in *Wettzell* and *Graz* liegen im Zentimeterbereich für die Lagekomponenten und 3 cm für die Höhe. Die Koordinaten der fünf EUREF-Stationen ändern jedoch weniger als 1 mm. Aus diesem Grund können die zwei Lösungen im Millimeterbereich als identisch betrachtet werden.

Zusammenfassend können folgende Eigenschaften der *loosely constrained* Netzwerklösung festgehalten werden:

- Netzwerk von "ionosphärenfreien" L_3 -Basislinien
- Verwendung von CODE-Bahnen und IERS-Polpositionen
- ITRF93-Koordinaten (Epoche 1993.0) von *Zimmerwald* fixiert
- ITRF93-Koordinaten (Epoche 1993.0) von *Wettzell* und *Graz* als Lagerungspunkte mit denselben mittleren Fehlern eingeführt wie sie in der ITRF93 Lösung geschätzt worden waren
- alle anderen Stationskoordinaten wurden ohne a priori Gewichte geschätzt
- alle Phasenmehrdeutigkeiten im Netz wurden gelöst und fixiert
- Korrelationen zwischen den Basislinien wurden korrekt modelliert
- als a priori Modell für die Troposphärenrefraktion wurde das ANETZ-Modell verwendet
- ungefähr pro 4 Stunden Messdaten wurde ein Troposphärenparameter (*zenith path delay*) geschätzt

Die folgende Tab. 4.4-5 enthält die ITRF93-Koordinaten der EUREF-CH92/93-Stationen aus der LV95-Gesamtauswertung, zusammen mit deren formalen mittleren Fehlern (RMS-Werte). Diese Fehler sind offensichtlich zu optimistisch und geben lediglich ein Mass für die innere Genauigkeit (Präzision) der Lösung wieder. Für die äussere Genauigkeit sollten sie mindestens mit dem Faktor 10 multipliziert werden (vgl. Tab. 4.4-6).

Station	EUREF No.	X [m]	Y [m]	Z [m]
Chrischona	0055	4273147.8377 0.0003	575368.3248 0.0001	4684903.7182 0.0003
La Givrine	0057	4377795.4041 0.0004	468008.6748 0.0001	4601077.3450 0.0005
Monte Generoso	0058	4390113.2403 0.0004	696884.2044 0.0001	4561133.0352 0.0004
Pfänder	0060	4253563.4551 0.0003	733522.3951 0.0001	4681452.1861 0.0004
Zimmerwald (fixiert)	0056 (L+T88)	4331297.2411 0.0000	567555.6725 0.0000	4633133.8014 0.0000

Tab. 4.4-5: ITRF93 Koordinaten (Epoche 1993.0) und deren formale RMS-Fehler

Die ITRF93-Koordinaten (Epoche 1993.0) wurden schliesslich ins europäische Bezugssystem ETRS89 (Epoche 1989.0) umgerechnet [Boucher and Altamimi, 1995]. Dabei wurden die Geschwindigkeiten des Plattentektonik-Modelles NNR-NUVEL1A (inkl. Massstabsfaktor 0.9562 und Änderung der Rotationswinkel gemäss [Boucher et al., 1994: IERS Technical Note 18]) verwendet. Da die Ausdehnung des Netzes global betrachtet relativ klein ist und alle Stationen auf der eurasischen Platte liegen, wurden keine individuellen Stationsgeschwindigkeiten berücksichtigt.

Die auf mm gerundeten geozentrischen Koordinaten sowie deren Umrechnung in ellipsoidische Koordinaten bezüglich des GRS80-Ellipsoides [Moritz, 1984] können den folgenden Tabellen entnommen werden:

Station	EUREF No.	X [m]	Y [m]	Z [m]
Chrischona	0055	4273147.935	575368.293	4684903.636
La Givrine	0057	4377795.499	468008.642	4601077.260
Monte Generoso	0058	4390113.338	696884.172	4561132.952
Pfänder	0060	4253563.555	733522.363	4681452.105
Zimmerwald	0056: L+T88	4331297.338	567555.640	4633133.718

Station	EUREF No.	Ellipsoid GRS80: a = 6378137 m; 1/f = 298.257222101			RMS [mm]		
		Latitude	Longitude	Ell. Height [m]	N	E	U
Chrischona	0055	47° 34' 01.38525"	7° 40' 06.98302"	504.932	1	2	5
La Givrine	0057	46° 27' 14.69000"	6° 06' 07.32617"	1258.248	3	1	7
Monte Generoso	0058	45° 55' 49.98335"	9° 01' 11.42989"	1741.214	2	1	8
Pfänder	0060	47° 30' 55.17267"	9° 47' 03.69789"	1089.378	2	2	11
Zimmerwald	0056	46° 52' 37.54060"	7° 27' 54.98362"	956.338	0	0	0

Tab. 4.4-6: Schlusslösung der EUREF-CH92/93-Stationen im Bezugssystem ETRS89 (Epoche 1989.0) aus den ITRF93-Koordinaten zur Epoche 1993.0 (mittlere Epoche der EUREF-Beobachtungen); die RMS-Werte sind aus den täglichen Wiederholbarkeiten relativ zu Zimmerwald geschätzt

Diese Koordinaten wurden der EUREF Technical Working Group zur Beurteilung und Genehmigung vorgelegt und am EUREF-Symposium vom 22. - 25. Mai 1996 in Ankara als *class B standard* akzeptiert [Gubler and Hornik (Eds.), 1996: Resolution 1, p. 343].

Schliesslich soll noch ein Vergleich mit den Koordinaten der EUREF-89 Lösung [Gurtner et al., 1992] gegeben werden. Die absoluten Differenzen im Bereich einiger weniger Zentimeter entsprechen etwa der Genauigkeit der "alten" EUREF-89 Lösung.

EUREF Nr.	Name	Differenzen im lokalen System		
		Nord [m]	Ost [m]	Höhe [m]
0055	Chrischona	-0.003	-0.068	-0.052
0057	La Givrine	0.002	-0.064	-0.066
0058	Monte Generoso	-0.020	-0.073	0.069
0060	Pfänder	0.017	0.003	-0.063
0056	Zimmerwald	0.034	-0.059	-0.039

Tab. 4.4-7: EUREF-89 Koordinaten minus die Koordinaten von EUREF-CH92/93 (berechnet aus ITRF93) in ETRS89, Epoche 1989.0

Die Residuen und Parameter einer 3-Parameter Ähnlichkeitstransformation zwischen den zwei Lösungen sind in der folgenden Tabelle aufgezeigt:

EUREF Nr.	Name	Residuen im lokalen System		
		Nord [m]	Ost [m]	Höhe [m]
0055	Chrischona	0.009	0.016	0.021
0057	La Givrine	0.003	0.011	0.037
0058	Monte Generoso	0.026	0.020	-0.100
0060	Pfänder	-0.010	-0.054	0.033
0056	Zimmerwald	-0.028	0.007	0.009
	RMS / Komponente	0.020	0.031	0.057
	Translation in Nord	5.2 ± 17.6 mm		
	Translation in Ost	-51.7 ± 17.6 mm		
	Translation in der Höhe	-30.3 ± 17.6 mm		

Tab. 4.4-8: Ähnlichkeitstransformation (nur 3 Translationen) der EUREF-CH92/93-Koordinaten auf die EUREF-89 Lösung (beide in ETRS89, Epoche 1989.0)

4.5 Integration der EUREF-Kampagnen in LV95

Die Messungen und Resultate der **EUREF-89** Kampagne wurden für LV95 (CHTRF95) **nicht** verwendet.

Die Messungen der **EUREF-CH92** Kampagne auf den fünf Schweizer EUREF-Punkten zusammen mit *Wettzell* und *Graz* wurden sessionsweise (Sessionen 216 - 220) in LV95 integriert.

Die Daten der **EUREF-D/NL93** Kampagne wurden in einen Schweizer Teil "**EUD93**" (Stationen *Chrischona*, *Pfänder* und *Zimmerwald*) und einen Deutsch-Österreichischen Teil "**DREF93**" (Stationen *Wettzell*, *Oberkochen*, *Asten*, *Hohenpeissenberg*, *Pfänder* und *Graz*) unterteilt. Die Basislinien von EUD93 wurden von swisstopo analog zur EUREF-CH92 Kampagne bereinigt und in LV95 integriert, die Basislinien von DREF93 in Süddeutschland und Österreich konnten vom Institut für Angewandte Geodäsie (IfAG) in Form von vorverarbeiteten Phasennmessungen (*single difference* Files) übernommen werden.

Die Kennzahlen der EUREF-Sessionen resp. -Kampagnen im Rahmen der Gesamtlösung LV95 mit ADDNEQ (Bernese GPS Software Version 4.2) können dem Ausdruck im Anhang A5 entnommen werden.

5 GPS-Messkampagnen in LV95-Teilnetzen

5.1 LV95-89 (Teil Nord)

Die Messkampagne LV95-89 (Nord) war die erste eigentliche LV95-Kampagne. Die Messungen des Teilnetzes 1989 sind im TB 95-30 [Th. Signer, 1992] ausführlich beschrieben. An der XX. Generalversammlung der International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) in Wien, 11. - 24. Aug. 1991, wurde ein Fachvortrag über den Aufbau des LV95 und die Auswertung dieser ersten Kampagne gehalten [Wiget et al., 1991b].

5.1.1 GPS-Messdaten

Anzahl Stationen:	27 Hauptpunkte 20 Anschlüsse	davon 12 aus NEO und 3 EUREF-Punkte:	Chrischona, Pfänder, Zimmerwald
Messtage:	19. – 30. 09. 1989	262 - 265 / 268 - 273	10 Sessionen
Messzeiten:	ca. 4 Std. 30 Min.: Beginn Kampagne Ende Kampagne	MEZ = + UT + 1h 02:15 – 06:45 UT/GMT 01:31 – 06:01 UT/GMT	
Messintervall:	15 Sekunden		
Minimale Elevation:	15 Grad		
GPS-Empfänger:	8 L ₁ &L ₂ / 4 L ₁ : 4 Trimble 4000 SLD 4 Trimble 4000 SLD 2 Trimble 4000 SL 2 Trimble 4000 SX	von swisstopo von LVA Niedersachsen von BEV Wien von LVA Niedersachsen	(L ₁ , meist Anschlüsse) (L ₁ , nur Reserve)
Antennentests:	12. – 15. 09. 1989	Thun 89-3	PHASECC.L89
Lokale Meteordaten:	Alle 30 Minuten	Luftdruck, Trocken- und Feuchttemperatur	

Tab. 5.1-1: Angaben zur GPS-Messkampagne LV95-89

Folgende Stationen wurden im Teilnetz LV95-89 beobachtet:

Nr. in BSW	Stations-Nr.	Stations-Name	Kanton	Verknüpfungspkt.
28	1113.100	Bachtel	ZH	X
12	1072.100	Brütten	ZH	X
6	1051.600	Buchberg	SH	
3	1047.700	Chrischona	BS	X
8	1054.400	Dettighofen	TG	X
34	1132.500	Einsiedeln	SZ	X
35	1133.600	Gaster	SG	X
15	1075.400	Goldach	SG	
1	1012.601	Hohentwiel	Deutschland	X
22	1091.300	Hönggerberg	ZH	X
4	1049.000	Hütten	Deutschland	X
11	1071.000	Lägern	ZH	X
5	1049.400	Laufenburg	AG	X
21	1090.000	Lenzburg	AG	X
24	1096.100	Montlingen	SG	X
14	1074.000	Nollen	TG	

Nr. in BSW	Stations-Nr.	Stations-Name	Kanton	Verknüpfungspkt.
23	1094.000	Oberhelfenschwil	SG	
16	1076.800	Pfänder	Österreich	X
27	1112.100	Pfannenstiel	ZH	
13	1073.000	Schauenberg	ZH	X
29	1114.800	Schwägalp	AR	X
2	1031.366	Siblingen	SH	X
33	1130.800	Sins	AG	X
10	1068.400	Sissacherfluh	BL	X
7	1052.600	Stammheim	ZH	
20	1088.800	Wartburg	SO	X
50	1186.800	Zimmerwald L+T88	BE	X
200	1068.1	Wisen88: 6288 Sonnenberg	BL	X
201	1113.115.3	Bachtel 68 PFH	ZH	
202	1052.130.3	Andelfingen PF	ZH	
203	1115.136.3	Säntis 59 PF	AI/SG/AR	
204	1075.624.3	Rossbüchel (verlegt)	SG	
205	1032.642	Etzwilen	TG	
206	1069.721ZP	Letzi S	AG	
207	1076.801.3	Pfänder 54 PF	Österreich	
208	1034.901	Hersberg PF	Deutschland	
209	9016	Niv SG640		
210	9036	Niv ZH399		
211	9056	Niv TG249		
212	9076	Niv SZ149		
213	9166	Niv TG113		
214	9146	Niv AG535		
215	9176	Niv SG293		
216	9196	Niv ZH85		
217	9205	Niv TG47		
218	9226	Niv SH62		
219	9246	Niv SH78		

Tab. 5.1-2: Liste der Stationen im Teil LV95-89

5.1.2 Satelliten-Bahnen und GPS-Auswertung des Teilnetzes LV95-89

Die Daten der Kampagne LV95-89 wurden im Jahr 1991 ausgewertet. Auch für diese Auswertung wurden ausgedehnte Untersuchungen mit verschiedenen Bahnbestimmungen durchgeführt. Am AIUB wurden wiederum Bahnverbesserungen gerechnet, ausgehend von den Broadcast Bahnen und unter Verwendung der Beobachtungen der Zweifrequenzen-Messungen im Netz sowie auf den europäischen Tracking-Stationen *Graz*, *Onsala*, *Tromsö*, *Wettzell* und *Zimmerwald* [Beutler et al., 1987]. Als Precise Orbits konnten wie in der Neotektonik Kampagne die vom Naval Surface Warfare Center (NSWC) in Zusammenarbeit mit der Defense Mapping Agency (DMA) nachträglich bestimmten Ephemeriden sowie die dazugehörigen Satellitenuhrparameter (DMA.CLK resp. SATELLITE.CLOCK. DMA1) verwendet werden, welche diesmal direkt von der DMA geliefert wurden.

Anzahl Satelliten:	7	PRN: 03, 06, 08, 09, 11, 12, 13	S/A off URA: 2.0 m – 16.0 m (Ausn. PRN 08: 64 m)
Satellitenbahnen:	a) Broadcast b) Präzise Bahnen DMA	a) ab Satellit b) von DMA direkt	
Standard Orbits:	Bahnbögen von 9 Std.	6 oskulierende Elemente 2 Strahlungsdruckparam.	DMA262273.STD DMA262273.RPR resp. PR1D6273.STD PR1D6273.RPR
Software Version:	Bernese GPS Software	Versionen 3.2 und 3.3	Computer: PRIME

Tab. 5.1-3: Satelliten-Bahnen und Software Versionen für LV95-89

Aus den Zweifrequenzen-Messungen auf den L_1/L_2 -Stationen wurden mittels dem Programm IONEST und der Observablen L_4 (L_1-L_2 in m) sessionsweise Ionosphärenmodelle (Einschicht-Modelle; Files LV89.ION resp. IONOS.RESULT) berechnet, mit welchen die Einfrequenzmessungen auf den übrigen Stationen korrigiert werden konnten.

Für die Reduktion des Einflusses der troposphärischen Refraktion wurden wie in der Neotektonik-Kampagne vier Modelle untersucht (vgl. Kap. 3.2.3). Zudem wurden nebst dem Modell Saastamoinen auch Lösungen mit den Modellen Hopfield und Essen&Froome berechnet. Schliesslich konnten auch bereits erste Versuche mit einem Meteomodell unter Verwendung der ANETZ-Daten der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA, heute MeteoSchweiz) gemacht werden, welches am Institut für Geodäsie und Photogrammetrie (Prof. H.-G. Kahle, Dr. A. Geiger) der ETH Zürich berechnet worden war.

Grosse Aufmerksamkeit wurde der sorgfältigen Datenbereinigung im halbautomatischen Preprocessing-Programm MAUPRP sowie der Bestimmung der Phasenmehrdeutigkeiten (Ambiguities) im Parameterbestimmungsprogramm GPSEST geschenkt. Die Verarbeitungsstrategie der Zweifrequenzendaten war dabei wie folgt (vgl. auch Kap. 2.2):

- (1) Ambiguity-float Lösung mit der ionosphärenfreien Linearkombination L_3 ;
- (2) Unter Verwendung der fixierten Koordinaten aus Lösung (1) Berechnung einer sog. wide-lane L_5 -Lösung und Bestimmung der L_5 -Ambiguities;
- (3) Unter Verwendung der L_5 -Ambiguities aus Schritt (2) Berechnung einer L_3 -Lösung und Bestimmung der L_1 -Ambiguities (die L_2 -Ambiguities sind damit auch bestimmt).

Alle Mehrdeutigkeiten konnten bestimmt und auf ganze Zahlenwerte fixiert werden.

Anlässlich der Auswertung der GPS-Kampagne Neotektonik 1995 wurde im Juni 1996 auch die Kampagne LV95-89 mit der *Bernese GPS Software Version 4.0* neu ausgewertet [Wiget et al., 1996]. Erste Analysen aus dem Vergleich des Teilnetzes "LV95-89 Nord" mit dem Netz "Neotektonik Nordschweiz 1988" ergab relative Genauigkeiten (1 Sigma) von 5 mm in den Lagekoordinaten und 15 mm in den (ellipsoidischen) Höhen-differenzen.

5.2 LV95-90 (Teil West)

In der Messkampagne LV95-90 (West) wurde die zweite Etappe des LV95-Netzes bearbeitet. Die Messungen und Berechnungen des Teilnetzes 1990 sind im TB 95-31 [B. Vogel, 1992] beschrieben.

5.2.1 GPS-Messdaten

Anzahl Stationen:	36 Hauptpunkte 39 Anschlüsse	davon 2 AP aus LV95-89 und 3 EUREF-Punkte	Sins, Wartburg resp. Chrischona, La Givrine, Zimmerwald
Messtage:	8. – 18. 10. 1990	281 - 285 / 288 - 291	9 Sessionen
Messzeiten:	ca. 7 Std. 20 Min.: Beginn Kampagne Ende Kampagne	MEZ = UT + 1h 20:50 – 04:10 UT/GMT 20:10 – 03:30 UT/GMT	
Messintervall:	15 Sekunden		
Minimale Elevation:	15 Grad		
GPS-Empfänger:	12 L₁&L₂ / 2 L₁: 4 Trimble 4000 SLD 2 Trimble 4000 SLD 3 Trimble 4000 STD 1 Trimble 4000 SST 2 Trimble 4000 SD 2 Trimble 4000 SL	von swisstopo von LVA Niedersachsen von LVA Niedersachsen von LVA Niedersachsen von Trimble Nav. Ltd. von BEV Wien	(1 Reserve) (L ₁ , nur Anschlüsse)
Antennentests:	2.–3. und 19.–20. 10. 1990	Thun 90-3 und 90-4	PHASECC.10.90 resp. PHASECC.L90
Lokale Meteodaten:	Jede volle Stunde	Luftdruck, Trocken- und Feuchttemperatur	

Tab. 5.2-1: Angaben zur GPS-Messkampagne LV95-90

Folgende Stationen wurden im Teilnetz LV95-90 beobachtet:

Nr. in BSW	Stations-Nr.	Stations-Name	Kanton	Verknüpfungspunkt
88	1281.000	Bossy	GE	X
81	1264.400	Chailly	VD	X
30	1125.200	Chasseral	BE	
47	1182.621	Col des Etroits	VD	X
73	1242.700	Echandens	VD	
72	1241.800	Essertines	VD	X
17	1084.600	Fahy	JU	
48	1184.300	Forel	FR	
49	1185.500	Fribourg	FR	
56	1206.400	Guggisberg	BE	
32	1129.500	Knutwil	LU	X
31	1128.400	Langenthal	BE	X
36	1144.200	La Chaux-de-Fonds	NE	
80	1260.800	La Givrine	VD	X
65	1222.700	La Sarraz	VD	
67	1225.200	La Tour-de-Trême	FR	X
64	1221.600	Le Lieu	VD	
18	1085.700	Les Rangiers	JU	
38	1147.800	Lueg	BE	X

Nr. in BSW	Stations-Nr.	Stations-Name	Kanton	Verknüpfungspunkt
39	1149.200	Menzberg	LU	X
9	1066.800	Metzerlen	SO	
66	1224.100	Moudon	VD	X
94	1301.100	Piton	France	X
25	1105.700	Reconvilier	BE	
26	1107.300	Riedholz	SO	X
74	1243.700	Savigny	VD	X
37	1146.300	Seedorf	BE	X
45	1168.100	Signau	BE	X
57	1207.500	Thun	BE	X
43	1163.400	Travers	NE	
19	1087.869	Vogelberg	SO	X
44	1165.300	Vully	FR	
27	1186.800	Zimmerwald	BE	X
3	1047.700	Chrischona	BS	X
33	1130.800	Sins	AG	X
20	1088.800	Wartburg	SO	X
300	1169.001EXZ	Napf S	BE	
301	1144.001.3	Pouillerel	NE	
302	1148.018.3	Lueg	BE	
303	1126.102NE	Montoz (LFP3)	BE	
304	1188.226ZP	Naters	BE	
305	1107.235.3	Rötifluh	SO	
306	1206.308ZP	Guggershorn	BE	
307	1109.332ZP	Wiliberg (verlegt)	AG	
308	1146.346ZP	Frienisberg (verlegt)	BE	
309	1128.421.3	Ghürn	BE	
310	1185.557.3	Fribourg	FR	
311	1066.602	Rämel	SO	
312	1242.619ZP	Crêt Blanc	VD	
313	1163.621N	Le Soliat	VD	
314	1164.623EXC	St-Aubin (verlegt)	FR	
315	1084.651	Faux d'Enson	JU	
316	1264.723GPS	Rochers de Naye	VD	
317	1243.732.3	Tour de Gourze	VD	
318	1166.770.6	Landestopographie	BE	X
319	1222.806ZP	Mormont	VD	
320	1182.814.3	Chasseron	VD	
321	1206.816.3	Gurnigel	BE	
322	9326	Niv VDE300A	VD	
323	9356	Niv VDO294	VD	
324	9366	Niv VDO40	VD	
325	9376	Niv JU134	JU	
326	9386	Niv FR277	FR	
327	9396	Niv FR118	FR	
328	9426	Niv BEN302	BE	
329	9436	Niv NE97	NE	
330	9456	Niv VDO253	VD	

Nr. in BSW	Stations-Nr.	Stations-Name	Kanton	Verknüpfungspunkt
331	9506	Niv LU221A	LU	
332	9516	Niv BL131	BL	
333	9526	Niv FR235A	FR	
334	9546	Niv BEJ20	BE	
335	9566	Niv VDE247	VD	
336	9576	Niv BEN115A	BE	
337	9606	Niv NE217	NE	
338	9626	Niv FR352	FR	

Tab. 5.2-2: Liste der Stationen im Teil LV95-90

5.2.2 Satelliten-Bahnen und GPS-Auswertung des Teilnetzes LV95-90

Die Daten der Kampagne LV95-90 wurden im Sommer 1992 ausgewertet. Der Ablauf der Auswertung entsprach dem Standardvorgehen, wobei bemerkt werden muss, dass vor allem die Daten der drei Messtage 283, 284 und 291 infolge sehr starker Ionosphärenaktivität einer aufwendigen manuellen Bereinigung bedurften.

Nebst den Broadcast Bahnen standen wiederum die präzisen Ephemeriden der Defense Mapping Agency (DMA) sowie die dazugehörigen Satellitenuhr-Parameter zur Verfügung. Detailliertere Angaben zur Datenbereinigung und zu Problemen bei der Ambiguity-Lösung können dem Technischen Bericht TB 95-31 entnommen werden.

Anzahl Satelliten:	8	PRN: 02, 06, 09, 12, 13, 16, 18, 20	S/A off URA: 2.2 m – 6.3 m (Ausnahme in 2 Sess.: PRN 12: 21.6 m)
Satellitenbahnen:	a) Broadcast b) Präzise Bahnen DMA	a) ab Satellit b) von DMA direkt	
Standard Orbits:	Bahnbögen von 10 Std.	6 oskulierende Elemente 2 Strahlungsdruckparam.	DMA281291.STD DMA281291.RPR resp. PR1D8191.STD PR1D8191.RPR
Software Version:	Bernese GPS Software	Versionen 3.3	Computer: PRIME

Tab. 5.2-3: Satelliten-Bahnen und Software Version für LV95-90

5.3 LV95-91 (Teil Süd)

In der Messkampagne LV95-91 (Süd) wurde die dritte Etappe des LV95-Netzes bearbeitet. Die Messungen und Berechnungen des Teilnetzes 1991 sind im TB 95-32 [D. Gutknecht und Th. Signer, 1994] detailliert beschrieben.

5.3.1 GPS-Messdaten

Anzahl Stationen:	35 Hauptpunkte 16 Anschlüsse	davon 6 AP aus früheren LV95-Netzen und 3 EUREF-Punkte:	La Givrine, Monte Generoso, Zimmerwald
Messtage:	9. – 19. 09. 1991	252 – 256 / 259 – 262	9 Sessionen
Messzeiten:	ca. 8 Std.: Beginn Kampagne Ende Kampagne	MESZ = UT + 2h 18:50 – 02:50 UT/GMT 18:10 – 02:10 UT/GMT	
Messintervall:	15 Sekunden		
Minimale Elevation:	15 Grad		
GPS-Empfänger:	12 L₁&L₂ / 2 L₁: 4 Trimble 4000 SLD 2 Trimble 4000 SST 3 Trimble 4000 SLD 3 Trimble 4000 STD 2 Trimble 4000 SL	von swisstopo von swisstopo und ETHZ von LVA Niedersachsen von LVA Niedersachsen von BEV Wien	(ETHZ als Reserve) (L ₁ , nur Anschlüsse)
Antennentests:	3.-6. 09. / 27.-28. 09.1991	Thun 91-1 und 91-2	PHASECC.L91
Lokale Meteodaten:	Jede halbe Stunde zu Beginn und am Ende, dazwischen alle 2 Std.	Luftdruck, Trocken- und Feuchttemperatur	

Tab. 5.3-1: Angaben zur GPS-Messkampagne LV95-91

Folgende Stationen wurden im Teilnetz LV95-91 beobachtet:

Nr. in BSW	Stations-Nr.	Stations-Name	Kanton	Verknüpfungspunkt
46	1170.500	Alpnach	NW	X
96	1312.600	Ascona	TI	X
58	1208.400	Beatenberg	BE	
84	1273.500	Biasca	TI	X
93	1292.000	Bignasco	TI	X
102	1345.700	Bourg-St-Pierre	VS	
59	1209.500	Brienz	BE	X
92	1290.600	Crodo d'Ossola	Italia	
79	1252.600	Dalpe	TI	X
82	1267.300	Engstligenalp	BE	X
83	1269.800	Fieschertal	VS	X
104	1353.700	Monte Generoso	TI	X
77	1250.700	Grimsel	VS	X
90	1288.000	Jeizinen	VS	X
76	1249.200	Jungfrauoch	VS	
99	1327.100	Les Haudères	VS	X
98	1325.200	Martigny	VS	X
68	1232.200	Oberalp	UR	X
75	1246.041	Saanen	BE	X
100	1329.000	Saas Fee	VS	
78	1251.700	San Gottardo	TI	
91	1289.400	Simplon	VS	X

Nr. in BSW	Stations-Nr.	Stations-Name	Kanton	Verknüpfungspunkt
95	1306.400	Sion	VS	X
101	1333.600	Sonvico	TI	X
89	1284.700	St-Triphon	VD	X
60	1211.100	Titlis	OW	
103	1348.100	Zermatt	VS	X
50	1186.800	Zimmerwald L+T88	BE	X
33	1130.800	Sins	AG	X
81	1264.400	Chailly	VD	X
80	1260.800	La Givrine	VD	X
67	1225.200	La Tour-de-Trême	FR	X
39	1149.200	Menzberg	LU	X
45	1168.100	Signau	BE	X
57	1207.500	Thun	BE	X
318	1166.770.6	Landestopographie	BE	X
400	1260.808	Dôle	VD	
401	1245.010.3	Moléson	FR	
402	1170.309.3	Pilatus	OW	
403	0712	Niv OW18	OW	
404	1227.721.3	Niesen	BE	
405	1209.401.3	Rothorn Brienzer	BE	
406	0792	Niv TI48	TI	
407	0802	Niv BEO448	BE	
408	0812	Niv VSD96	VS	
409	0822	Niv TI367A	TI	
410	1353.725	Monte Generoso	TI	
411	0852	Niv KN4212		
412	1307.006E	Mont Nuoble Est	VS	
413	0942	Niv TI455	TI	
414	1285.114.3	Chamossaire	VD	

Tab. 5.3-2: Liste der Stationen im Teil LV95-91

5.3.2 Satelliten-Bahnen und GPS-Auswertung des Teilnetzes LV95-91

Die Daten der Kampagne LV95-91 wurden zusammen mit den Messungen der Anschlusskampagne vom Sept. 1991 im Frühling 1993 ausgewertet. Nebst den Broadcast Bahnen standen wiederum die präzisen Ephemeriden der Defense Mapping Agency (DMA) sowie die dazugehörigen Satellitenuhr-Parameter zur Verfügung.

Anzahl Satelliten:	10	PRN: 02, 06, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 23, 24	S/A off
Satellitenbahnen:	a) Broadcast b) Präzise Bahnen DMA	a) ab Satellit b) von DMA direkt	(total 16 Satelliten)
Standard Orbits:	Bahnbögen von 11 Std.	6 oskulierende Elemente 2 Strahlungsdruckparam.	PR1D5262.STD PR1D5262.RPR
Software Version:	Bernese GPS Software	Versionen 3.4	IBM RS6000 RISC

Tab. 5.3-3: Satelliten-Bahnen und Software Version für LV95-91

5.4 LV95-92 (Teil Ost)

In der Messkampagne LV95-92 (Ost) wurde die vierte und letzte grosse Etappe des LV95-Netzes bearbeitet. Die Messungen und Berechnungen des Teilnetzes 1992 sind im TB 95-34 [W. Santschi und U. Wild, 1994] detailliert beschrieben.

5.4.1 GPS-Messdaten

Anzahl Stationen:	29 Hauptpunkte 2 Anschlüsse	davon 9 AP aus früheren LV95-Netzen und 3 EUREF-Punkte:	La Givrine, Monte Generoso, Zimmerwald
Messtage:	7. – 18. 09. 1992	251 – 255 / 258 – 261	9 Sessionen
Messzeiten:	ca. 8 Std.: Beginn Kampagne Ende Kampagne	MESZ = UT + 2h 18:10 – 02:15 UT/GMT 17:35 – 01:35 UT/GMT	
Messintervall:	15 Sekunden		
Minimale Elevation:	15 Grad		
GPS-Empfänger:	12 L ₁ &L ₂ : 4 Trimble 4000 SLD 1 Trimble 4000 SST 2 Trimble 4000 SST 2 Trimble 4000 SST 3 Trimble 4000 STD	von swisstopo von swisstopo von ETHZ von LVA Niedersachsen von LVA Niedersachsen	(einer nur Reserve)
Antennentests:	12. – 14. 09. 1992	Thun 92-1	PHASECC.L92
Lokale Meteordaten:	Jede halbe Stunde zu Beginn und am Ende, dazwischen alle 2 Std.	Luftdruck, Trocken- und Feuchttemperatur	

Tab. 5.4-1: Angaben zur GPS-Messkampagne LV95-92

Folgende Stationen wurden im Teilnetz LV95-92 beobachtet:

Nr. in BSW	Stations-Nr.	Stations-Name	Kanton	Verknüpfungspunkt
46	1170.500	Alpnach	NW	X
51	1192.000	Altdorf	UR	X
70	1235.500	Andeer	GR	X
87	1278.200	Berninapass	GR	X
84	1273.500	Biasca	TI	X
53	1195.300	Bonaduz	GR	X
61	1214.000	Brigels	GR	X
97	1314.900	Còlico	Italia	
79	1252.600	Dalpe	TI	X
54	1197.300	Davos	GR	X
34	1132.500	Einsiedeln	SZ	X
62	1216.539	Filisur	GR	
35	1133.600	Gaster	SG	X
104	1353.700	Monte Generoso	TI	X
41	1153.700	Glarus	GL	X
52	1193.000	Klausenpass	UR	
86	1276.600	Maloja	GR	X
85	1274.600	Mesocco	GR	X
68	1232.200	Oberalp	UR	X
113	1151.500	<i>Oberarth (ausgeschlossen)</i>	SZ	
16	1076.800	Pfänder	Austria	X
55	1199.600	Ramosch	GR	X
71	1239.800	Sta. Maria	GR	X
42	1155.500	Sargans	SG	X
29	1114.800	Schwägalp	AR	X
33	1130.800	Sins	AG	X
101	1333.600	Sonvico	TI	X

Nr. in BSW	Stations-Nr.	Stations-Name	Kanton	Verknüpfungspunkt
63	1218.400	Zerne	GR	
69	1234.100	Zervreilasee	GR	X
50	1186.800	Zimmerwald L+T88	BE	X
500	1151.318.3	Rigi	SZ	X
501	1143	Niv GR3318	GR	

Tab. 5.4-2: Liste der Stationen im Teil LV95-92

5.4.2 Satelliten-Bahnen und GPS-Auswertung des Teilnetzes LV95-92

Die Daten der Kampagne LV95-92 wurden im Sommer 1993 ausgewertet. Dabei wurden als präzise Ephemeriden erstmals die am AIUB generierten IGS-Bahnen des Center for Orbit Determination in Europe (CODE) sowie die dazugehörigen Satellitenuhr-Parameter verwendet.

Anzahl Satelliten:	11	PRN: 02, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 21, 23, 24, 26	S/A on
Satellitenbahnen:	a) Broadcast b) IGS-Bahnen von CODE	a) ab Satellit b) vom AIUB	
Standard Orbits:	Bahnbögen von 13 Std.	6 oskulierende Elemente 2 Strahlungsdruckparam.	PR1D5161.STD PR1D5161.RPR
Software Version:	Bernese GPS Software	Versionen 3.4	IBM RS6000 RISC

Tab. 5.4-3: Satelliten-Bahnen und Software Version für LV95-92

Detailliertere Angaben können dem entsprechenden Bericht [TB 95-34] entnommen werden. Als besondere Probleme sind hier lediglich die schlechten Daten auf der Station 1151.500 Oberarth zu erwähnen. Während die Qualität der L_1 -Beobachtungen ungenügend war, sind die Messungen auf L_2 sogar praktisch völlig ausgefallen. Diese Station musste daher von der Auswertung ausgeschlossen werden.

5.5 Zusammenstellung der Hauptkampagnen

In den folgenden zwei Tabellen sind einige Kennwerte der Auswertungen der Hauptkampagnen von LV95 nochmals zusammengestellt. Für die Gesamtausgleichung sei auf Kapitel 10 verwiesen.

Teilnetz	Jahr	Monat	Anz. Stationen	Anz. Empfänger	Satelliten	S/A
LV95-89	1989	Sept.	47	12	7	off
LV95-90	1990	Okt.	75	14	8	off
LV95-91	1991	Sept.	51	14	10	off
LV95-92	1992	Sept.	31	12	11	on
EUREF-CH	1992	Aug.	7	7	18	on

Tab. 5.5-1: Hauptkampagnen und Teilnetze von LV95

Teilnetz	Anzahl Doppel-Differenzen	Sessionen		Gelöste Ambiguities	Sigma der Phasen-differenzen [mm]
		[Tage]	[h/Tag]		
LV95-89	227'328	10	4	100 %	2.3
LV95-90	508'966	9	7	100 %	2.4
LV95-91	542'752	9	8	100 %	2.9
LV95-92	381'026	9	8	100 %	2.4
EUREF-CH	145'382	5	23	75 %	2.6

Tab. 5.5-2: Einige Kennwerte der Auswertung der Hauptkampagnen und Teilnetze von LV95

6 LV95-Anschlüsse an die Landestriangulation und an das Landesnivellement

6.1 LV95-89 (Teil Nord)

Gleichzeitig mit den Hauptpunkten in der Kampagne LV95-89 wurden auch **9** GPS-Anschlüsse an Triangulationspunkte des LV02-Netzes (inkl. Sonnenberg) sowie **11** Anschlusspunkte des Landesnivellements gemessen. Einzelne Anschlüsse mussten allerdings exzentrisch mit GPS stationiert werden. Als GPS-Empfänger wurden nur L₁-Empfänger (Einfrequenzempfänger) eingesetzt. Die Auswertung der Messungen erfolgte im Rahmen der Kampagne LV95-89 (vgl. Kapitel 5.1).

Eine Übersicht über die mit GPS gemessenen Anschlüsse gibt folgende Tabelle aus TB 95-30:

LV95 - Punkt		Anschlusspkt.	LK/NF - Nr.
01 Bachtel	N	Wagen	SG 640, 641
	T	Bachtel	1113.115 (Exzentrum)
03 Buchberg	N	Eglisau-Rafz	ZH 244, 399
	T	Andelfingen	1052.130 (Exzentrum)
05 Dettighofen	N	Münsterlingen	TG 248, 249, 250a
	T	Hersberg	1034.901 (Pfeiler)
07 Gaster	N	Reichenburg	SZ 148, 149, 150
08 Goldach	T	Rossbüchel	1075.624 (Exzentrum)
13 Laufenburg	T	Letzi-S	1069.721
14 Lenzburg	N	Wildeggen	AG 534, 535
16 Nollen	N	Bürglen	TG 112, 113
17 Oberhelfenschwil	N	Lütisburg	SG 293, 294
18 Pfänder	T	Pfänder	1076.801 (Exzentrum)
19 Pfannenstiel	N	Au	ZH 85, 86
20 Schauenberg	N	Wängi	TG 47, 48a
21 Schwägalp	T	Säntis	1115.136 (Exzentrum)
22 Siblingen	N	Beringen-Neuenk.	SH 62, 63
24 Stammheim	N	Stein am Rhein	SH 78, 81
	T	Etwilen	1032.642

Tab. 6.1-1: GPS-Anschlüsse der Kampagne LV95-89

6.2 LV95-90 (Teil West)

Auch in der Kampagne LV95-90 wurden zusammen mit den LV95-Hauptpunkten **22** GPS-Anschlüsse an Triangulationspunkte des LV02-Netzes sowie **17** Anschlusspunkte des Landesnivellements gemessen. Als GPS-Empfänger wurden wiederum nur L-Empfänger eingesetzt. Die Auswertung der Messungen erfolgte im Rahmen der Kampagne LV95-90 (vgl. Kapitel 5.2).

Eine Übersicht über die mit GPS gemessenen Anschlüsse gibt folgende Tabelle aus TB 95-31:

LV95-Punkt		Anschlusspkt.	LK/NF-Nr.
32 Chailly	T	Rochers de Naye	1264.723.3 (Exzentrum)
	N	Clarens	VD 300a, 301
34 Col des Etroits	T	Chasseron	1182.814.3 (Exz. Bolzen E)
35 Echandens	T	Crêt Blanc (N)	1242.619 (Zentrum)
	N	Bremblens	VD 293, 294
36 Essertines	N	Allaman	VD 38, 39, 40
37 Fahy	T	Faux d'Enson	1084.651 (Zentrum Turm)
	N	Courchavon	JU 133-136 (NF 1991)
38 Forel	T	St-Aubin	1164.623.3 (Exzentrum)
	N	Estavayer	VD 277, 278, 279
39 Fribourg	T	Fribourg	1185.557.3 (Exzentrum)
	N	Grandfey	FR 109, 110, 116
40 Guggisberg	T	Guggershorn	1206.308 (Zentrum)
41 Knutwil	T	Wiliberg	1109.332 (Zentrum)
42 Langenthal	T	Ghürn	1128.421.3 (exz. Bo.1, Turm)
	N	Langenthal	BE 302, 305a
43 La Ch.d.Fonds	T	Pouillierel	1144.001.3 (Exzentrum)
	N	Vue des Alpes	NE 97, 99
44 La Givrine	T	La Dôle	1260.808 (Exzentrum, 1991)
45 La Sarraz	T	Mormont	1222.806 (Zentrum)
	N	Eclépens	VD 253, 254
49 Lueg	T	Lueg	1148.018.3 (Exzentrum)
	N	Lueg	BE 3403 (Kant. Niv.)
50 Menzberg	T	Napf S	1169.001.3 (Exz. auf Dach)
	N	Ebnet	LU 219, 220, 221a
51 Metzerlen	T	Rämel	1066.602 (Zentrum Turm)
	N	Zwingen	BE 154
52 Moudon	N	Rue	FR Niente b (NF 1946)
54 Reconvilier	T	Montoz	1126.102 (Zentrum)
	N	Sombeval	BE Niente 261 (NF 1988)
55 Riedholz	T	Röti-fluh	1107.235.3 (exz. Bolzen E)
56 Savigny	T	Tour de Gourze	1243.732.3 (exz. Bo.L, Turm)
	N	Cully	VD 247, 248
57 Seedorf	T	Frienisberg	1146.346 (Pfeiler)
	N	Bargen	BE 113, 114, 115a
58 Signau	T	Naters	1188.226 (Exz.=TP 4.Ord.)
59 Thun	T	Gurnigel	1206.816.3 (exz. Kreuz A)
60 Travers	T	Le Soliat	1163.621 (Zentrum N)
	N	Noiraigue	NE 216, 217
62 Vully	N	Sugiez	FR 351, 352

Tab. 6.2-1: GPS-Anschlüsse der Kampagne LV95-90

6.3 Anschlusskampagne LV95-91A (Teil Süd)

Die Messkampagnen LV95-90 (West) und LV95-91 (Süd) umfassten in den Berner, Walliser und Tessiner Alpen viele LV95-Hauptpunkte, die für die Anschlüsse an das Landestriangulationsnetz LV02 an Hochgebirgspunkte angeschlossen werden mussten. Wegen der komplexeren Logistik und der Notwendigkeit, die Stationsbezüge tagsüber durchzuführen, wurde dafür im Jahr 1992 eine separate Anschlusskampagne organisiert. Darin wurden **21** Triangulationspunkte 1. und 2. Ordnung an **13** LV95-Punkte angeschlossen. Da die Punkte mehrheitlich das Gebiet der Kampagne von 1991 (LV95-91) betrafen, wurde sie LV95-91A genannt. Die Messungen und Berechnungen dieser Anschlusskampagne sind im TB 95-33 [D. Gutknecht und Th. Signer, 1994] detailliert beschrieben.

6.3.1 GPS-Messdaten

Anzahl Stationen:	13 Hauptpunkte	21 Anschlüsse	
Messtage:	24. – 28. 08. 1992	237 – 241	5 Sessionen
Messzeiten:	ca. 5 - 8 Std. auf den HP, 2 – 3¼ Std. auf den AP	zwischen 06:00 und 15:00 UT/GMT	
Messintervall:	15 Sekunden		
Minimale Elevation:	15 Grad		
GPS-Empfänger:	6 L₁&L₂: 2 Trimble 4000 SLD 2 Trimble 4000 SST 2 Trimble 4000 STD	von swisstopo von ETHZ von LVA Niedersachsen	
Antennentests:	11./12. 09. 1992	Thun 92-1	PHASECC.L92
Lokale Meteordaten:	Jede Stunde	Luftdruck, Trocken- und Feuchttemperatur	

Tab. 6.3-1: Angaben zur GPS-Messkampagne LV95-91A

Folgende Stationen wurden in der Anschlusskampagne LV95-91A beobachtet:

Nr. in BSW	Stations-Nr.	Stations-Name	Kanton	Verknüpfungspunkt
82	1267.300	Engstligenalp	BE	X
75	1246.041	Saanen	BE	X
95	1306.400	Sion	VS	X
98	1325.200	Martigny	VS	X
99	1327.127	Les Haudères	VS	X
91	1289.400	Simplon	VS	X
103	1348.100	Zermatt	VS	X
96	1312.600	Ascona	TI	X
84	1273.500	Biasca	TI	X
101	1333.600	Sonvico	TI	X
85	1274.600	Mesocco	GR	X
93	1292.000	Bignasco	TI	X
79	1252.600	Dalpe	TI	X
600	1332.104.3	Gridone	TI	
601	1293.807.3	Pizzo di Claro	TI/GR	
602	1271.306ZP	Basodine	TI	
603	1292.025ZP	Monte Cramalina	TI	
604	1252.232ZP	Pizzo Massari	TI	
605	1232.821W	Scopi	GR/TI	
606	1267.216ZP	Wildstrubel	BE/VS	
607	1347.106ZP	Mt. Collon	VS	

Nr. in BSW	Stations-Nr.	Stations-Name	Kanton	Verknüpfungspunkt
608	1327.201ZP	Sasseneire	VS	
609	1325.342ZP	Catogne	VS	
610	1305.211ZP	Dent de Morcles	VD/VS	
611	1246.004ZP	Wandfluh	FR/BE	
612	1328.701ZP	Balfrin	VS	
613	1348.603ZP	Dufourspitze	VS	
614	1308.204.3	Schwarzhorn (Wallis)	VS	
615	1289.612ZP	Wasenhorn	VS	
616	1306.139ZP	Dent de Nendaz	VS	
617	1285.805ZP	Oldenhorn	VD/VS/BE	
618	1314.216ZP	Corno di Gesero	TI/GR	
619	1294.613ZP	Sasso di Castello	GR	
620	1254.812ZP	Tambohorn	GR	

Tab. 6.3-2: Liste der Stationen im Teil LV95-91A

6.3.2 Satelliten-Bahnen und GPS-Auswertung des Teilnetzes LV95-91A

Die Daten der Kampagne LV95-91A wurden im Dez. 1993 / Jan. 1994 ausgewertet. Für die Satellitenorbits wurden die IGS-Bahnen des Center for Orbit Determination in Europe (CODE) als präzise Ephemeriden sowie die dazugehörigen Satellitenuhr-Parameter verwendet.

Anzahl Satelliten:	10	PRN: 03, 11, 12, 15, 17, 20, 21, 23, 25, 28	S/A off AS on
Satellitenbahnen:	a) Broadcast b) IGS Bahnen von CODE	a) ab Satellit b) von AIUB	(total 18 Satelliten)
Standard Orbits:	Bahnbögen von 14 Std.	6 oskulierende Elemente 2 Strahlungsdruckparam.	CODE2428.STD
Software Version:	Bernese GPS Software	Versionen 3.4	IBM RS6000 RISC

Tab. 6.3-3: Satelliten-Bahnen und Software Version für LV95-91A

Die Beobachtungen wurden in Form der Linearkombination L_3 und mit gefixten L_1/L_2 -Ambiguities verarbeitet, wobei pro Basislinie 2 bis 3 Troposphärenparameter pro Station und Session geschätzt wurden. Wegen Nebels konnten am letzten Tag (Session 241) die Anschlusspunkte in den Tessiner Bergen (Poncione Feccione, Pizzo di Vogorno und Monte Tamaro) nicht stationiert werden. Aus diesem Grund wurden auch die Messungen auf den drei Hauptpunkten (Ascona, Biasca und Sonvico) nach ca. 2 Stunden abgebrochen. Dies wiederum hatte zur Folge, dass auf den Basislinien zwischen diesen Hauptpunkten nicht alle Ambiguities gelöst werden konnten. Aus diesem Grund wurde die Session 241 nicht in die Schlusslösung von LV95 einbezogen. Detailliertere Angaben zur Datenbereinigung und zu Problemen bei der Ambiguity-Lösung können dem erwähnten TB 95-33 entnommen werden.

6.4 Anschlusskampagne LV95-92A (Teil Ost)

Die separate Anschlusskampagne LV95-92A (Ost) hatte zum Ziel, die LV95-Punkte im Raum Südostschweiz (vor allem Kanton Graubünden) optimal mit der bestehenden Landestriangulation in diesem Gebiet zu verbinden. Auch in dieser Kampagne wurden zum Teil Hochgebirgspunkte mit GPS vermessen. Wiederum wurden die Messungen daher tagsüber durchgeführt. Insgesamt wurden **18** Anschlusspunkte an **14** LV95-Punkte angeschlossen. Da die Punkte mehrheitlich das Gebiet der Kampagne von 1992 (LV95-92) betrafen, wurde sie LV95-92A genannt, obwohl sie im Jahre 1993 stattfand. Die Messungen und Berechnungen dieser Anschlusskampagne sind im TB 95-35 [W. Santschi und A. Wiget, 1994] detailliert beschrieben.

6.4.1 GPS-Messdaten

Anzahl Stationen:	14 Hauptpunkte	18 Anschlüsse	
Messtage:	30. 08. – 03. 09. 1993	242 – 246	5 Sessionen
Messzeiten:	ca. 7 - 8 Std. auf den HP, 2½ – 4½ Std. auf den AP	zwischen 06:00 und 15:00 UT/GMT	
Messintervall:	15 Sekunden		
Minimale Elevation:	15 Grad		
GPS-Empfänger:	6 L ₁ &L ₂ : 5 Trimble 4000 SSE 1 Trimble 4000 SSE	von swisstopo von Grunder Ing. AG	
Antennentests:	27. – 29. 04. 1993	Thun 93-1	PHASECC.L93
Lokale Meteodaten:	Jede Stunde	Luftdruck, Trocken- und Feuchttemperatur	

Tab. 6.4-1: Angaben zur GPS-Messkampagne LV95-92A

Folgende Stationen wurden in der Anschlusskampagne LV95-92A beobachtet:

Nr. in BSW	Stations-Nr.	Stations-Name	Kanton	Verknüpfungspunkt
51	1192.000	Altdorf	UR	X
70	1235.500	Andeer	GR	X
53	1195.300	Bonaduz	GR	X
61	1214.000	Brigels	GR	X
54	1197.300	Davos	GR	X
41	1153.700	Glarus	GL	X
86	1276.600	Maloja	GR	X
24	1096.100	Montlingen	SG	X
68	1232.200	Oberalp	GR	X
55	1199.600	Ramosch	GR	X
42	1155.500	Sargans	SG	X
71	1239.800	Sta. Maria	GR	X
69	1234.100	Zervreilasee	GR	X
50	1186.800	Zimmerwald	BE	X
700	1095.530	Gäbris Astron.Punkte	AR	
701	1135.440.3	Kammegg	SG	
702	1153.507ZP	Scheye	GL	
703	1154.509ZP	Mageren	GL/SG	
704	1157.202.3	Sulzfluh	GR	
705	1172.225ZP	Hundstock	UR	
706	1175.626.3	Calanda	GR/SG	
707	1179.518.3	Muttler	GR	
708	1192.810ZP	Scheerhorn	UR	
709	1194.202.3	Vorab	GR	
710	1197.109ZP	Weissfluh	GR	
711	1215.307ZP	Rhätzünsergrat	GR	
712	1217.706ZP	Schwarzhorn (Flüela)	GR	
713	1232.112ZP	Six Madun	UR/GR	
714	1233.707ZP	Piz Tgietschen	GR	
715	1235.713.3	Piz Curvèr	GR	
716	1239.310ZP	Piz d'Aint	GR	
717	1296.303.3	Cima della Bondasca	GR	

Tab. 6.4-2: Liste der Stationen im Teil LV95-92A

6.4.2 Satelliten-Bahnen und GPS-Auswertung des Teilnetzes LV95-92A

Die Daten der Kampagne LV95-92A wurden im Dez. 1993 / Jan. 1994 ausgewertet. Dabei wurden die IGS-Bahnen des Center for Orbit Determination in Europe (CODE) als präzise Ephemeriden sowie die dazugehörigen Satellitenuhr-Parameter verwendet.

Anzahl Satelliten:	15	PRN: 01, 02, 03, 07, 14, 15, 17, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 28, 31	S/A off AS on
Satellitenbahnen:	a) Broadcast b) IGS Bahnen von CODE	a) ab Satellit b) von AIUB	(total 18 Satelliten)
Standard Orbits:	Bahnbögen von 14 Std.	6 oskulierende Elemente 2 Strahlungsdruckparam.	LV92A.STD LV92A.RPR
Software Version:	Bernese GPS Software	Versionen 3.4	IBM RS6000 RISC

Tab. 6.4-3: Satelliten-Bahnen und Software Version für LV95-92A

Die Beobachtungen wurden in Form der Linearkombination L_3 und mit gefixten L_1/L_2 -Ambiguities verarbeitet, wobei Studien mit und ohne Schätzen von Troposphärenparametern (einer pro Station und Session) durchgeführt worden sind. Detailliertere Angaben zur Datenbereinigung und zu den Resultaten können dem erwähnten TB 95-35 entnommen werden.

6.5 Anschlusskampagne LV95-94A (Ausgewählte Anschlüsse)

Die Anschlusskampagne LV95-94A vom 15. - 24. Aug. 1994 hatte zum Ziel, fehlende sowie zweifelhafte Anschlüsse, die im Vergleich mit der Diagnoseausgleichung aufgefallen waren, nachzumessen. Räumlich waren sie über die ganze Schweiz verteilt. Die Messungen pro Tag umfassten jeweils 2 LV95-Punkte sowie 3 Anschlusspunkte und wurden vormittags durchgeführt. In 9 Sessionen wurden 27 Anschlusspunkte an 19 LV95-Punkte angeschlossen. Der Ablauf und die Berechnungen dieser Anschlusskampagne sind im TB 95-36 [D. Gutknecht und U. Wild, 1994] beschrieben.

6.5.1 GPS-Messdaten

Anzahl Stationen:	19 Hauptpunkte	27 Anschlüsse	
Messtage:	15. – 24. 08. 1994	227 – 236	9 Sessionen
Messzeiten:	ca. 3 - 5 Std.	zwischen 06:30 und 14:00 UT/GMT	
Messintervall:	15 Sekunden		
Minimale Elevation:	15 Grad		
GPS-Empfänger:	5 L_1 & L_2 : 5 Trimble 4000 SSE	von swisstopo	
Antennentests:	27. - 29. 04. 1993 14. - 16. 03. 1994	Thun 93-1 Thun 94-1	PHASECC.L94
Lokale Meteodaten:	Jede Stunde	Luftdruck, Trocken- und Feuchttemperatur	

Tab. 6.5-1: Angaben zur GPS-Messkampagne LV95-94A

Folgende Stationen wurden in der Anschlusskampagne LV95-94A beobachtet:

Nr. in BSW	Stations-Nr.	Stations-Name	Kanton	Verknüpfungspunkt
96	1312.600	Ascona	TI	X
28	1113.100	Bachtel	ZH	X
58	1208.400	Beatenberg	BE	X
87	1278.200	Berninapass	GR	X
84	1273.500	Biasca	TI	X
47	1182.621	Col des Etroits	VD	X
8	1054.400	Dettighofen	TG	X
82	1267.300	Engstligenalp	BE	X
32	1129.500	Knutwil	LU	X
67	1225.200	La Tour-de-Trême	FR	X
86	1276.600	Maloja	GR	X
39	1149.200	Menzberg	LU	X
24	1096.100	Montlingen	SG	X
66	1224.100	Moudon	VD	X
75	1246.041	Saanen	BE	X
42	1155.500	Sargans	SG	X
74	1243.700	Savigny	VD	X
89	1284.700	St-Triphon	VD	X
50	1186.800	Zimmerwald	BE	X
850	1248.011.1	Aermighorn	BE	
851	1228.708.1	Daube Süd	BE	
852	1267.806.1	Altels	BE	
853	1284.002.3	Dent d'Oche	France	
854	1304.536.3	Dent du Midi	VS	
855	1242.549.3	Thonon, chev. PP	France	
856	1202.505.3	Suchet	VD	
857	1203.508.S	Cuarny S	VD	
858	1203.820PC	Champtauraz PC	VD	
859	1246.432.3	Gandlauenen	BE	
860	1225.602.3	Berra	FR	
861	1204.610.3	Middes, chev. exc.	FR	
862	1273.020.1	Cramosino	TI	
863	1333.108.3	Monte Tamaro	TI	
864	1313.201.1	Pizzo di Vogorno	TI	
865	1134.112.3	Speer	SG	
866	1093.336.3	Hörnli	ZH	
867	1033.610.1	Salen	TG	
868	1136.002.1	Frastanzersand	FL	
869	1175.119.1	Ringelspitz	GR/SG	
870	1156.601.3	Scesaplana	GR	
871	1296.303.3	Cima della Bondasca	GR	
872	1277.608.1	Piz Bernina	GR	
873	1257.808.3	Piz Languard	GR	
874	1110.031.1	Homberg bei Reinach	AG	
875	1149.320.3	Matthöhe	LU	
876	1149.809.3	Recketschwand	LU	

Tab. 6.5-2: Liste der Stationen im Teil LV95-94A

6.5.2 Satelliten-Bahnen und GPS-Auswertung des Teilnetzes LV95-94A

Die Daten der Kampagne LV95-94A wurden im Frühling 1995 ausgewertet. Die Auswertung wurde mit den IGS-Bahnen des Center for Orbit Determination in Europe (CODE) als präzise Ephemeriden sowie den dazugehörigen Satellitenuhr-Parametern durchgeführt. Die Beobachtungen wurden in Form der Linearkombination L_3 und mit gefixten L_1/L_2 -Ambiguities verarbeitet. Weitere Angaben zur Datenbereinigung und zu den Resultaten können dem erwähnten TB 95-36 entnommen werden.

Anzahl Satelliten:	13	PRN: 01, 02, 06, 14, 15, 17, 20, 21, 22, 23, 25, 28, 31 (sehr variabel)	S/A off AS on
Satellitenbahnen:	a) Broadcast b) IGS Bahnen von CODE	a) ab Satellit b) von AIUB	(25 SV vorhanden)
Standard Orbits:	Bahnbögen von 13 Std.	6 oskulierende Elemente 2 Strahlungsdruckparam.	CD1D2736.STD
Software Version:	Bernese GPS Software	Versionen 3.5	IBM RS6000 RISC

Tab. 6.5-3: Satelliten-Bahnen und Software Version für LV95-94A

7 Nachkampagne und erste Verdichtungskampagnen von LV95

7.1 LV95-94 Oberarth (Zentralschweiz)

Wie in Kapitel 5.4 anlässlich der Beschreibung der Kampagne LV95-92 erwähnt gab es im Jahr 1992 Probleme mit der Frequenz L_2 auf der Station Oberarth. Die Ursachen konnten nie geklärt werden. Im Jahre 1994 war die Station offensichtlich aber wieder mit beiden Frequenzen bestimmbar. Im Anschluss an eine GPS-Kampagne für den Lötschberg-Basistunnel (vgl. Kap. 8.5) wurde daher im März 1994 eine spezielle Kampagne in der Inner-schweiz durchgeführt. Die Messungen in zwei Nachtsessionen umfassten jeweils die Station *Oberarth* sowie die Zentralschweizer LV95-Punkte *Alpnach*, *Altdorf*, *Einsiedeln*, *Menzberg* und *Sins*. Damit konnten die 4 LV95-Teilkampagnen nochmals unabhängig im Zentrum verknüpft werden. Zusätzlich wurden 4 Anschlusspunkte beobachtet. Der Ablauf und die Berechnungen dieser Anschlusskampagne sind im TB 95-37 [W. Santschi und Th. Signer, 1995] beschrieben.

7.1.1 GPS-Messdaten

Anzahl Stationen:	7 Hauptpunkte	4 Anschlüsse	
Messtage:	28. – 30. 03. 1994	087 – 088	2 Sessionen
Messzeiten:	ca. 9 Std.	zwischen 19:00 und 05:00 UT/GMT	
Messintervall:	15 Sekunden	(Zimm 30 Sekunden)	
Minimale Elevation:	15 Grad		
GPS-Empfänger:	7 L_1 & L_2 : 5 Trimble 4000SSE 2 Trimble 4000SSE	von swisstopo von Grunder Ing. AG	
Antennentests:	27. - 29. 04. 1993 14. - 16. 03. 1994	Thun 93-1 Thun 94-1	PHASECC.L94
Lokale Meteodaten:	Am Anfang und am Schluss der Session sowie bei Kontrollen	Luftdruck, Trocken- und Feuchttemperatur	

Tab. 7.1-1: Angaben zur GPS-Messkampagne LV95-94 Oberarth

Folgende Stationen wurden in der Kampagne LV95-94 Oberarth beobachtet:

Nr. in BSW	Stations-Nr.	Stations-Name	Kanton	Verknüpfungspunkt
46	1170.500	Alpnach	NW	X
51	1192.000	Altdorf	UR	X
34	1132.500	Einsiedeln	SZ	X
39	1149.200	Menzberg	LU	X
40	1151.500	Oberarth	SZ	
33	1130.800	Sins	AG	X
50	1186.800	Zimmerwald	BE	X
500	1151.318.3	Rigi	SZ	X
800	1130.731.3	Schwerzlen	LU	
801	1151.530	(Anschl. LFP2)	SZ	
802	1151.624	(Anschl. LFP2)	SZ	

Tab. 7.1-2: Liste der Stationen im Teil LV95-94 Oberarth

7.1.2 Satelliten-Bahnen und GPS-Auswertung des Teilnetzes LV95-94 Oberarth

Die Daten der Kampagne LV95-94 Oberarth wurden im Mai 1994 ausgewertet. Die Auswertung wurde mit den IGS-Bahnen des Center for Orbit Determination in Europe (CODE) als präzise Ephemeriden sowie den dazu-gehörigen Satellitenuhr-Parametern durchgeführt.

Die Beobachtungen wurden in Form der Linearkombination L_3 und mit gefixten L_1/L_2 -Ambiguities verarbeitet. Weitere Angaben zur Datenbereinigung und zu den Resultaten können dem erwähnten TB 95-37 entnommen werden.

Anzahl Satelliten:	20	PRN: 01 - 04, 06, 07, 13 - 15, 17 - 19, 21 - 25, 28, 29, 31	S/A on AS on
Satellitenbahnen:	a) Broadcast b) IGS Bahnen von CODE	a) ab Satellit b) von AIUB	(26 SV vorhanden)
Standard Orbits:	Bahnbögen von 15 Std.	6 oskulierende Elemente 2 Strahlungsdruckparam.	CODE8788.STD
Software Version:	Bernese GPS Software	Versionen 3.5	IBM RS6000 RISC

Tab. 7.1-3: Satelliten-Bahnen und Software Version für LV95-94 Oberarth

7.2 LV95-94V (Bahn2000: Mattstetten – Rothrist; Neupunkt Engelberg)

Für die Vermessung der Neubaustrecke der Bahn 2000 Mattstetten – Rothrist wurde ein genaues Grundlagentnetz benötigt. Innerhalb des Projektierungsperimeters wurde gleichzeitig die Verdichtung des GPS-Landesnetzes LV95 realisiert. Durch den Einbezug der kantonalen Vermessungsämter der Kantone Bern, Solothurn und Aargau bei der Wahl der Standorte der Verdichtungspunkte wurden die Bedürfnisse der Amtlichen Vermessung berücksichtigt. Die Messungen wurden zudem aus logistischen Gründen mit der Bestimmung des neuen LV95-Punktes Engelberg kombiniert. Dieser wurde als Ersatz des durch Bauarbeiten zerstörten Punktes auf dem Titlis erstellt.

Die Messungen wurden den Aufgaben und Zielsetzungen entsprechend in zwei Teilnetze zu je zwei Nacht-sessionen unterteilt. Der Ablauf und die Berechnungen dieser Kampagne sind im TB 95-14 [Th. Signer, W. Santschi und A. Wiget, 1995] sowie in einem ausführlichen internen Bericht im Detail beschrieben.

7.2.1 GPS-Messdaten

Anzahl Stationen:	16 Hauptpunkte	5 Verdichtungspunkte	
Messtage:	12. – 16. 09. 1994	255 – 258	4 Sessionen
Messzeiten:	ca. 14 Std.	zwischen 16:00 und 06:00 UT/GMT	
Messintervall:	15 Sekunden	(Zimm 30 Sekunden)	
Minimale Elevation:	15 Grad		
GPS-Empfänger:	11 L_1 & L_2 : 5 Trimble 4000SSE 3 Trimble 4000SSE 2 Trimble 4000SSE 1 Trimble 4000SSE	von swisstopo von Grunder Ing. AG von GRD von Firma Elektron AG	
Antennentests:	27. - 29. 04. 1993 14. - 16. 03. 1994	Thun 93-1 Thun 94-1	PHASECC.94V
Lokale Meteodaten:	Am Anfang und am Schluss der Session sowie bei Kontrollen	Luftdruck, Trocken- und Feuchttemperatur	

Tab. 7.2-1: Angaben zur GPS-Messkampagne LV95-94V Mattstetten-Rothrist / Engelberg

Folgende Stationen wurden in der Kampagne LV95-94V beobachtet:

Nr. in BSW	Stations-Nr.	Stations-Name	Kanton	Verknüpfungspunkt
46	1170.500	Alpnach	NW	X
51	1192.000	Altdorf	UR	X
59	1209.500	Brienz	BE	X
77	1250.700	Grimsel	VS	X
32	1129.500	Knutwil	AG	X
31	1128.400	Langenthal	BE	X
21	1090.000	Lenzburg	AG	X
38	1147.800	Lueg	BE	X
68	1232.200	Oberalp	UR	X
26	1107.300	Riedholz	SO	X
37	1146.300	Seedorf	BE	X
10	1068.400	Sissacherfluh	BL	X
19	1087.869	Vogelberg	SO	X
20	1088.800	Wartburg	SO	X
50	1186.800	Zimmerwald	BE	X
890	1088.468	Belchenfluh	BL/SO	X
891	1089.300	Erlinsbach	AG	
892	1109.332	Wiliberg	AG	
893	1127.700	Aeschi	SO	
894	1147.300	Hindelbank	BE	
895	1191.300	Engelberg	OW	

Tab. 7.2-2: Liste der Stationen im Teil LV95-94V Mattstetten-Rothrist / Engelberg

7.2.2 Satelliten-Bahnen und GPS-Auswertung des Teilnetzes LV95-94V

Die Daten der Kampagne LV95-94V Mattstetten-Rothrist / Engelberg wurden im Nov./Dez. 1994 ausgewertet. Diese Auswertung wurde mit den IGS-Bahnen des Center for Orbit Determination in Europe (CODE) als präzise Ephemeriden sowie den dazugehörigen Satellitenuhr-Parametern durchgeführt.

Die Beobachtungen wurden in Form der Linearkombination L_3 und mit gefixten L_1/L_2 -Ambiguities verarbeitet. Weitere Angaben zur Datenbereinigung und zu den Resultaten können dem erwähnten TB 95-14 entnommen werden.

Anzahl Satelliten:	24	PRN: 01, 02, 04 - 07, 09, 12, 14 - 29	S/A on AS on
Satellitenbahnen:	a) Broadcast b) IGS Bahnen von CODE	a) ab Satellit b) von AIUB	(25 SV vorhanden)
Standard Orbits:	Bahnbögen von 21 Std.	6 oskulierende Elemente 2 Strahlungsdruckparam.	CD1D5559.STD CD1D5559.RPR
Software Version:	Bernese GPS Software	Versionen 3.5	IBM RS6000 RISC

Tab. 7.2-3: Satelliten-Bahnen und Software Version für LV95-94V Mattstetten-Rothrist / Engelberg

8 Zusätzlich verwendete Kampagnen für Anschluss- und Verdichtungspunkte von LV95

8.1 Schaffhausen 1988

Die ältesten GPS-Messungen, welche in der LV95-Erstausswertung berücksichtigt worden sind, waren zwei Punkte im LFP1-Netz des Kantons Schaffhausen, welche im Juni 1988 gemessen worden waren. Diese Messungen und deren Berechnungen sind im Operatsband "Neues LFP1 Netz im Kanton Schaffhausen, 1988-1990" [W. Santschi, 1992] ausführlich beschrieben.

8.1.1 GPS-Messdaten

Anzahl Stationen:	1 Hauptpunkt	1 Anschlusspunkt	
Messtage:	21. 6. 1988	173	1 Session (2 Files)
Messzeiten:	ca. 4 Std.	zwischen 08:40 und 13:40 UT/GMT	
Messintervall:	15 Sekunden		
Minimale Elevation:	15 Grad		
GPS-Empfänger:	2 L ₁ : 2 Trimble 4000S	von swisstopo	
Antennentests:	10. – 12. 10. 1988	Thun 88-4	PHASECC.N88: 3 Offsets pro Antenne
Lokale Meteodaten:	Alle 30 Minuten	Luftdruck, Trocken- und Feuchttemperatur	

Tab. 8.1-1: Angaben zur GPS-Messkampagne Schaffhausen 1988

Folgende Stationen wurden von der Kampagne Schaffhausen 1988 in LV95 verwendet:

Nr. in BSW	Stations-Nr.	Stations-Name	Kanton	Verknüpfungspunkt
2	1031.366	Siblingen	SH	X
940	1031.619	Beringer Randen	SH	

Tab. 8.1-2: Liste der LV95-Stationen im Teil Schaffhausen 1988

8.1.2 Satelliten-Bahnen und GPS-Auswertung von Schaffhausen 1988

Die Auswertung der Kampagne Schaffhausen 1988 wurde ursprünglich mit der damaligen Trimble Standardsoftware TRIMVEC durchgeführt. Die für LV95 übernommene Basislinie wurde im Okt. 1995 mit der *Bernese GPS Software Version 3.5* auf dem IBM RS6000 RISC Computer nachverarbeitet. Für die Auswertung standen keine präzisen Ephemeriden zur Verfügung, sie wurde mit den sog. Broadcast-Bahnen durchgeführt. Die Messungen lagen nur auf der Frequenz L₁ vor (Basislinienlänge 6.227 km). Die entsprechenden Ambiguities konnten aber alle gefixt werden.

Anzahl Satelliten:	7	PRN: 03, 06, 08, 09, 11, 12	S/A off
Satellitenbahnen:	Broadcast	ab Satellit	(7 SV vorhanden)
Standard Orbits:	Bahnbögen von 23 Std.	6 oskulierende Elemente 2 Strahlungsdruckparam.	BR1D7373.STD
Software Version:	Bernese GPS Software	Versionen 3.5	IBM RS6000 RISC

Tab. 8.1-3: Satelliten-Bahnen und Software Version für Schaffhausen 1988

8.2 Etzel 1989

Das geodätische Netz für die Überwachung der Staumauer "In den Schlägen" (Sihlsee) der Etzelwerke AG wurde 1988/89 mit zusätzlichen GPS-Stationen erweitert [vgl. *Technischer Bericht "Geodätisches Messkonzept 1989", Schneider und Wiget, 1992*]. Anlässlich des Aufbaus des LV95-Netzes wurde beschlossen, die Station G.2 dieses Netzes als LV95-Hauptpunkt (1132.500) zu übernehmen.

Im Rahmen der Deformationsmessungen 1989 wurde dieses GPS-Netz zum ersten Mal gemessen. Gleichzeitig wurde der TP 2. Ordnung "Stöckerli" als Anschlusspunkt an die Landestriangulation sowie eine temporäre Station in Rothenturm für den Anschluss an die dortige Fixpunktgruppe des Landesnivellements (ENV SZ Bl. 16, Ord. Nr. 91, 92) beobachtet. Die Messungen und deren Berechnungen sind im Technischen Bericht XIX der Staumauer "In den Schlägen" [Eggenberg und Schneider, 1990] dokumentiert.

8.2.1 GPS-Messdaten

Anzahl Stationen:	1 Hauptpunkt 5 Anschlüsse	(davon 3 Referenzpunkte im Deformationsnetz)	
Messtage:	5. – 7. 09. 1989	249 - 250	2 Sessionen
Messzeiten:	ca. 4 Std.	zwischen 08:40 und 13:40 UT/GMT	
Messintervall:	15 Sekunden		
Minimale Elevation:	15 Grad		
GPS-Empfänger:	4 L ₁ &L ₂ / 2 L ₁ : 4 Trimble 4000SLD 2 Trimble 4000SL	von swisstopo von BEV Wien	
Antennentests:	12. – 15. 09. 1989	Thun 89-3	PHASECC.E89
Lokale Meteodaten:	Alle 30 Minuten	Luftdruck, Trocken- und Feuchttemperatur	

Tab. 8.2-1: Angaben zur GPS-Messkampagne Etzel 1989

Folgende Stationen wurden von der Kampagne Etzel 1989 in LV95 verwendet:

Nr. in BSW	Stations-Nr.	Stations-Name	Kanton	Verknüpfungspunkt
34	1132.500	Einsiedeln	SZ	X
931	1132.G1	Staumauernetz	SZ	
932	1132.G4	Staumauernetz	SZ	
933	1132.PF4	Staumauernetz	SZ	
934	1132.720.3	Stöckerli	SZ	
935	1152.111.3	Anschluss LFP2	SZ	

Tab. 8.2-2: Liste der Stationen im Teil Etzel 1989

8.2.2 Satelliten-Bahnen und GPS-Auswertung von Etzel 1989

Für Auswertung der Messungen Etzel 1989 standen keine präzisen Ephemeriden zur Verfügung; sie wurde mit den Broadcast-Bahnen durchgeführt. Als Beobachtungen lagen sowohl L_1 & L_2 -Messungen als auch reine L_1 -Messungen vor. Aus den Zweifrequenzen-Messungen wurden sessionsweise ein Ionosphärenmodell (Einschicht-Modell; File ETZEL89.ION) berechnet, mit welchem die Einfrequenzmessungen auf den übrigen Stationen korrigiert werden konnten. Alle Ambiguities konnten gefixt werden.

Anzahl Satelliten:	6	PRN: 03, 06, 09, 11, 12, 13	S/A off URA: 2.0 m – 16.0 m
Satellitenbahnen:	Broadcast	ab Satellit	
Standard Orbits:	Bahnbögen von 7 Std.	6 oskulierende Elemente 2 Strahlungsdruckparam.	ETZEL89.STD ETZEL89.RPR
Software Version:	Bernese GPS Software	Versionen 3.1	Computer: PRIME

Tab. 8.2-3: Satelliten-Bahnen und Software Version für Etzel 1989

8.3 Genf 1993

Der Kanton Genf (Service du cadastre du canton de Genève) hat 1993 in Zusammenarbeit mit der EPF Lausanne (Département de Génie rural, Géodésie et Mensuration) ein GPS-Netz mit 80 Punkten im Sinne einer Verdichtung von LV95 gemessen. Die Messungen wurden vom 20.-28. Januar 1993 im "rapid static" Modus durchgeführt. Für die Anschlüsse an LV95 wurde auch ein sog. Rahmennetz mit drei LV95-Hauptpunkten (Bossy, Essertine, Piton) und 6 Verdichtungspunkten im statischen Messmodus gemessen. Die Messungen und Auswertungen mit der Leica Software SKI wurden im Rahmen einer Diplomarbeit an der EPFL (Herr Martin Stahl) bearbeitet und dokumentiert. Das statisch gemessene Rahmennetz wurde am Bundesamt für Landestopographie mit der Berner GPS Software ausgewertet. Diese Berechnungen wurden im Bericht "Réseau GPS du Canton de Genève" [Th. Signer, 1993] beschrieben.

8.3.1 GPS-Messdaten

Anzahl Stationen:	3 Hauptpunkte	6 Verdichtungspunkte	
Messtage:	26. - 28. 01. 1993	026 - 028	3 Sessionen
Messzeiten:	ca. 5 Std.	zwischen 07:30 und 13:30 UT/GMT	
Messintervall:	10 Sekunden		
Minimale Elevation:	15 Grad		
GPS-Empfänger:	8 L_1 & L_2 5 Leica SR299 3 Leica SR299	von ETH Zürich von EPF Lausanne	
Antennentests:	Keine		PHASECC. (Standard-Werte)
Lokale Meteodaten:	Keine		

Tab. 8.3-1: Angaben zur GPS-Messkampagne Genf 1993

Folgende Stationen wurden von der Kampagne Genf 1993 in LV95 verwendet:

Nr. in BSW	Stations-Nr.	Stations-Name	Kanton	Verknüpfungspunkt
88	1281.000	Bossy	GE	X
72	1241.800	Essertines	VD	X
94	1301.100	Piton (Salève)	France	X
950	1300.852	Bardonnex	GE	
951	1281.526	Bellebouche	GE	
952	1300.513	Choully	GE	
953	1300.447	Passeiry	GE	
954	1301.034	Anschluss LFP2	GE	
955	1301.803	Voirons	France	

Tab. 8.3-2: Liste der Stationen im Teil Genf 1993

8.3.2 Satelliten-Bahnen und GPS-Auswertung von Genf 1993

Die Auswertung der Kampagne Genf 1993 wurde an der EPFL mit der SKI-Software von Leica durchgeführt. Das dazugehörige Rahmennetz, welches schliesslich in LV95 integriert worden ist, wurde von swisstopo im April 1993 separat nachverarbeitet. Dazu wurden die IGS-Bahnen des Center for Orbit Determination in Europe (CODE) als präzise Ephemeriden sowie die dazugehörigen Satellitenuhr-Parameter verwendet. Die Beobachtungen wurden in Form der Linearkombination L_3 und mit gefixten L_1/L_2 -Ambiguities verarbeitet. Weitere Angaben zur Datenbereinigung und zu den Resultaten können dem erwähnten Technischen Bericht entnommen werden.

Anzahl Satelliten:	12	PRN: 02, 13 - 16, 18, 19, 24 - 27, 29	S/A off AS on
Satellitenbahnen:	a) Broadcast b) IGS Bahnen von CODE	a) ab Satellit b) von AIUB	(total 21 Satelliten)
Standard Orbits:	Bahnbögen von 8 Std.	6 oskulierende Elemente 2 Strahlungsdruckparam.	CODE2628.STD
Software Version:	Bernese GPS Software	Versionen 3.4	IBM RS6000 RISC

Tab. 8.3-3: Satelliten-Bahnen und Software Version für Genf 1993

8.4 Turtmann 1993

Im Testnetz Turtmann wurden von 1985 bis 1993 14 GPS-Messkampagnen mit unterschiedlichsten GPS-Empfängern durchgeführt. Diese Messungen sowie deren Auswertungen wurden im Band 51 der Geodätisch-geophysikalischen Arbeiten in der Schweiz [F. Jeanrichard (Ed.): *Dreidimensionales Testnetz Turtmann 1985-1993, Teil II (GPS-Netz), 1995*] ausführlich dokumentiert und beschrieben.

Vom Testnetz Turtmann wurden auch zwei Stationen im LV95-Netz integriert: 1288.000 (Jeizinen) und 1287.TURT (Turtmann). Der Einbezug der Station Turtmann wurde mit Hilfe der Messungen der Kampagne TURT-93 realisiert. Alle Stationen des Netzes wurden in dieser Kampagne im Permanentbetrieb vom Montag Mittag bis Freitag Mittag (4 x 24h) beobachtet. Davon wurden aber nur die Messungen in Jeizinen und Turtmann zusammen mit den Beobachtungen auf der Permanentstation Zimmerwald übernommen.

8.4.1 GPS-Messdaten

Anzahl Stationen:	2 Hauptpunkte	1 Verdichtungspunkt	
Messtage:	27. 09. – 1. 10. 1993	270 – 274	4 Sessionen
Messzeiten:	24 Std.	zwischen 12:00 und 12:00 UT/GMT	
Messintervall:	30 Sekunden		
Minimale Elevation:	15 Grad		
GPS-Empfänger:	3 L ₁ &L ₂ : 3 Trimble 4000SSE	von swisstopo und Grunder Ing. AG	
Antennentests:	27. - 29. 04. 1993	Thun 93-1	PHASECC.L93
Lokale Meteodaten:	6 Ballonsondierungen im Abstand von je 4 Stunden	Sprenger-Sonden (freier Aufstieg)	

Tab. 8.4-1: Angaben zur GPS-Messkampagne Turtmann 1993

Folgende Stationen wurden von der Kampagne Turtmann 1993 in LV95 verwendet:

Nr. in BSW	Stations-Nr.	Stations-Name	Kanton	Andere Bezeichnung im Turtmann-Netz	Verknüpfungspkt.
50	1186.800	Zimmerwald	BE		X
90	1288.000	Jeizinen	VS	3. GPS	X
936	1288.TURT	Turtmann	VS	7. TURT	

Tab. 8.4-2: Liste der Stationen im Teil Turtmann 1993

8.4.2 Satelliten-Bahnen und GPS-Auswertung von Turtmann 1993

Für die separate Nachverarbeitung der Messungen von Turtmann 1993 für das LV95-Netz wurden direkt die am AIUB anlässlich von dessen Auswertung bestimmten Standard-Orbits mit je 24 Stunden-Bahnbögen für alle Satelliten übernommen werden [Beutler et al., 1995]. Die präzisen Ephemeriden stammten effektiv vom International GPS-Service for Geodynamics, genauer dem IGS Pilot Service, welcher vom 1.11.1992 bis 31.12.1993 in Betrieb war, bevor der IGS ab 1.01.1994 den offiziell etablierten Dienst übernahm.

Die Beobachtungen wurden in Form der Linearkombination L₃ und mit gefixten L₁/L₂-Ambiguities verarbeitet. Alle Ambiguities konnten gefixt werden.

Anzahl Satelliten:	23	PRN: 01 - 03, 05, 07, 09, 12 - 29, 31	S/A on A/S off
Satellitenbahnen:	IGS Pilot Service	vom AIUB	
Standard Orbits:	Bahnbögen von 24 Std.	6 oskulierende Elemente 2 Strahlungsdruckparam.	PR931934.STD
Software Version:	Bernese GPS Software	Versionen 3.5	IBM RS6000 RISC

Tab. 8.4-3: Satelliten-Bahnen und Software Version für Turtmann 1993

8.5 AlpTransit Lötschberg-Basistunnel / NEAT 1994 (BLS)

Im März 1994 wurde die 1. Etappe der Grundlagenvermessung im Projekt NEAT (Neue Alpentransversale) für den Lötschberg-Basistunnel der BLS-AlpTransit AG mittels GPS gemessen. Dabei wurden einerseits Referenzpunkte für das Gesamtnetz beobachtet. Das Schwergewicht lag aber in der Bestimmung der Portalpunkte für den Sondierstollen Frutigen-Mitholz-Kandersteg. Die Messungen und deren Auswertung sind im TB 94-05 [A. Wiget, 1994] ausführlich dokumentiert und beschrieben.

8.5.1 GPS-Messdaten

Anzahl Stationen:	7 Hauptpunkte	2 Verdichtungspunkte	
Messtage:	21. – 22. 03. 1994	080 – 081	2 Sessionen
Messzeiten:	2 x 24 Std.	zwischen 12:30 und 12:30 UT/GMT	
Messintervall:	30 Sekunden		
Minimale Elevation:	15 Grad		
GPS-Empfänger:	9 L ₁ &L ₂ : 6 Trimble 4000SSE 3 Trimble 4000SSE	von swisstopo, GRD und Grunder Ing. AG	
Antennentests:	27. - 29. 04. 1993 14. - 16. 03. 1994	Thun 93-1 Thun 94-1	PHASECC.L94
Lokale Meteodaten:	Am Anfang und am Schluss der Session sowie bei Kontrollen	Luftdruck, Trocken- und Feuchttemperatur	

Tab. 8.5-1: Angaben zur GPS-Messkampagne NEAT 1994

Folgende Stationen wurden von der Kampagne NEAT 1994 in LV95 verwendet:

Nr. in BSW	Stations-Nr.	Stations-Name	Kanton	Andere Bezeichnung im NEAT-Netz	Verknüpfungspkt.
57	1207.500	Thun	BE		X
58	1208.400	Beatenberg	BE		X
82	1267.300	Engstligenalp	BE		X
83	1269.800	Fieschertal	VS		X
90	1288.000	Jeizinen	VS		X
91	1289.400	Simplon	VS		X
50	1186.800	Zimmerwald	BE		X
960	1227.754	Tellenburg	BE	G1 Frutigen	
967	1288.820	Lalden	VS	G8 Lalden	

Tab. 8.5-2: Liste der Stationen im Teil NEAT 1994

8.5.2 Satelliten-Bahnen und GPS-Auswertung von NEAT 1994

Die Daten der Kampagne NEAT 1994 wurden im Mai/Juni 1994 ausgewertet. Die Auswertung der Kampagne NEAT 1994 wurde mit den vom Center for Orbit Determination in Europe (CODE) im Rahmen von IGS bestimmten präzisen Ephemeriden sowie den dazugehörigen Satellitenuhr-Parametern durchgeführt.

Die Beobachtungen wurden in Form der Linearkombination L₃ und mit gefixten L₁/L₂-Ambiguities verarbeitet. Alle Ambiguities konnten gefixt werden. Weitere Angaben zur Datenbereinigung und zu den Resultaten können dem erwähnten TB 94-05 entnommen werden.

Anzahl Satelliten:	24	PRN: 01, 02, 04, 05, 07, 09, 12 - 29	S/A on AS on
Satellitenbahnen:	a) Broadcast b) IGS Bahnen von CODE	a) ab Satellit b) von AIUB	(26 SV vorhanden)
Standard Orbits:	Bahnbögen von 24 Std.	6 oskulierende Elemente 2 Strahlungsdruckparam.	NEAT94.STD NEAT94.RPR
Software Version:	Bernese GPS Software	Versionen 3.5	IBM RS6000 RISC

Tab. 8.5-3: Satelliten-Bahnen und Software Version für NEAT 1994

9 GPS-Kampagnen nach Projektende

Zum Zeitpunkt der Schlusserwertung des LV95-Gesamtnetzes (vgl. Kapitel 10) lagen bereits Messdaten von zusätzlichen, in den vorangegangenen Kapiteln nicht beschriebenen GPS-Kampagnen vor. Trotzdem wurden diese nicht verwendet. Der Hauptgrund dafür war, dass für diese Messungen keine mit COMEDIE aufbereiteten Troposphärenparameter aus ANETZ-Daten zur Verfügung standen. Zudem sollte die Zeitspanne, innerhalb welcher alle Messdaten auf einen Koordinatensatz komprimiert werden, nicht zu gross sein. Der Rahmen wurde daher auf die Jahre **1988 bis 1994** festgelegt.

Konkret handelte es sich um folgende GPS-Kampagnen aus dem Jahre 1995:

9.1 LV95-95V (Verdichtung Menzingen / Senkungsmessungen Zug)

Vom 15.-19. Mai 1995 fand eine GPS-Messkampagne der swisstopo im Kanton Zug statt. Diese hatte folgende Zielsetzungen:

- Bestimmung und Rückversicherung der Kontrollpunkte für die langjährige Überwachung der Senkungen in der **Zugerbucht**
- Bestimmung des LV95-Verdichtungspunktes **Menzingen**
- Bestimmung von LFP2 im Raum Zug für Vergleiche mit der örtlichen Triangulation und für Studien der Dreiecksvermaschung.

Die Messungen und Berechnungen sind im Technischen Bericht TB 96-01 [F. Eggenberg, 1996] dokumentiert.

9.2 Neotektonik 1995 (NEO95)

Vom 11.-22. September 1995 wurde von swisstopo das GPS-Überwachungsnetz "Neotektonik Nordschweiz" im Auftrag der NAGRA zum zweiten Mal gemessen (vgl. Kap. 3.2). Zielsetzungen dieser Kampagne waren somit:

- Zweitmessung des GPS-Netzes "Neotektonik Nordschweiz" für die NAGRA
- Deformationsanalyse aus den ersten zwei Messkampagnen, um Horizontalverschiebungsraten aller Kontrollpunkte zu bestimmen.

Die Messungen und Berechnungen sind im Technischen Bericht TB 96-05 [Wiget et al., 1996] beschrieben und dokumentiert. Die Kampagne NEO95 ermöglichte für die Punkte in der Nordschweiz einen aussagekräftigen Vergleich mit den Resultaten der LV95-Gesamtausgleichung (vgl. Kap. 10.4).

9.3 AlpTransit Gotthard-Basistunnel (ALP95)

Vom 16. - 21. Oktober 1995 wurde von swisstopo im Raum Graubünden/Tessin eine GPS-Kampagne unter der Bezeichnung ALP95 durchgeführt. Dieser lagen folgende Ziele und Aufgaben zugrunde:

- Bestimmung der LV95-Verdichtungspunkte Bellinzona und Stabio;
- Bestimmung von Referenzpunkten für die Zwischenangriffe des Gotthard-Basistunnels in den Portalnetzen Amsteg und Disentis sowie eines Neupunktes im Raum Bellinzona für die SBB resp. die AlpTransit Gotthard AG;
- Einmessung einer Referenzstation auf dem Flugplatz in Agno für Navigationsversuche der ETH Zürich in einem gemeinsamen Projekt mit dem Bundesamt für Zivilluftfahrt und der Crossair.

Die Messungen und Berechnungen sind in den Technischen Berichten TB 95-29 [Wild und Santschi, 1995] und TB 96-09 [Wild, 1996] dokumentiert.

Ab dem Jahre 1996 fanden dann die Messkampagnen für die bedarfsorientierte **Verdichtung** des LV95-Netzes statt. Bereits für das Jahr 1998, fünf Jahre nach der Referenzepoche 1993 der CHTRF95-Koordinaten, war zudem die erste komplette Neumessung des gesamten Referenzrahmens unter dem Namen **CHTRF98** [Wiget, 2002 (TB98-15), Brockmann und Wiget, 1998 (TB98-16), Brockmann und Wiget, 2003] geplant.

10 Gesamtlösung LV95 und Bestimmung von CHTRF95

10.1 Aufbereitung aller Messkampagnen mit GPSEST

Für die optimale Bestimmung der Stationskoordinaten der LV95-Punkte mussten alle Messungen in einer Gesamtausgleichung zusammengefasst werden. Die Version 3.5 der Bernese GPS Software bot dafür mit dem von E. Brockmann am AIUB entwickelten Programm ADDNEQ [Brockmann, 1997] die optimale Voraussetzung. Im Herbst 1995 wurden deshalb alle GPS-Kampagnen von 1988 bis 1994 von A. Wiget mit der Version 3.5 auf dem IBM RS6000 RISC System unter UNIX einheitlich aufbereitet.

Dazu wurden die nach den beschriebenen Verfahren und Grundsätzen (vgl. Kap. 2 resp. Kap. 3-8) bereinigten Single-Difference Files (*.PSH und *.PSO) inkl. gefixte Ambiguities aller Basislinien sessionsweise mit der Bernese GPS Software Version 3.5 neu verarbeitet. Die Satellitenbahnen (*.STD) und die Files der individuellen Antennen-Phasenzentren (PHASECC.*) wurden ebenfalls von den Kampagnenlösungen übernommen.

Von allen Kampagnen wurden alle Sessions (insgesamt 101) einzeln mit dem Programm **GPSEST** verarbeitet. Als Resultate lagen nebst den Koordinaten der Tageslösungen (*.CRD) auch je ein File der Normalgleichungsanteile (*.NEQ) vor. Für die Berechnungen mit GPSEST wurden folgende allgemeinen Files verwendet:

File-Typ	File-Name
General Constants:	X:/GEN/CONST.
Pole Information:	X:/GEN/C04_ALLE.ERP
Local Geodetic Datum:	X:/GEN/DATUM.
Satellite Info:	X:/GEN/SATELLIT.
Satellite Problems:	X:/GEN/SATCRUX.
Apriori Coordinates:	LV95ALLS.CRD

Tab. 10.1-1: Allgemeine Files für alle Berechnungen mit GPSEST

Die weiteren Steuerparameter wurden wie folgt gewählt:

Parameter	Eingabe
Sampling Rate:	0 (entspricht Auswahl aller Messungen)
Elevation Cut-off angle:	20 Degrees / 15 Degrees (je nach Variante)
A priori Sigma:	0.002 m (Zero-Diff. L1 Phase)
Correlations:	Correlations correctly modelled
Ambiguities:	Ambiguities pre-eliminated (praktisch 100% gelöst)
Synchronization:	Synchronization errors not applied
Troposphere:	Troposphären-Parameter für individuelle Stationen (ausser Zimmerwald); ca. 1 Parameter pro 4 Stunden; vgl. Tabellen im Anhang A3
Ionosphere:	Ionosphärenfreie Linearkombination L_3 Lokales Ionosphärenmodell für L_1 -Beobachtungen

Tab. 10.1-2: Allgemeine Files für alle Berechnungen mit GPSEST

Mit dem Programm **ADDNEQ** können Variantenrechnungen mit unterschiedlichen Auswertestrategien wesentlich einfacher und vor allem schneller durchgeführt werden (vgl. Kap. 10.2). Die grösste Unsicherheit bezüglich der besten Strategie liegt dabei in der Korrektur der troposphärischen Refraktion, welche sich vor allem auf die Höhengenaugkeit auswirkt (vgl. Kap. 2.3.3). Aus diesem Grund wurden für alle Sessions vier Varianten von Normalgleichungsanteilen gerechnet:

Bez.	Troposphärenmodell	Minimalelevation
S	Saastamoinen (Standard-Atmosphärenmodell)	20 Grad Minimalelevation
O	3D-Meteomodell aus ANETZ (ohne Stationsmeteo) (old)	20 Grad Minimalelevation
N	4D-Meteomodell aus ANETZ (ohne Stationsmeteo) (new)	20 Grad Minimalelevation
L	4D-Meteomodell aus ANETZ (ohne Stationsmeteo) (new)	15 Grad Minimalelevation (low)

Tab. 10.1-3: Vier Varianten zur Berechnung der Normalgleichungsanteile für Vergleichsstudien (vgl. Anhang A3)

Der **Anhang A3** enthält eine Übersicht über alle Teilkampagnen und Sessionen, welche in der LV95-Gesamtlösung berücksichtigt worden sind. Pro **Teilkampagne** sind neben allgemeinen Angaben über Anzahl Stationen, Messtage, Beobachtungsfiles, eingesetzte GPS-Empfänger, verwendete Orbitfiles, etc. für alle **Sessionen** (Tageslösungen) die dazugehörigen Filenamen, die Anzahl Beobachtungen sowie die Sigma-Werte der Single Differences (RMS-Werte) in den Lösungsvarianten entsprechend den vier Troposphärenmodellen von Tab. 10.1-3 enthalten. Der Vergleich der RMS-Werte sollte helfen, die beste Modell-Variante mit den kleinsten mittleren Fehlern a posteriori zu finden. Für eine abschliessende Beurteilung waren die Unterschiede aber zu gering. Immerhin zeigten die Lösungen mit der tieferen Minimalelevation von 15 Grad (Bez. **L**) generell grössere RMS-Werte.

Die RMS-Werte unter Verwendung des alten 3D-Modelles von COMEDIE (Bez. **O**) waren nicht grösser als diejenigen mit dem neuen 4D-Modell (Bez. **N**). Die Analyse der Stetigkeit der Modellparameter beider Varianten liess aber vermuten, dass letzteres wirklichkeitsnaher ist. Dabei muss nochmals betont werden, dass sich die Unterschiede ausschliesslich in den Höhen der Stationen, nicht aber in den Lagekoordinaten zeigten.

10.2 Gesamtausgleichung mit ADDNEQ; Variantenstudien

Die Normalgleichungsanteile aller Sessionen (NEQ-Files) einer Variante konnten schliesslich mit dem Programm **ADDNEQ** der Bernese GPS Software Version 3.5 zusammengefasst und im Sinne einer Gesamtausgleichung weiter verarbeitet werden.

Die fünf **EUREF-Stationen** *Zimmerwald*, *Chrischona*, *Pfänder*, *La Givrine* und *Monte Generoso* waren, wie im Kap. 4.4 erwähnt, wichtig für die optimale Einbettung der LV95-Lösung im europäischen und damit globalen Bezugsrahmen. Damit deren ETRS89-Koordinaten, welche durch die IAG-Subkommission EUREF zu akzeptieren waren, mit den neu zu rechnenden LV95-Koordinaten kompatibel sind, wurden die EUREF-Berechnungen auf Schweizer Seite im Rahmen der **LV95-Gesamtauswertung** durchgeführt. Dabei wurde eine umfangreiche Analyse der optimalen Modellvariante (Orientierung, Massstab) durchgeführt. Die Zwischenresultate der Berechnungen verschiedener Netze (EUREF-CH92, EUREF-D/NL93, AGREF, DREF, LV95) wurden auch mit den deutschen und österreichischen Kollegen ausgetauscht und verglichen. Weil die französischen und italienischen Partnerinstitute auf den EUREF-Stationen noch keine eigenen Messungen gemacht hatten, waren sie von einer Neubestimmung weniger betroffen.

Die Auswertestrategie und die Lagerung der LV95-Gesamtlösung sind daher mit derjenigen der EUREF-Lösung identisch, wie sie in Kap. 4.4 ausführlich beschreiben worden sind. Weitere Details können dem in Englisch verfassten Technischen Bericht zuhanden der EUREF-Kommission TB 96-12 [*Wiget, 1996a*] entnommen werden.

Für Studienzwecke, insbesondere zur Untersuchung des Einflusses der troposphärischen Refraktion und des Massstabes, wurden mit den NEQ-Files der Varianten **S**, **N** und **L** (vgl. Tab. 10.1-3 und Anhang A3) drei verschiedene Netzgrössen berechnet (vgl. Tab. 10.2-1):

- | | |
|---|------------------|
| a) EUREF-CH / EUREF-D (12 EUREF-Stationen, 15 Sessionen); | Bez.: ES, EN, EL |
| b) Teilnetz (260 Stationen, 84 Sessionen, ohne kleinere Kampagnen) | Bez.: TS, TN, TL |
| c) Gesamtnetz (A lle 300 Stationen, 101 Sessionen) | Bez.: AS, AN, AL |

Die Variante **S** benutzte als Grundlage der Schätzung der *zenith path delay* Parameter das Standard-Troposphärenmodell nach Saastamoinen.

Die Varianten **N** und **L** verwendeten das vierdimensionale Refraktivitätsfeld [*Geiger et al., 1995*], berechnet aus den

- Bodenmessdaten (Temperatur, Luftdruck und Luftfeuchtigkeit alle 10 bis 60 Minuten) der 72 gleichmässig über die Schweiz verteilten automatischen Messstationen (ANETZ) der schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA, heute MeteoSchweiz), sowie den
- Ballonsondierungen in Payerne (alle 12 Stunden) (vgl. Kap. 2.3.3).

Sie unterschieden sich nur durch die Minimalelevation (*cut-off angle*) von 20 Grad (**N**) resp. 15 Grad (**L**).

Innerhalb der Netzvariante "Teilnetz" wurden auch die a priori Sigmas der absoluten und relativen Troposphärenparameter variiert: TX**0** bis TX**6** (siehe Tab. 10.2-1).

Vom "Gesamtnetz" wurden schliesslich noch verschiedene Varianten mit unterschiedlicher Festpunkt-Wahl gerechnet:

- Versionen **Axx**: Nur Station Zimmerwald fixiert (wie in den Lösungen E und T)
- Versionen **Fxx**: Zimmerwald, Wettzell und Graz fixiert
- Versionen **Wxx**: Zimmerwald fixiert, Wettzell und Graz gewichtet (weighted)

Netz	Bezeichnung der Lösungsvarianten mit versch. Troposphärenmodellen			Sigma der Troposphärenparameter Abs. / Relativ	Fixpunkte und weights
	S: SAAS 20	N: ANETZ 20	L: ANETZ 15	[mm]	
EUREF-CH EUREF-D	ES5	EN5	EL5	5 / 3	Zimmerwald
Teilnetz	TS0	TN0	TL0	0.01 / 0.01	Zimmerwald
	TS1	TN1	TL1	10 / 5	
	TS3	TN3	TL3	50 / 50	
	TS4	TN4	TL4	4 / 2	
	TS5	TN5	TL5	5 / 3	
	TS6	TN6	TL6	6 / 4	
Gesamtnetz	AS5	AN5	AL5	5 / 3	Zimmerwald
	FS5	FN5	FL5	5 / 3	Zimm, Wett, Graz
		WN1		5 / 3	Zimm fix, Wett 1 mm, Graz 1 mm
		WN5		5 / 3	Zimm fix, Wett 3 mm, Graz 5 mm

Tab. 10.2-1: Kombinierte Lösungsvarianten mit ADDNEQ

Der direkte Vergleich (Helmert-Transformation) der freien Netzwerklösungen TS5 (SAAS) und TN5 (ANETZ) zeigte eine relative Differenz von 0.088 ± 0.01 ppm im horizontalen und -1.07 ± 0.19 ppm im vertikalen Massstab. Die mittleren Residuen der horizontalen Komponenten blieben unter 1 mm, der RMS der Höhenkomponente betrug 5.6 mm. Ein Vergleich mit der freien Lösung für EUREF-D/NL93 nach [Engelhardt, 1994] sowie die Analyse der Massstabsvariationen unter Verwendung unterschiedlicher a priori Sigmas für die Troposphärenparameter führten zum Schluss, dass das ANETZ-Modell eine leichte Verbesserung im Massstab bringen sollte. Die Resultate liessen hoffen, dass damit die Wiederholbarkeiten der ellipsoidischen Höhendifferenzen zwischen den Kampagnen gegenüber dem reinen Standardmodell verbessert werden konnten. Als Qualitätsmerkmal wurden dabei auch die mittleren Fehler a posteriori (RMS-Werte) zur Beurteilung beigezogen. Für die Schlusslösung wurde schliesslich der Variante **N** (ANETZ 20) mit einer Minimalelevation (*cut-off angle*) von 20 Grad der Vorzug gegeben.

10.3 Lagerung und Bestimmung der Bezugsrahmen CHTRF95 und LV95

Für die Lagerung des Netzes in einem **globalen Bezugsrahmen** wurden die zur damaligen Zeit besten Koordinaten der Referenzpunkte (SLR/VLBI *fiducial stations*) gewählt, nämlich die ITRF93-Koordinaten. Diese waren auch zu den IGS-Bahnen von CODE kompatibel. Als Referenzepoche für die Koordinaten wurde die Epoche 1993.0 gewählt. Diese Epoche fällt ungefähr in die Mitte zwischen die Kampagnen EUREF-CH92 (August 1992) und EUREF-D/NL93 (Mai 1993), welche für die Lagerung des LV95-Netzes besonders wichtig waren. Zwischen den Teilkampagnen wurden keine individuellen Bewegungen der Stationen angenommen.

Nach verschiedenen Varianten der **Lagerung des Gesamtnetzes** (vgl. Tab. 10.2-1) wurde für die definitive Berechnung folgende gezwängte Lösung (*loosely constrained solution*) gewählt: Die Geostation *Zimmerwald*, welche in allen grösseren Sessionen mitgemessen worden war, wurde als Fundamentalkpunkt auf ihren offiziellen Koordinaten im **Bezugsrahmen ITRF93 (Epoche 1993.0)** festgehalten. Zudem wurden aber auch die einzigen zwei anderen Referenzstationen (*fiducial stations*) im Netz, die in den EUREF-Kampagnen mitgemessenen IGS- und SLR-Stationen *Wettzell* (D) und *Graz* (A), mit sehr kleinen mittleren Fehlern in die Ausgleichung eingeführt. Zusammen mit den präzisen GPS-Bahnen, welche seit 1992 ebenfalls im ITRF vorliegen, definieren sie die Orientierung des Netzes. Da sie geometrisch ungleich verteilt östlich des Schweizernetzes liegen und für sie keine ANETZ-Daten verfügbar waren, musste aber Sorge getragen werden, dass ein allfälliger Massstabsfehler in den Basislinien östlich der Station *Pfänder* nicht das ganze Netz verzerren würde. Aus diesem Grund wurde für die Lagerung ein "gewichteter Zwang" (*weighted constraint*) angewandt: Die ITRF93-Koordinaten von Zimmerwald wurden fixiert, diejenigen von *Wettzell* und *Graz* mit Gewichten entsprechend ihren mittleren Fehlern (Sigma in [Boucher et al., 1994: IERS Technical Note 18]) eingeführt. Der Massstab von LV95 ist somit durch die GPS-Messungen selber gegeben und entspricht über die Definition der Lichtgeschwindigkeit der Meterdefinition.

Das GPS-Landesnetz LV95 besteht in den Hauptkomponenten aus den fünf EUREF-Stationen der Kampagnen EUREF-CH92 und EUREF-D/NL93 sowie den 6 Teilnetzen N-CH88, LV95-89, LV95-90, LV95-91, LV95-92 und LV95-94 (vgl. Abb. 10.3-1). Durch deren Lagerung auf den 'IERS fiducials' (Zimmerwald, Wettzell und Graz) liegen die resultierenden Koordinaten im globalen internationalen Bezugssystem **ITRS** (ITRF93-Rahmen, Epoche 1993.0) vor. Danach wurden sie mit den Transformationsformeln $ITRS \rightarrow ETRS89$ [Boucher and Altamimi, 1995] ins europäische Bezugssystem **ETRS89** (ETRF93-Rahmen, Epoche 1989.0) umgerechnet. Dabei wurden die Geschwindigkeiten des Plattentektonik-Modelles NNR-NUVEL1A verwendet (Massstabsfaktor 0.9562 und Änderung der Rotationswinkel gemäss [Boucher et al., 1994: IERS Technical Note 18]). Da die Ausdehnung des Netzes global betrachtet relativ klein ist und alle Stationen auf der europäischen Platte liegen, wurden aber keine individuellen Stationsgeschwindigkeiten berücksichtigt. Damit wurden die Koordinaten für die **Epoche 1989.0** der **Epoche 1993.0** gleichgesetzt.

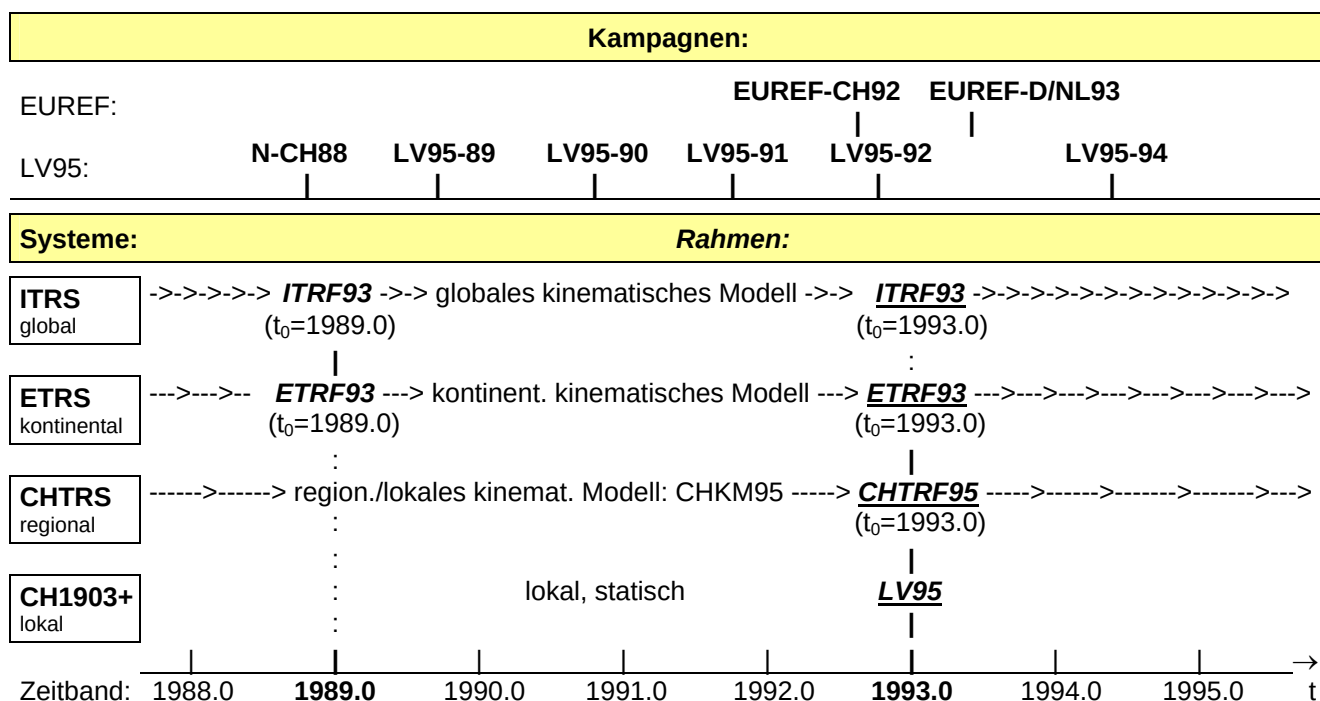


Abb. 10.3-1: GPS-Kampagnen, Bezugssysteme und Bezugsrahmen (mit Referenzepochen)

Die definitive Lösung mit der Bernese GPS Software Version 3.5 wurde am 31. Jan. 1996 (13:21h) gerechnet und trug den Namen "addneq.def". Eine Kurzversion der Programmdokumentation mit den wichtigsten Parametern und Statistiken ist im Anhang A4 abgedruckt.

Mit den ETRF93-Koordinaten entsteht ein vom ETRF89 Bezugsrahmen (EUREF-89) unabhängiger Datensatz, welcher unter der Bezeichnung **CHTRF95** als terrestrischer Bezugsrahmen für die neue Landesvermessung LV95 gilt. Dieser ist kompatibel mit **ETRF93** zur Epoche 1993.0 (vgl. Abb. 10.3-1).

Mit der per definitionem festgelegten Identität zwischen dem globalen Bezugsrahmen **ETRF93 (Epoche 1993.0)** und dem ebenfalls global gelagerten Bezugsrahmen **CHTRF95 (Epoche 1993.0)** im System **CHTRS95** war der neue terrestrische Bezugsrahmen der schweizerischen Landesvermessung realisiert [Schneider et al., 2001: Kapitel 6.1 und Anhang A4.1].

Für den optimalen Gebrauch des GPS-Netzes und seiner Fixpunkte in der Vermessungspraxis sollten die Koordinaten schliesslich auch im **lokal gelagerten Bezugssystem CH1903+** [Schneider et al., 2001] bekannt sein. Die geozentrisch-kartesischen Koordinaten der LV95-Punkte wurden daher mit Hilfe von Standard-Prozeduren (Programm GEOREF) und den drei Translationen

$$\begin{aligned} X_{(CH1903+)} &= X_{(CHTRS95)} - 674.374 \text{ m} \\ Y_{(CH1903+)} &= Y_{(CHTRS95)} - 15.056 \text{ m} \\ Z_{(CH1903+)} &= Z_{(CHTRS95)} - 405.346 \text{ m} \end{aligned}$$

ins geodätische Datum CH1903+ umgerechnet. Danach wurden noch geodätische und Schweizer Projektionskoordinaten berechnet. Für die Verwendung in der amtlichen Vermessung wurden die Koordinaten am Zentimeter gerundet. Ungeachtet allfälliger Neubestimmungen sollen diese Koordinaten konstant gehalten werden. Mit diesem Satz von Koordinaten ist der lokal gelagerte **Bezugsrahmen LV95** realisiert.

Die Koordinaten der LV95-Punkte werden in diesem Bericht nicht explizit publiziert. Dadurch soll vermieden werden, dass allfällige Veränderungen nicht beachtet werden. Die offiziellen Werte aller Punkte können aber auf dem Internet unter <http://www.swisstopo.ch/geoaktuell/de/geo/lv95/lv95.htm> abgefragt werden. Dort sind auch weitere Details zu den Punkten sowie ein Kartenausschnitt 1:25'000, das Punktprotokoll mit Kroki und der Skyplot für die Satellitensichtbarkeit abrufbar. Weitere Dienstleistungen werden im Rahmen des aktuellen Projektes **Fixpunkt-Datenservice** vorbereitet.

10.4 Beurteilung der Genauigkeit; Vergleiche mit anderen Netzen

Da ein genauerer Referenzrahmen fehlt, mit dem das LV95-Netz verglichen werden könnte, stehen lediglich zwei Möglichkeiten zur Evaluation verschiedener Modellvarianten sowie für die abschliessende Beurteilung der Genauigkeit des Gesamtnetzes zur Verfügung:

- (1) Die innere Genauigkeit der GPS-Auswertungen (a posteriori RMS-Werte)
- (2) Die Wiederholbarkeit der Resultate durch Vergleich verschiedener Tageslösungen und Teilkampagnen

Die **innere Genauigkeit der GPS-Messungen** (Sigma der einfachen Phasendifferenzen) liegt bei allen Kampagnen (ausser bei NEOWIS88) im Bereich zwischen 2 mm und 5 mm und beträgt in der Gesamtlösung 3.8 mm. Die **formalen Fehler (RMS error) der GPS-Koordinaten** werden in der Grössenordnung von 1 mm für die Lage und 2-3 mm für die Höhe ausgewiesen. Diese inneren Genauigkeiten sind erfahrungsgemäss zu optimistisch und erlauben nur eine relative Aussage über die Qualität verschiedener Lösungen. Dieses Verfahren wurde für das Studium der Varianten zur Modellierung der Troposphäre angewandt (vgl. Kap. 10.1).

Zur Wahrung der Zuverlässigkeit wurden in den Hauptkampagnen alle LV95-Stationen jeweils mindestens zweimal stationiert. Damit können die Kampagnen in Teillösungen oder Teilkampagnen aufgeteilt werden, welche dann zur Untersuchung der **Wiederholbarkeiten** untereinander verglichen werden können. Dies wird meist mittels Ähnlichkeits-Transformationen (Helmert-Transformationen) gemacht. Da die räumliche Orientierung der Netze durch die präzisen Bahnen praktisch vorgegeben ist und der Massstab aus GPS im absoluten Sinne definiert ist, sollen bei den Transformationen lediglich 3 Translationen der Schwerpunkte der Teilnetze zugelassen werden. Zur Beurteilung der Genauigkeit (im Sinne der Wiederholbarkeit) werden dann die Restfehler (Residuen) an den Koordinaten herangezogen.

Verschiedene Transformationen zwischen Tageslösungen innerhalb einer Kampagne oder zwischen den Koordinatensätzen von Teilkampagnen ergeben mittlere Fehler (RMS-Werte) an den Lagekoordinaten von 3 - 7 mm (pro

Komponente) und 10-30 mm an den Höhen (Tab. 10.4-1). Durch die Ausgleichung im Gesamtnetz ist mit Genauigkeiten von derselben Grössenordnung oder besser zu rechnen.

Teilnetz	Anzahl gemeinsamer Punkte	RMS der Helmert-Transformation		
		1. Beob. auf Nord [mm]	2. Beob. auf Ost [mm]	3. Beob. auf Höhe [mm]
LV95-89	20	6.1	5.1	24.7
LV95-90	22	4.0	4.9	25.4
LV95-91	32	6.9	6.2	26.2
LV95-92	18	3.5	5.0	15.6
EUREF-CH	7	4.1	1.4	16.4

Tab. 10.4-1: Wiederholbarkeit: RMS-Werte der Helmert-Transformationen (nur 3 Translationen) zwischen der 1. und 2. Beobachtung innerhalb den Hauptkampagnen von LV95

In Tab. 10.4-2 sind als Beispiel die Residuen aus der 3-Parameter Helmert-Transformation der Kombination der LV95-Hauptkampagnen 1989-1992 auf die Lösung von EUREF-CH92 gezeigt (vgl. Kap 5.5).

Stationsname	Residuen in [mm]		
	Nord-Süd	Ost-West	Höhe
Chrischona	-7.9	4.8	28.0
Pfänder	8.3	1.1	-3.1
Zimmerwald	-3.4	2.2	10.7
La Givrine	-5.7	-8.9	14.3
Monte Generoso	8.7	0.9	-50.0
RMS pro Komponente	7.9	5.2	30.0

Tab. 10.4-2: Lage- und Höhenresiduen aus der Helmert-Transformation (nur 3 Translationen) der kombinierten Hauptkampagnen 1989-1992 auf die Lösung der Kampagne EUREF-CH92 (vgl. auch Kap. 5.5)

In Kapitel 4.4 wurden weitere Genauigkeitsuntersuchungen im Rahmen der Auswertung der EUREF-Netze beschrieben.

Einen unabhängigen Vergleich von Stationskoordinaten des LV95-Netzes erlaubte die Zweitmessung des Netzes **"Neotektonik Nordschweiz"** in der Kampagne **NEO95** (vgl. Kap. 3.2 und Kap. 9.2). Die Residuen und Parameter einer 3-Parameter Ähnlichkeitstransformation zwischen LV95 und NEO95 sind in der Tab. 10.4-3 (auf der folgenden Seite) aufgezeigt.

Nr.	Name	Residuen im lokalen System [mm]		
		Nord	Ost	Höhe
1	0188	-3.8	-5.5	-13.5
2	0388	-4.4	-1.9	-3.4
3	0488	-2.9	0.1	-4.7
4	0788	-1.2	-11.4	-6.9
5	0988	0.2	2.9	-11.4
6	1188	-2.4	5.7	1.8
7	1288	1.1	-3.4	3.9
8	1488	1.1	-1.6	24.8
9	1688	7.1	3.9	45.7
10	1988	2.2	5.1	21.1
11	2288	4.0	7.2	48.2
12	1031.366	-1.4	6.3	15.7
13	1047.700	-4.2	2.1	-15.0
14	1049.000	-3.0	-4.7	-22.8
15	1049.400	0.0	-5.2	-6.8
16	1051.600	-3.4	-4.3	-17.9
17	1052.600	1.0	-4.2	-24.1
18	1068.400	1.1	-3.9	-25.6
19	1071.000	-5.0	0.9	28.2
20	1072.100	1.6	2.8	49.1
21	1073.000	6.6	3.6	9.6
22	1076.800	-1.5	-8.8	-6.1
23	1088.000	-1.1	0.8	-1.5
24	1088.468	-1.1	2.0	-23.2
25	1088.800	3.2	0.9	-18.9
26	1089.300	0.9	0.4	-4.5
27	1090.000	1.1	0.3	-15.4
28	1091.300	1.1	5.1	-0.2
29	1186.800	3.4	4.6	-32.6
30	1089.606.3	-0.2	0.3	6.6
	RMS / Komponente	3.0	4.6	22.0
	Anzahl Parameter	3		
	Anzahl Koordinaten	90		
	RMS der Transformation	13.1		
	Translation in Nord	-3.4	± 2.4 mm	
	Translation in Ost	-4.6	± 2.4 mm	
	Translation in der Höhe	32.6	± 2.4 mm	

Tab. 10.4-3: Ähnlichkeitstransformation (nur 3 Translationen) der Schlusslösung LV95 auf die Lösung der Kampagne NEO95 (beide in ITRF93, Epoche 1993.0)

Die RMS-Werte der Lagekomponenten sind mit 3.0 mm und 4.6 mm unter einem halben Zentimeter, die einzelnen Lageresiduen erreichen Maximalwerte bis zu 1 cm. Der RMS der Höhe beträgt 22 mm mit Höhenresiduen bis zu 5 cm. Dies wohl gemerkt im Rahmen einer reinen 3-Parameter-Transformation (3 Translationen)

zwischen zwei völlig unabhängigen Messkampagnen. Die Rotationswerte resp. der Massstabsfaktor ergaben sich im Rahmen einer 7-Parameter-Transformation wie in Tab. 10.1-3 angegeben:

Rotation um Nord-Süd-Achse	0.0511 ± 0.0143 "
Rotation um Ost-West-Achse	-0.0375 ± 0.0243 "
Rotation um Vertikalachse	-0.0042 ± 0.0110 "
Massstabsfaktor	0.0202 ± 0.0533 mm/km

Tab. 10.4-4: Rotationen und Massstabsfaktor einer 7-Parameter-Ähnlichkeitstransformation der Schlusslösung LV95 auf die Lösung der Kampagne NEO95 (beide in ITRF93, Epoche 1993.0)

Von diesen Parametern dürfte somit höchstens eine Kippung um die Nord-Süd-Achse signifikant sein, welche sich primär auf die Höhen auswirkt.

Die RMS-Werte in der Tab. 10.4-3 dürften aussagekräftig für die Genauigkeit der LV95-Koordinaten sein, obwohl sie hier im Vergleich mit einem Netz entstanden, welches ebenfalls nicht fehlerfrei ist. Die im Jahr 1995 gemessene NEO95-Kampagne profitierte immerhin von einer deutlich verbesserten Satellitenkonstellation. Dagegen ist zu beachten, dass die Höhendifferenzen der Stationen in der Nordschweiz, welche mit dieser Transformation untersucht wurden, im Allgemeinen geringer sind als im Gesamtnetz von LV95.

Eine weitere Vergleichsmöglichkeit bietet das **European Vertical Reference Network (EUVN)**. Dieses wurde im Rahmen der europaweiten GPS-Kampagne (EUVN'97) vom 21.-29. Mai 1997 beobachtet. Die Messungen dienten vor allem der Verknüpfung von Nivellementnetzen und Pegelstationen mit GPS-Netzen. In der Schweiz wurden sieben Stationen während einer Woche beobachtet, zusammen mit den Permanentstationen Zimmerwald und Pfänder. Die Gesamtauswertung dieser Kampagne wurde am AIUB durchgeführt [Ineichen et al., 1998]. Die Residuen und Parameter einer 3-Parameter Ähnlichkeitstransformation (Helmert-Transformation) zwischen den zwei Lösungen LV95 und EUVN sind in der Tab. 10.4-5 aufgezeigt.

Nr.	Name	Residuen im lokalen System [mm]		
		Nord	Ost	Höhe
1	Chrischona	-2.4	-4.3	1.5
2	Bourg-St-Pierre	2.3	1.6	-24.6
3	La Givrine	-2.5	3.9	-9.7
4	Oberalp	5.0	-0.2	-7.2
5	Siblingen	-0.2	3.0	35.5
6	Stabio	-	-	-
7	Zerne	-1.0	-1.9	6.7
50	Zimmerwald	-1.2	-2.1	-2.1
	RMS / Komponente	2.7	3.0	18.5
	Anzahl Parameter	3		
	Anzahl Koordinaten	21		
	RMS der Transformation	10.9		
	Translation in Nord	-55.0 ± 4.1 mm		
	Translation in Ost	-77.8 ± 4.1 mm		
	Translation in der Höhe	-9.1 ± 4.1 mm		

Tab. 10.4-5: Ähnlichkeitstransformation (nur 3 Translationen) der Schlusslösung LV95 (ITRF93, Epoche 1993.0) auf die Lösung der Kampagne EUVN'97 (ITRF96, Epoche 1997.4)

Auch in diesem Vergleich mittels reiner 3-Parameter-Helmerttransformation bleiben die RMS-Werte der Lagekomponenten mit 2.7 mm und 3.0 mm unter einem halben Zentimeter und die Lagerresiduen erreichen Maximalwerte von 5 mm. Der RMS der Höhe beträgt 18.5 mm mit Höhenresiduen bis 3.5 cm. Im Unterschied zu

NEO95 decken die Stationen in dieser Transformation aber praktisch die ganze Schweiz ab. Die Translationen im Bereich von mehreren Zentimetern erklären sich durch die Bewegungen von Europa im globalen Bezugsrahmen ITRF zwischen den Epochen 1993.0 und 1997.4. Für die Rotationswerte resp. den Massstabsfaktor werden in einer 7-Parameter-Transformation die Werte von Tab. 10.4-6 berechnet. Dabei ist in diesem Fall die Kippung um die Ost-West-Achse signifikant.

Rotation um Nord-Süd-Achse	-0.0102	±	0.0055 "
Rotation um Ost-West-Achse	0.0437	±	0.0079 "
Rotation um Vertikalachse	0.0018	±	0.0044 "
Massstabsfaktor	-0.0134	±	0.0212 mm/km

Tab. 10.4-6: Rotationen und Massstabsfaktor einer 7-Paramter-Ähnlichkeitstransformation der Schlusslösung LV95 auf die Lösung der Kampagne EUVN'97

10.5 Zusammenfassung der Gesamtausgleichung LV95

Zusammenfassend lässt sich die Gesamtausgleichung von LV95 wie folgt charakterisieren:

Eigenschaften:

- GPS-Auswertung mit Bernese GPS Software Version 3.5 (Lösung vom 31-JAN-96 13:21)
- Kombination von 17 GPS-Kampagnen zwischen 1988 und 1994
- 104 Hauptpunkte des LV95-Netzes (mehrmals gemessen)
- 195 Anschlusspunkte (meist nicht Teil des LV95-Netzes und nur einmal gemessen)
- Netzwerk von "ionosphärenfreien" L_3 -Basislinien (einzelne Anschlüsse nur L_1)
- Auswertung im Bezugssystem ITRS, Bezugsrahmen ITRF93 (Epoche 1993.0)
- ITRF93-Koordinaten (Epoche 1993.0) von *Zimmerwald* fixiert
- ITRF93-Koordinaten (Epoche 1993.0) von *Wetzell* und *Graz* als Lagerungspunkte mit denselben mittleren Fehlern eingeführt wie sie in der ITRF93 Lösung geschätzt worden waren
- Alle anderen Stationskoordinaten wurden ohne a priori Gewichte geschätzt
- Verwendung von präzisen Satelliten-Bahnen (DMA und CODE/IGS) und IERS-Polpositionen
- Berücksichtigung von individuellen Phasenexzentren (sog. Antennenoffsets, z.T. elevationsabhängig) für alle GPS-Antennen
- Alle Phasenmehrdeutigkeiten im Netz wurden gelöst und auf ganze Zahlen fixiert resp. voreliminiert
- Korrelationen zwischen den Basislinien wurden korrekt modelliert
- A priori Modell für die Troposphärenrefraktion: ANETZ-Modell verwendet
- Schätzung eines Troposphärenparameters (*zenith path delay*) pro Basislinie ungefähr pro 4 Stunden Messdaten
- Messintervall (*sampling rate*) 15 Sekunden oder 30 Sekunden (alle Messepochen verwendet)
- Minimalelevation (*cut-off angle*): 20 Grad

File-Namen:

General Constants:	X:/GEN/CONST.
Pole Information:	X:/GEN/C04_ALLE.ERP
Local Geodetic Datum:	X:/GEN/DATUM.
Satellite Info:	X:/GEN/SATELLIT.
Satellite Problems:	X:/GEN/SATCRUX.
Apriori Koordinaten:	P:/LV95.CMB/OUT/LV95APR.CRD
Programm-Ausdruck:	P:/LV95.CMB/OUT/LV95DEF.OUT
Koordinaten-File:	P:/LV95.CMB/OUT/LV95DEF.CRD
Var/Kovar-Matrix Koordinaten:	P:/LV95.CMB/OUT/LV95DEF.COV
Var/Kovar-Matrix Total:	P:/LV95.CMB/OUT/LV95DEF.COT

Kennwerte:

Anzahl Sessionen / NEQ-Files:	101	
Anzahl Stationen:	299	
Anzahl Beobachtungen:	4'434'078	(Phasendifferenzen, <i>single differences</i>)
Anzahl Parameter (total):	2677	
davon Stationskoordinaten:	897	
davon Troposphärenparameter:	1661	(voreliminiert)
A priori Sigma der Phasenbeobachtungen:	2 mm	(<i>zero differences</i> , L1 Phase)
A priori Sigma der Troposphären-Parameter:	5 mm	(absolut)
	3 mm	(relativ)
Sigma der einfachen Phasendifferenzen:	3.8 mm	(<i>single differences</i>)

Lagerung: Fixpunkte (Koordinaten in ITRF93, Epoche 1993.0):

Zimmerwald 1186.800 (GPS-Antennenpunkt L+T88):	X =	4331297.2411
(auf GPS-Mast)	Y =	567555.6725
	Z =	4633133.8014
Zimmerwald 1186.800 (GPS-Antennenpunkt GPS87):	X =	4331293.7474
(auf Hausdach)	Y =	567541.8549
	Z =	4633135.9306

Stationen mit a priori Sigmas auf den Stationskoordinaten (weights):

Wetzell 1200 (WETT in EUREF-CH92):	North: 2 mm	East: 2 mm	Up: 3 mm
Wetzell 1201 (WETTCELL in DREF-93):	North: 2 mm	East: 2 mm	Up: 3 mm
Graz EUREF-61 (GRAZ in DREF-93):	North: 5 mm	East: 5 mm	Up: 7 mm

Bezüglich der **Genauigkeit** darf festgehalten werden, dass mit dem GPS-Netz der neuen Landesvermessung LV95 resp. mit **CHTRF95** ein Bezugsrahmen realisiert werden konnte, dessen "absolute" globale Lagerung in Zimmerwald gegenüber ITRS/ITRF93 bzw. ETRS89/ETRF93 auf ca. 1 cm genau (1σ) bekannt ist. Die Orientierung ist auf besser als 0.1" oder 0.03 mgon und der Massstab auf besser als 0.1 ppm (je 1σ) bestimmt. Die relative Genauigkeit (1σ) zwischen zwei beliebigen Hauptpunkten im LV95-Netz beträgt im CHTRF95 mindestens 1 cm in der Lage und 3 cm in der (ellipsoidischen) Höhe.

10.6 Nachverarbeitungen mit der Bernese GPS Software Version 4 und Ausblick

Für Vergleichs- und Testzwecke wurde die Gesamtausgleichung aller LV95-Kampagnen im Juli 1996 mit der Bernese GPS Software **Version 4.0** basierend auf den Normalgleichungsanteilen (101 NEQ-Files) wiederholt. Die resultierenden Koordinaten waren in den Lagekomponenten im Submillimeterbereich identisch, in der Höhe resultierte aus der 3-Parameter-Helmtertransformation ein RMS von 2 mm.

Schliesslich wurden im August 2002 weitere Vergleichsberechnungen mit der Bernese GPS Software **Version 4.2** gemacht, nachdem die Normalgleichungsanteile kampagnenweise in 24 NEQ-Files zusammengefasst worden waren. Die Resultate dieser ADDNEQ-Ausgleichung sind im Anhang A5 zusammengestellt. Sie erlauben kohärente Vergleiche zwischen den Kampagnen.

Auch nach Abschluss der Gesamtauswertung von LV95 wurden noch Studien bezüglich den Meteomodellen gemacht, um insbesondere die Genauigkeit der Höhen im Hinblick auf die Kombination mit dem Landesnivellement zu verbessern. Im Rahmen des Projektes **LHN95** sollte schliesslich ein (orthometrisches) Höhen-system in der Schweiz geschaffen werden, welches die unkomplizierte, kohärente Kombination von GPS, Nivellement und dem Geoidmodell ermöglicht [Marti, 1997; Marti und Schlatter, 2002; Schlatter und Marti, 2002; Marti, 2002].

Das in diesem Bericht dokumentierte Hauptnetz von LV95 wurde in den Jahren 1995 bis 1998 noch weiter verdichtet, wobei auf eine möglichst benutzer- und bedarfsgerechte Auswahl der Stationen geachtet wurde. Mit der Zweitmessung des gesamten LV95-Netzes (Haupt- und Verdichtungsnetz) im Jahr 1998 und der Bestimmung des Bezugsrahmens **CHTRF98** konnte dann zum ersten Mal ein homogener, innert kurzer Zeit gemessener Koordinatensatz für alle LV95-Punkte realisiert werden. Dabei haben sich auch die obigen Genauigkeitsschätzungen bestätigt [Wiget, 1998; Brockmann und Wiget, 2003].

Es ist vorgesehen, dass später weitere Wiederholungsmessungen durchgeführt werden, damit die Genauigkeit im Rahmen des kinematischen Modells **CHKM95** sogar noch gesteigert werden kann und für alle Hauptpunkte allmählich individuelle Geschwindigkeitsvektoren geschätzt werden können. Im Hinblick auf dieses Ziel wurde von swisstopo das Projekt **Swiss4D** gestartet.

11 Literatur

- Ammann R., A. Carosio und W. Ulrich (1996): Konsequenzen der neuen Landesvermessung 95 für die Amtliche Vermessung. *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik*, 2/96.
- Bauersima, I. (1983): NAVSTAR / Global Positioning System (GPS) I – III. *Mitteilungen der Satelliten-Beobachtungsstation Zimmerwald*, Nr. 7, 10 und 12. Druckerei der Universität Bern, 1982/1983.
- Beutler G., I. Bauersima, W. Gurtner, M. Rothacher, T. Schildknecht (1987): Evaluation of the Alaska Global Positioning Campaign with the Bernese Software. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 92, No. B2, pp. 1295-1303, 1987.
- Beutler G., W. Gurtner, M. Rothacher and U. Wild (1989): The Swiss 1987 GPS Campaign: Experiences in medium size networks. Proceedings of the First International Workshop on Geodesy for the Europe-Africa Fixed Link in the Strait of Gibraltar, Madrid, Spain, March 1989.
- Beutler G. (1993): The 1992 IGS Test Campaign, Epoch'92, and the IGS Pilot Service: An Overview. In: G. Beutler and E. Brockmann (Eds.): Proceedings of the 1993 IGS Workshop, 25-26 March 1993, Astronomical Institute University of Berne, Druckerei der Universität Bern 1993.
- Beutler G., I.I. Mueller, R. Neilan (1994a): The International GPS Service for Geodynamics (IGS): Development and Start of Official Service on 1 January 1994. *Bulletin Géodésique*, Vol.68, No.1, 1994, pp.43-51.
- Beutler G., I. Mueller, R. Neilan und R. Weber (1994b): IGS - Der Internationale GPS-Dienst für Geodynamik. *Zeitschrift für Vermessungswesen*, 5/1994, pp.221-232.
- Beutler G., A. Geiger, M. Rothacher, S. Schaer, D. Schneider und A. Wiget (1995): Auswertungen der GPS-Messkampagnen. In: F. Jeanrichard (Hrsg.): Dreidimensionales Testnetz Turtmann 1985-1993, Teil II (GPS-Netz). *Geodätisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz*, Band 51, Schweizerische Geodätische Kommission, Zürich 1995.
- Boucher C. and Z. Altamimi (1989): The initial IERS Terrestrial Reference Frame. *IERS Technical Note* No. 1.
- Boucher C. and Z. Altamimi (1992): The EUREF Terrestrial Reference System and its first realisations. In: E. Gubler, K. Poder and H. Hornik (Eds.): *Veröffentlichungen der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung*. Publication Nr.1 (Heft 52), p.205-212. Verlag der Bayerischen Akademie der Wissenschaften, München 1992.
- Boucher C., Z. Altamimi and L. Duhem (1994): Results and Analysis of the ITRF93. *IERS Technical Note* 18. Observatoire de Paris, October 1994.
- Boucher C. and Z. Altamimi (1995): Specifications for reference frame fixing in the analysis of a EUREF GPS campaign. In: E. Gubler and H. Hornik (Eds.): *Veröffentlichungen der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung*. Publication No.4 (Heft 56), p.265-267, München 1995.
- Brockmann E., G. Beutler, W. Gurtner, M. Rothacher, T. Springer, L. Mervart (1993): Solutions using European GPS Observations produced at the "Center for Orbit Determination in Europe" (CODE) during the IGS Campaign. In: G. Beutler and E. Brockmann (Eds.): Proceedings of the 1993 IGS Workshop, 25-26 March 1993, Astronomical Institute University of Berne, Druckerei der Universität Bern 1993.
- Brockmann E. (1997): Combination of Solutions for Geodetic and Geodynamic Applications of the Global Positioning System (GPS). *Geodätisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz*, Band 55, Schweizerische Geodätische Kommission, Zürich 1997.
- Brockmann E. und A. Wiget (1998): LV95-CHTRF98: GPS-Messungen 1998: Auswertung der Messungen und Beurteilung der Resultate. *Technischer Bericht 98-16*, swisstopo, Wabern.
- Brockmann E. und A. Wiget (2003): Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz 'LV95': Teil 11: GPS-Landesnetz: Zweitmessung 1998 (CHTRF98-Kampagne). Konzept, Messkampagne, Auswertung (Bezugsrahmen CHTRF98) und Analyse der Resultate. *swisstopo DOKU*, (in prep.).
- Bürki B., H.-G. Kahle, E. Vermaat und D. Van Loon (1986): Laserstrahlen vom Monte Generoso zum LAGEOS Satelliten. Beitrag im Rahmen von NASA's Crustal Dynamics Project. *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik* Nr. 6/86, p. 225-231.

- Chablais H., E. Gubler, D. Schneider und A. Wiget (1988): Die geodätische Landesvermessung in der Schweiz, heute und morgen, *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik*, 4/88.
- Chablais H. (1992): Le réseau actuel de triangulation et le nouveau réseau national LV95. *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik*, 12/92.
- Chablais H., Th. Signer und B. Vogel (1995): Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz 'LV95': Teil 4: Diagnoseausgleichung der Triangulation 1. und 2. Ordnung: 'DIA93'. *Berichte aus der L+T Nr.9*, Wabern.
- Danuser G. und A. Wiget (1993): EUREF-Stationen der Schweiz: Lokale Beziehungen zwischen RETRIG/DIA und EUREF/LV95 für Chrischona, La Dôle / La Givrine, Monte Generoso, Pfänder und Zimmerwald. *Technischer Bericht 93-01*, swisstopo, Wabern, August 1993.
- Eckert V., M. Cocard und A. Geiger (1992a): COMEDIE (Collocation of Meteorological Data for Interpretation and Estimation of Tropospheric Pathdelays). Teil I: Konzept und Teil II: Resultate. IGP-Bericht Nr. 194, April 1992.
- Eckert V., M. Cocard und A. Geiger (1992b): COMEDIE (Collocation of Meteorological Data for Interpretation and Estimation of Tropospheric Pathdelays). Teil III: Software. IGP-Bericht Nr. 195, April 1992.
- Engelhardt G. (1994) EUREF-D/NL 1993 GPS Campaign – Results and Relation to ITRF91 and EUREF89. In: E. Gubler and H. Hornik (Eds.): *Veröffentlichungen der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung*. IAG Section I, Subcommission EUREF Publication Nr. 3 (Heft 54), p.116-133, München 1994.
- Geiger A. (1988): Modeling of Phase Center Variation and its Influence on GPS-Positioning. In: E. Groten und R. Strauss (Eds): *GPS-Techniques Applied to Geodesy and Surveying*. Lecture Notes in *Earth Sciences* Nr.19, Springer Verlag.
- Geiger A., M. Cocard, H. Hirter (1995): Dreidimensionale Modellierung des Refraktionsfeldes in der Atmosphäre. *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik*, Nr. 4/95, pp.254-260.
- Geiger A., H. Hirter, M. Cocard, A. Wiget, U. Wild, D. Schneider, M. Rothacher, St. Schaer, G. Beutler (1996): Mitigation of Tropospheric Effects in Local and Regional GPS Networks. Paper presented at IUGG General Assembly, Boulder, Co., July 3-4, 1995. In: *GPS Trends in Precise Terrestrial, Airborne and Spaceborne Applications*. G. Beutler, G.W. Hein, G. Seeber, W.G. Melbourne (Eds.), Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1996.
- Gubler E., D. Schneider und P. Kellerhals (1984): Bestimmung von rezenten Bewegungen der Erdkruste mit geodätischen Methoden. *Technischer Bericht 84-17 der NAGRA*, Baden, 1984.
- Gubler E. and H. Hornik (Eds.) (1994): Report on the Symposium of the IAG Subcommission for the European Reference Frame (EUREF) held in Warsaw, 8-11 June 1994. *Veröffentlichungen der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung*. Astronomisch-Geodätische Arbeiten, Heft Nr. 54; IAG Section I – Positioning, Subcommission for the European Reference Frame (EUREF) Publication No. 3, München 1994.
- Gubler E. and H. Hornik (Eds.) (1996): Report on the Symposium of the IAG Subcommission for the European Reference Frame (EUREF) held in Ankara, 22-25 May 1996. *Veröffentlichungen der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung*. Astronomisch-Geodätische Arbeiten, Heft Nr. 57; IAG Section I – Positioning, Subcommission for the European Reference Frame (EUREF) Publication No. 5, München 1996.
- Gubler E., D. Gutknecht, U. Marti, D. Schneider, Th. Signer, B. Vogel und A. Wiget (1996): Die neue Landesvermessung der Schweiz LV95. *Vermessung Photogrammetrie Kulturtechnik Nr. 2/96*, p. 47 - 65.
- Gurtner W., S. Fankhauser, W. Ehrnsperger, W. Wende, H. Friedhoff, H. Habrich, S. Botton (1992): EUREF-89 GPS Campaign – Results of the Processing by the "Berne Group". In: E. Gubler, Pöder K. and H. Hornik (Eds.): *Veröffentlichungen der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung*. IAG Section I, Subcommission EUREF Publication Nr. 1 (Heft 52), p.146-169, München 1992.

- Hirter H. und A. Geiger (1994): Zwischenbericht zum L+T Ressortforschungsauftrag: Entwicklung von 3D-Meteo-Modellen zur Korrektur der troposphärischen Refraktion bei GPS-Messungen. Institut für Geodäsie und Photogrammetrie und Laboratorium für Atmosphärenphysik, ETH Zürich, Januar 1994.
- Hirter H., V. Eckert, M. Cocard und A. Geiger (1995): COMEDIE (Collocation of Meteorological Data for Interpretation and Estimation of Tropospheric Path Delays). Software Report Version 2.0. Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich, Februar 1995.
- Hirter H. und A. Geiger (1996): COMEDIE 4D-Version. Software Report Version 3.0. Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich, Mai 1996.
- Hirter H. (1998): Mehrdimensionale Interpolation von Meteorologischen Feldern zur Berechnung der Brechungsbedingungen in der Geodäsie. Diss. ETH Nr. 11578, 1996. *Institut für Geodäsie und Photogrammetrie Mitteilungen Nr. 64*, Zürich 1998.
- Höflinger W. (1993): Entwicklung von 3D Meteo-Modellen zur Korrektur der troposphärischen Refraktion bei GPS-Messungen. *IGP-Bericht Nr. 216*, ETH Zürich, März 1993.
- Hugentobler U., S. Schaer und P. Fridez (Eds.) (2001): Bernese GPS Software Version 4.2. Astronomical Institute, University of Berne, February 2001.
- Ineichen D., W. Gurtner, T. Springer, G. Engelhardt, J. Luthardt und J. Ihde (1998): EUVN 97 Combined GPS Solution. Presented at the EUREF Symposium in Bad Neuenahr-Ahrweiler, June 10-12, 1998. In: *Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie*, Band 7, Frankfurt a. M. 1999, S. 23-46.
- Jeanrichard F. (Hrsg.), A. Geiger, H.-G. Kahle, R. Köchle, D. Meier, B. Neiningen, D. Schneider, B. Wirth (1992): Dreidimensionales Testnetz Turtmann 1985 -1990, Teil I. *Geodätisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz*, Band 45, Schweizerische Geodätische Kommission, Zürich 1992.
- Jeanrichard, F. (Hrsg.), G. Beutler, A. Geiger, M. Rothacher, S. Schaer, D. Schneider, A. Wiget (1995): Dreidimensionales Testnetz Turtmann 1985 - 1993, Teil II (GPS-Netz). *Geodätisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz*, Band 51, Schweizerische Geodätische Kommission, Zürich 1995.
- Mälzer A., H. Rösch, I. Misselwitz, M. Ebert und D. Moosmann (1988): Höhenänderungen in der Nord-Schweiz und im Südschwarzwald bis zum Bodensee. *Technischer Bericht TB 88-05 der NAGRA*, Baden, 1988.
- Marti U. (1997): Geoid der Schweiz 1997. *Geodätisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz*, Band 56, Schweizerische Geodätische Kommission, Zürich 1997.
- Marti U. und A. Schlatter (2002): Höhenreferenzsysteme und -rahmen. *Vermessung Photogrammetrie Kulturtechnik Nr. 1/2002*, p. 8-12.
- Marti U. (2002): Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz 'LV95': Teil 10: Geoid. swisstopo DOKU Bericht Nr. 16, Wabern, 2002.
- Mervart L., G. Beutler, M. Rothacher, U. Wild (1994): Ambiguity Resolution Strategies using the results of the International GPS Geodynamics Service (IGS). *Bulletin Géodésique*, Vol.68, No.1, pp.29-38.
- Moritz H. (1984): Geodetic Reference System 1980. *Bulletin géodésique*, vol. 58, No 3, p.388-398, 1984.
- Rothacher M., G. Beutler, W. Gurtner, U. Wild, D. Schneider, A. Wiget, A. Geiger und H.-G. Kahle (1990): The role of the atmosphere in small GPS networks. Second international Symposium on Precise Positioning with GPS, GPS'90. Ottawa, Canada, Sept. 1990 (p. 581-598).
- Rothacher M. (1992): Orbits of Satellite Systems in Space Geodesy. *Geodätisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz*, Band 46, Schweizerische Geodätische Kommission, Zürich 1992.
- Rothacher M., W. Gurtner, G. Beutler, T. Schildknecht, I. Bauersima [alle AIUB], E. Gubler, A. Wiget [beide swisstopo], A. Geiger, M. Cocard, H.-G. Kahle, B. Wirth [alle IGP] (1993): GRANIT. In: NFP20: Beitrag der Geodäsie zur geologischen Tiefenstruktur und Alpendynamik. *Geodätisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz*, Band 47, p. 4-21. Herausgeber: H.-G. Kahle, Schweizerische Geodätische Kommission, Zürich, 1993.
- Rothacher M. und S. Schär (1995): GPS-Auswertetechniken. In: GPS-Leistungsbilanz '94. Beiträge zum 34. DWW-Seminar vom 5.-7. Okt. 1994 am Geodätischen Institut der Universität Karlsruhe (TH). Schriftenreihe des DWW im Verlag Konrad Wittwer, Band 18, 1995.

- Rothacher M. and L. Mervart (Eds.) (1996): Bernese GPS Software Version 4.0. Astronomical Institute, University of Berne, September 1996.
- Santschi W., B. Vogel, Th. Signer und D. Gutknecht (1998): Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz 'LV95': Teil 5: GPS-Landesnetz: Netzanlage, Kennzeichnung, Dokumentation und Nachführung. *Berichte aus der L+T*, Nr. 11, Wabern, 1998.
- Santschi W. und U. Wild (2003): Fundamentalstation Zimmerwald: Lokale Einmessung. Messungen vom 7./8. Sept. 1998 und Multiepochen-Ausgleichung 1987-1998; *swisstopo report 99-18*, Feb. 2003.
- Schlatter A. und U. Marti (2002): Neues Landeshöhennetz der Schweiz LHN95. *Vermessung Photogrammetrie Kulturtechnik* Nr. 1/2002, p. 13-17.
- Schmid H. H. und S. Heggli (1978): Räumliche Koordinatentransformation. IGP-Mitteilung Nr. 23, 1978.
- Schneider D. (1987): GPS-Netz "Nordschweiz", Projekt-Entwurf, *Technischer Bericht*, swisstopo, Wabern, Juni 1987.
- Schneider D. (1989): Aufbau von GPS-Netzen in der Schweiz. Beitrag zum 22. DWV-Seminar: *Moderne Verfahren der Landesvermessung*. Universität der Bundeswehr, München, 12.-14.4.1989.
- Schneider D. und A. Wiget (1990): GPS-Netz "Neotektonik" 1988. *Technischer Bericht*, swisstopo, Wabern, April 1990.
- Schneider D. und A. Wiget (1992): Grundlagenvermessungen für Tunnelbauten des Projektes Bahn 2000. *Ingenieurvermessung 92: Beiträge zum XI. Internationalen Kurs für Ingenieurvermessung*. ETH Zürich, 21.-25. September 1992. Band 2 Dümmler, Bonn, 1992.
- Schneider D. (1993): Neues Konzept der Schweizerischen Landesvermessung: Erste Erfahrungen bei der Realisierung eines GPS-gestützten Landesnetzes. *Beitrag zum 31. DWV-Seminar: GPS - eine universelle geodätische Methode*. Technische Universität Dresden, 22. - 24. März 1993.
- Schneider D. und A. Wiget (1995a): GPS-Netz "Neotektonik Nordschweiz": Konzept und Messprogramm 1995. *Technischer Bericht 95-02*, swisstopo, Wabern, Januar 1995.
- Schneider D., E. Gubler und A. Wiget (1995b): Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz 'LV95': Teil 1: Vorgeschichte, Konzept, Projektorganisation und Planung. *Berichte aus der L+T*, Nr.6, Wabern, 1995.
- Schneider D., E. Gubler, U. Marti und W. Gurtner (2001): Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz 'LV95': Teil 3: Terrestrische Bezugssysteme und Bezugsrahmen. *Berichte aus der L+T*, Nr. 8, Wabern, 2001.
- Seeger H, W. Augath, R. Bordley, C. Boucher, B. Engen, W. Gurtner, W. Schlüter, R. Sigl (1992): Status Report on the EUREF-GPS-Campaign 1989 to the IAG EUREF Subcommission. In: E. Gubler, Pöder K. and H. Hornik (Eds.): *Veröffentlichungen der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung*. IAG Section I, Subcommission EUREF Publication Nr. 1 (Heft 52), p.26-34, München 1992.
- Signer Th., B. Vogel, R. Ammann (1995): Die Anwendung von GPS in der AV der Schweiz und deren Bezug zur neuen Landesvermessung. Beitrag zum 34. DWV-Seminar: *GPS-Leistungsbilanz '94*. Karlsruhe, 5.-7.10.94.
- Signer Th. und B. Vogel (1999): Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz 'LV95': Teil 9: GPS-Landesnetz: Verdichtung und Bezug zur bisherigen Landesvermessung. Transformation 'LV95 ↔ LV03'. *Berichte aus der L+T*, Nr.15, Wabern, 1999.
- Signer Th., und B. Vogel (2000): Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz 'LV95': Teil 8: Gesamtausgleichungen des GPS-Landesnetzes mit dem Diagnosenetz der Triangulation 1. und 2. Ordnung 'DIA95'. *Berichte aus der L+T*, Nr.14, Wabern, 2000.
- Signer Th. (2002): Landesvermessung LV95: Übersicht und Stand des Projektes. *Vermessung Photogrammetrie Kulturtechnik* Nr. 1/2002, p. 4-7.
- Vogel B., D. Gutknecht, W. Santschi, Th. Signer, und A. Wiget (1996): Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz 'LV95': Teil 6: GPS-Landesnetz: GPS-Messungen 1988-94. *Berichte aus der L+T*, Nr.12, Wabern, 1997.

- Wiget A. (1990): Transformation von Landeskoordinaten CH-1903 in WGS-84 Koordinaten. Bundesamt für Landestopographie, August 1990.
- Wiget A. und D. Schneider (1990a): BAHN 2000: Basel - Olten: WISENBERG-Tunnel. Teil 1: Grundlagenvermessung mit GPS. *Technischer Bericht*, swisstopo, Wabern, Juni 1990.
- Wiget A., D. Schneider, E. Gubler, G. Beutler und U. Wild (1990b): High precision regional crustal motion network in Switzerland. *Paper presented at the Second International Symposium with the Global Positioning System, GPS'90*, Ottawa, Canada, 3.-7. Sept. 1990.
- Wiget A., E. Gubler und D. Schneider (1991a): GPS-Präzisionsnetz zur Bestimmung von rezenten Krustenbewegungen in der Nordschweiz. *Vermessung Photogrammetrie Kulturtechnik* Nr. 8/91, p. 415-426.
- Wiget A., Th. Signer und D. Schneider (1991b): A National High-Precision GPS Reference Network for Switzerland. *Paper presented at the XXth General Assembly of the IUGG*, Vienna, Austria, 11.-24. August 1991.
- Wiget A., D. Schneider und B. Vogel (1994): Die neue Landesvermessung LV95 der Schweiz. *Zeitschrift für Satellitengestützte Positionierung, Navigation und Kommunikation SPN*, Nr. 1/94, März 1994, p. 13-20.
- Wiget A., E. Gubler und D. Schneider (1996): GPS-Netz NEOTEKTONIK NORDSCHWEIZ: Messkampagne 1995 und Deformations-Grobanalyse 1988-1995. *Technischer Bericht* 96-05, swisstopo, Wabern, Juni 1996.
- Wiget A. (1996a): Swiss GPS Campaigns for the densification of EUREF and the establishment of the new national network 'LV95'. In: E. Gubler and H. Hornik (Eds.): *Veröffentlichungen der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung*. IAG Section I, Subcommission EUREF Publication Nr. 5 (Heft 57), p.73-84, München 1996 und ebenfalls abgelegt als *Technischer Bericht* 96-12, swisstopo, Wabern, 1996.
- Wiget A. (1996b): Berner GPS Software V 4.0 an der L+T. Anleitung für Standardauswertungen. L+T *Technischer Bericht* 96-30, Dezember 1996.
- Wiget A. (1998): LV95-CHTRF98: GPS-Messungen 1998: Messkampagne vom 10.08.-25.09.1998. *Technischer Bericht* 98-15, swisstopo, Wabern, 1998.
- Wild U. und G. Beutler (1991): Deterministische und stochastische Ionosphärenmodelle. *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik*, Nr. 6/91, p. 298-302.
- Wild U. (1993): Ionosphere and Ambiguity Resolution. *Proceedings of the 1993 IGS Workshop*, p. 361-369, Bern, 25.-26. April 1993.
- Wild U. und W. Gurtner (1995): Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz 'LV95': Teil 2: Geostation Zimmerwald: Satellite Laser Ranging (SLR) und GPS-Permanentbetrieb. *Berichte aus der L+T*, Nr. 7, Wabern, 1995.
- Wild U., E. Brockmann, S. Grünig, R. Hug, Ch. Just, P. Kummer, Th. Signer und F. Wicki (2001): Automatisches GPS-Netz Schweiz (AGNES). *Technischer Bericht* 00-43, swisstopo, Wabern.
- Wirth B., B. Bürki und A. Geiger [alle IGP], A. Wiget und D. Schneider [beide swisstopo] (1993): GPS Linie Visp - Zermatt. In: NFP20: Beitrag der Geodäsie zur geologischen Tiefenstruktur und Alpendynamik. *Geodätisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz*, Band 47, p.50-92. Herausgeber: H.-G. Kahle, Schweizerische Geodätische Kommission, Zürich, 1993.

Spezielle Technische Berichte zu den Messungen und Auswertungen der LV95-Netze/-Teilkampagnen:

OP-Band	Operatsband SH 1992	
TB 89-01	F. Eggenberg, D. Schneider	Staumauer "In den Schlagen" (Etzel, Sihlsee) Technischer Bericht XIX
TB 1992	D. Schneider, A. Wiget	Staumauer "In den Schlagen" (Etzel, Sihlsee) Geodätisches Messkonzept 1989
TB 1993	Th. Signer	Réseau GPS du Canton de Genève [vgl. M. Stahl: Travail pratique de diplôme, EPFL 26.2.1993]
TB 95-30	Th. Signer	LV95-89: Messungen und Berechnungen Teilnetz 1989
TB 95-31	B. Vogel	LV95-90: Messungen und Berechnungen Teilnetz 1990
TB 95-32	D. Gutknecht, Th. Signer	LV95-91: Messungen und Berechnungen Teilnetz 1991
TB 95-33	D. Gutknecht, Th. Signer	LV95-91A: Anschlusskampagne 1991
TB 95-34	W. Santschi, U. Wild	LV95-92: Messungen und Berechnungen Teilnetz 1992
TB 95-35	W. Santschi, A. Wiget	LV95-92A: Anschlusskampagne 1992
TB 95-36	D. Gutknecht, U. Wild	LV95-94A: Anschlusskampagne 1994
TB 95-37	W. Santschi, Th. Signer	LV95-94Oberarth: Ergänzungsnetz Oberarth 1994
TB 95-14	Th. Signer, W. Santschi A. Wiget	Bahn 2000: Mattstetten-Rothrist, GPS-Grundlagennetz 1994
TB 94-05	A. Wiget	AlpTransit (NEAT): Lötschberg-Basistunnel: Grundlagenvermessung
TB 95-29	U. Wild, W. Santschi	AlpTransit: Gotthard-Basistunnel: Grundlagenvermessung Mit GPS: Verdichtung von LV95 (Provisorische Resultate)
TB 96-09	U. Wild	AlpTransit: Gotthard-Basistunnel: Grundlagenvermessung Mit GPS: Verdichtung von LV95 (Definitive Resultate)
TB 96-01	F. Eggenberg	Senkungsmessungen Zug Mai 1995

Abkürzungen und Begriffe

AIUB	Astronomisches Institut der Universität Bern	ETRFyy	European Terrestrial Reference Frame des Jahres 19yy
AGNES	Automatisches GPS-Netz der Schweiz von swisstopo	ETRS89	European Terrestrial Reference System 1989
AGREF	Österreichisches GPS Referenznetz	EUREF-89	Europäisches GPS-Referenznetz 1989
ANETZ	Automatisches Netz von Meteo Schweiz	EUREF-CH92	schweiz. GPS-Messkampagne im EUREF-Teilnetz 1992
AV	Amtliche Vermessung	EUREF-D/NL93	GPS-Messkampagne im EUREF-Teilnetz D/NL 1993
BTS87	Bureau International de l'Heur (BIH) Terrestrial Reference System 1987	ETHZ	Eidg. Technische Hochschule Zürich
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (vormals IfAG), Frankfurt, D	GEOREF	Software für die geodätische Koordinatentransformation (swisstopo)
CERCO	Comité Européen des Responsables de la Cartographie Officielle	GGL	Geodäsie und Geodynamik Labor
CH1903	schweiz. geodätisches Datum, definiert 1903	GPS	Global Positioning System
CHKM95	kinematisches Modell 1995	GRS80	Geodetic Reference System 1980
CHTRF95	globaler Bezugsrahmen der Landesvermessung 1995	IAG	International Association of Geodesy
CHTRS95	globales Bezugssystem der Landesvermessung 1995	IGS	International GPS Service (for Geodynamics)
CIGNET	Cooperative International GPS Network	IGP	Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich
CODE	Center for Orbit Determination in Europe	ITRFyy	IERS Terrestrial Reference Frame des Jahres 19yy
DIAyy	Diagnoseausgleichung der Triangulation 1. und 2. Ordnung (Version des Jahres 19yy)	ITRS	IERS Terrestrial Reference System
DMA	U.S. Defense Mapping Agency	IERS	International Earth Rotation Service
DREF	Deutsches Referenznetz	LAPETH	Laboratorium für Atmosphärenphysik der ETHZ
ENAD	Meteo-Datenbank von MeteoSchweiz	LHN95	Landeshöhennetz 1995
		LVyy	Bezugsrahmen der Landesvermessung 19yy

NAGRA	Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle	RINEX	Receiver Independent Exchange Format für GPS-Messdaten
NFP20	Nationales Forschungsprogramm Nr. 20	RMS	Root Mean Square
NGS	National Geodetic Survey	SMA	Schweizerische Meteorologische Anstalt, (heute MeteoSchweiz)
NNR-NUVEL1	Version von NUVEL1 ohne Netzrotation	SLR	Satellite Laser Ranging
NSWC	Naval Surface Warfare Center	SGK	Schweiz. Geodätische Kommission
NUVEL1	kinematisches Modell der Plattentektonik	TB	Technischer Bericht
ppm	parts per million	TWG	Technical Working Group
RETrig	Réseau européen de la triangulation (Europäisches Triangulationsnetz)	VLBI	Very Long Baseline Interferometry
		WGS84	World Geodetic System 1984 (GPS-Bezugssystem)

swisstopo Doku Nr. 13
Anhang A2

Übersicht über das Gesamtnetz LV95

LV95 Haupt- und Verdichtungspunkte

○ Hauptpunkte
● Verdichtungspunkte

0 km 20 km 40 km 60 km 80 km 100 km



swisstopo Doku Nr. 13

Anhang A3

Übersicht über alle Teilkampagnen von LV95

In LV95 sind folgende GPS-Messkampagnen integriert worden (chronologisch geordnet):

Schaffhausen 1988: 21.06.1988

Allgemeine Angaben	GPS-Empfänger Kampagnenspezif. Files	Tageslösungen Beobachtungen			Sigma der Single Diff. Meteo-Version:			
		Namen	Files	20° / 15°	S	O	N	L
2 Stationen 1 Tag 2 Files L1 1 Tropoparam.	Trimble 4000SL PHASECC.N88 BR1D7373.STD	SCHA173	2	2637 / 2925	6.1	6.1	6.1	6.7

Neotektonik 1988: 13.-28.10.1988

Allgemeine Angaben	GPS-Empfänger Kampagnenspezif. Files	Tageslösungen Beobachtungen			Sigma der Single Diff. Meteo-Version:			
		Namen	Files	20° / 15°	S	O	N	L
36 Stationen 13 Tage 29 Files L3 100 Files L1 1 Tropoparam.	Trimble 4000S Trimble 4000SD PHASECC.N88 NEOWIS88.STD NEOWIS88.RPR NEOWIS88.ION NEOWIS88.CLK	NEO287 NEO288 NEO289 NEO291 NEO292 NEO293 NEO294 NEO295 NEO298 NEO299 NEO300 NEO301 NEO302	11 10 8 11 10 10 10 12 9 8 10 10 10	29930 / 31939 31079 / 33262 21788 / 22785 31479 / 33118 31086 / 32990 33480 / 35729 32133 / 34756 31922 / 34040 29896 / 32316 27130 / 29157 32945 / 35165 34110 / 36622 33517 / 36116	4.2 3.8 3.4 7.3 6.2 7.7 7.6 4.1 4.1 6.7 7.1 6.1 6.3	4.3 3.8 3.4 7.3 6.2 7.9 7.6 4.1 4.4 6.5 7.1 6.2 6.3	4.3 3.8 3.4 7.4 6.2 7.9 7.6 4.1 4.1 6.6 7.1 6.2 6.3	4.7 4.1 3.5 7.5 7.8 8.6 8.6 4.2 4.5 7.6 7.4 6.5 6.6

Etzel (In den Schlägen) 1989: 6.-7.09.1989

Allgemeine Angaben	GPS-Empfänger Kampagnenspezif. Files	Tageslösungen Beobachtungen			Sigma der Single Diff. Meteo-Version:			
		Namen	Files	20° / 15°	S	O	N	L
6 Stationen 2 Tage 6 Files L3 6 Files L1 1 Tropoparam.	Trimble 4000SL Trimble 4000SLD PHASECC.E89 ETZEL89.STD ETZEL89.RPR ETZEL89.ION ETZEL89.CLK	ETZE249S ETZE250S ETZE249O ETZE250O	7 5 4 2	14288 / 14698 14493 / 15026 11605 5012	5.1 5.2 	 5.4 4.9	5.1 5.2 	5.2 5.3

LV95-1989: 19.-30.09.1989

Allgemeine Angaben	GPS-Empfänger Kampagnenspezif. Files	Tageslösungen			Sigma der Single Diff.			
		Beobachtungen			Meteo-Version:			
		Namen	Files	20° / 15°	S	O	N	L
47 Stationen	Trimble 4000SX	LV89262	10	24627 / 25464	3.1	3.0	3.1	3.3
10 Tage	Trimble 4000SL	LV89263	9	24946 / 25874	2.9	3.0	3.0	3.2
65 Files L3	Trimble 4000SLD	LV89264	10	26776 / 27686	3.5	3.6	3.6	3.6
21 Files L1	PHASECC.L89	LV89265	10	27236 / 28200	3.8	3.7	3.8	4.1
1 Tropoparam.	PR1D6273.STD	LV89268	9	24339 / 25009	3.3	3.2	3.3	3.4
	PR1D6273.RPR	LV89269	9	22194 / 22875	2.6	2.6	2.7	2.8
	LV89.ION	LV89270	9	24408 / 25098	2.9	2.9	3.0	3.1
	DMA.CLK	LV89271	9	23735 / 24584	3.0	3.1	3.1	3.2
		LV89272	8	20767 / 21355	3.0	2.9	3.0	3.2
		LV89273	3	8300 / 8417	3.0	3.1	3.2	3.2

LV95-1990: 08.-18.10.1990

Allgemeine Angaben	GPS-Empfänger Kampagnenspezif. Files	Tageslösungen			Sigma der Single Diff.			
		Beobachtungen			Meteo-Version:			
		Namen	Files	20° / 15°	S	O	N	L
75 Stationen	Trimble 4000SL	LV90281	14	58415 / 61937	2.9	2.9	2.9	3.0
9 Tage	Trimble 4000SD	LV90282	18	54488 / 57651	3.1	3.0	3.1	3.2
103 Files L3	Trimble 4000SLD	LV90283	14	49343 / 53537	3.2	3.2	3.2	3.3
32 Files L1	Trimble 4000STD	LV90284	16	60366 / 64142	3.1	3.1	3.1	3.3
2 Tropoparam.	Trimble 4000SST	LV90285	14	53177 / 56930	3.1	3.1	3.1	3.4
	PHASECC.L90							
		LV90288	16	55682 / 59177	3.0	3.0	3.1	3.2
	PR1D8191.STD	LV90289	14	54923 / 59287	2.9	3.1	2.9	3.1
	PR1D8191.RPR	LV90290	15	61469 / 65702	4.0	4.0	4.0	4.3
	LV90.ION	LV90291	14	61103 / 65553	3.7	3.7	3.7	3.9
	LV90.CLK							

LV95-1991: 09.-19.09.1991

Allgemeine Angaben	GPS-Empfänger Kampagnenspezif. Files	Tageslösungen			Sigma der Single Diff.			
		Beobachtungen			Meteo-Version:			
		Namen	Files	20° / 15°	S	O	N	L
51 Stationen	Trimble 4000SL	LV91252	15	63159 / 68813	3.4	3.4	3.4	3.8
9 Tage	Trimble 4000SLD	LV91253	15	65932 / 71495	4.4	4.4	4.3	4.6
96 Files L3	Trimble 4000STD	LV91254	17	61952 / 66099	3.9	4.1	3.9	4.0
30 Files L1	Trimble 4000SST	LV91255	14	63571 / 70131	3.7	3.6	3.7	3.9
2 Tropoparam.	PHASECC.L91	LV91256	12	55749 / 61981	3.7	4.0	3.6	3.9
	PR1D5262.STD	LV91259	12	52502 / 57396	3.4	3.9	3.4	3.8
		LV91260	12	57042 / 62458	5.0	5.1	5.0	5.7
	LV91.ION	LV91261	14	60717 / 65452	3.7	3.7	3.7	3.9
	PR1D5262.CLK	LV91262	14	62128 / 68569	4.2	5.2	4.2	4.5

EUREF-CH92: 03.-07.08.1992

Allgemeine Angaben	GPS-Empfänger Kampagnenspezif. Files	Tageslösungen Beobachtungen			Sigma der Single Diff. Meteo-Version:			
		Namen	Files	20° / 15°	S	O	N	L
7 Stationen 5 Tage 50 Files L3 6 Tropoparam.	Trimble 4000SLD	EUCH216	10	19923 / 22114	4.4	4.3	4.3	4.7
	Trimble 4000SST	EUCH217	10	29851 / 33662	4.0	3.8	3.8	4.4
	ROGUE	EUCH218	10	29923 / 33685	3.8	3.2	3.3	3.7
	PHASECC.ECH	EUCH219	10	34863 / 39144	4.5	3.8	3.8	4.4
		EUCH220	10	30822 / 34376	4.6	4.3	4.2	5.0
	PHASECC.E92	ERCH216	10	19923 / 22114	4.3		4.1	4.5
		ERCH217	10	29851 / 33662	4.0		3.7	4.2
	PR1D1620.STD	ERCH218	10	29923 / 33685	3.5		3.2	3.5
	PR1D1620.RPR	ERCH219	10	34863 / 39144	4.0		3.7	4.3
	EUREFCH.CLK	ERCH220	10	30822 / 34376	4.3		4.1	4.8

LV95-1991A: 24.-28.08.1992

Allgemeine Angaben	GPS-Empfänger Kampagnenspezif. Files	Tageslösungen Beobachtungen			Sigma der Single Diff. Meteo-Version:			
		Namen	Files	20° / 15°	S	O	N	L
34 Stationen 5 Tage 35 Files L3 1 Tropoparam.	Trimble 4000SLD	LA91237	9	22639 / 24324	3.0	3.0	2.9	3.3
	Trimble 4000STD	LA91238	10	21410 / 22039	2.4	2.5	2.5	2.6
	Trimble 4000SST	LA91239	5	14002 / 14759	3.0	3.1	3.1	3.4
	PHASECC.L92	LA91240	9	20257 / 21007	2.8	2.9	2.8	3.0
		LA91241	2	2896	6.0	6.0	-	-
	CODE2428.STD							
	IONMOD.ION CL2428.CLK							

LV95-1992: 07.-17.09.1992

Allgemeine Angaben	GPS-Empfänger Kampagnenspezif. Files	Tageslösungen Beobachtungen			Sigma der Single Diff. Meteo-Version:			
		Namen	Files	20° / 15°	S	O	N	L
31 Stationen 9 Tage 88 Files L3 2 Tropoparam.	Trimble 4000SLD	LV92251	10	43458 / 47036	2.7	2.7	2.7	2.9
	Trimble 4000STD	LV92252	10	42621 / 44644	2.7	2.7	2.7	2.8
	Trimble 4000SST	LV92253	11	51730 / 54034	3.4	3.4	3.4	3.6
	PHASECC.L92	LV92254	10	39627 / 41629	4.6	4.7	4.7	4.9
		LV92255	9	42085 / 45135	3.9	3.8	3.8	4.1
	PR1D5161.STD							
	PR1D5161.RPR	LV92258	9	39253 / 41100	3.7	3.7	3.7	3.8
		LV92259	10	41095 / 43299	2.7	2.7	2.7	2.9
	SATCLK.CLK	LV92260	9	39026 / 40695	2.9	3.1	2.9	3.0
		LV92261	10	42131 / 44833	2.5	2.4	2.4	2.7

EUREF-D/NL93: 10.-14.05.1993

Allgemeine Angaben	GPS-Empfänger Kampagnenspezif. Files	Tageslösungen Beobachtungen			Sigma der Single Diff. Meteo-Version:			
		Namen	Files	20° / 15°	S	O	N	L
ZIMM, CHRIS, PFAE 5 Tage 10 Files L3 6 Tropoparam.	Trimble 4000SSE PHASECC.L93	EUD130	2	37882 / 44385	4.2	4.1	4.1	4.9
		EUD131	2	40177 / 46673	2.9	2.8	2.8	3.4
		EUD132	2	41350 / 47958	2.9	2.9	2.9	3.7
	CO130135.STD CO130135.RPR BR130135.CLK	EUD133	2	38953 / 45329	2.7	2.8	2.8	3.2
		EUD134	2	39283 / 45771	2.7	2.7	2.7	3.4

Allgemeine Angaben	GPS-Empfänger Kampagnenspezif. Files	Tageslösungen Beobachtungen			Sigma der Single Diff. Meteo-Version:			
		Namen	Files	20°	S	O	N	L
Teil Deutschland inkl. Wett, Graz 5 Tage 26 Files L3 6 Tropoparam.	Trimble 4000SSE PHASECC.L93	DREFTDE1	5	97540	3.3			
		DREFTDE2	5	91218	2.9			
		DREFTDE3	5	98247	3.6			
	CO130135.STD CO130135.RPR BR130135.CLK	DREFTDE4	6	89326	3.2			
		DREFTDE5	5	98755	3.2			

LV95-1992A: 30.08. - 03.09.1993

Allgemeine Angaben	GPS-Empfänger Kampagnenspezif. Files	Tageslösungen Beobachtungen			Sigma der Single Diff. Meteo-Version:			
		Namen	Files	20° / 15°	S	O	N	L
32 Stationen 5 Tage 33 Files L3 1 Tropoparam.	Trimble 4000S Trimble 4000S PHASECC.L93	LA92242	6	24613 / 26501	2.0	2.0	2.1	2.4
		LA92243	6	23893 / 24816	3.4	3.4	3.5	3.7
		LA92244	9	36620 / 40501	3.4	3.3	3.4	3.9
		LA92245	6	28939 / 30554	2.1	2.0	2.1	2.4
	LV92A.STD LV92A.RPR LV92A.CLK	LA92246	6	26771 / 28923	2.6	2.6	2.5	2.9

GENF: 26. - 28.01.1993

Allgemeine Angaben	GPS-Empfänger Kampagnenspezif. Files	Tageslösungen Beobachtungen			Sigma der Single Diff. Meteo-Version:			
		Namen	Files	20° / 15°	S	O	N	L
9 Stationen 3 Tage 19 Files L3 1 Tropoparam.	SR299 PHASECC.	GENF026	6	47904 / 53483	3.3	3.3	3.3	3.7
		GENF027	6	45948 / 51666	2.9	2.9	2.9	3.5
		GENF028	7	48924 / 54504	3.0	3.0	3.0	3.5
	CODE2628.STD CL2628.CLK							

TURTMANN: 27.09. - 01.10.1993

Allgemeine Angaben	GPS-Empfänger Kampagnenspezif. Files	Tageslösungen Beobachtungen			Sigma der Single Diff. Meteo-Version:			
		Namen	Files	20° / 15°	S	O	N	L
3 Stationen	Trimble 4000SSE	TURT931	3	22433 / 25062	2.3		2.3	2.6
4 Tage	PHASECC.L93	TURT932	3	21056 / 23656	2.3		2.3	2.6
12 Files L3		TURT933	3	22197 / 24829	2.3		2.3	2.6
6 Tropoparam.	PR931934.STD	TURT934	3	21696 / 24263	2.4		2.4	2.7

NEAT: 21. - 22.03.1994

Allgemeine Angaben	GPS-Empfänger Kampagnenspezif. Files	Tageslösungen Beobachtungen			Sigma der Single Diff. Meteo-Version:			
		Namen	Files	20° / 15°	S	O	N	L
9 Stationen	Trimble 4000SSE	NEAT080	11	90664 / 98997	2.7	2.7	2.8	3.0
2 Tage	PHASECC.L94	NEAT081	9	89809 / 97847	2.8	2.8	2.8	3.1
20 Files L3								
6 Tropoparam.	NEAT94.STD NEAT94.RPR NEAT94.CLK							

LV95-1994: 28.03. - 29.03.1994

Allgemeine Angaben	GPS-Empfänger Kampagnenspezif. Files	Tageslösungen Beobachtungen			Sigma der Single Diff. Meteo-Version:			
		Namen	Files	20° / 15°	S	O	N	L
11 Stationen	Trimble 4000SSE	LV94087	12	79044 / 88268	2.3	2.3	2.3	3.1
2 Tage	PHASECC.L94	LV94088	9	62611 / 70385	2.2	2.2	2.2	2.7
21 Files L3								
3 Tropoparam.	CODE8788.STD CL8788.CLK							

LV95-1994A: 15.08. - 24.08.1994 (Anschlüsse)

Allgemeine Angaben	GPS-Empfänger Kampagnenspezif. Files	Tageslösungen Beobachtungen			Sigma der Single Diff. Meteo-Version:			
		Namen	Files	20° / 15°	S	O	N	L
46 Stationen	Trimble 4000SSE	LA94227	5	19182 / 21191	2.7	2.6	2.6	3.0
9 Tage	PHASECC.L94	LA94228	5	18063 / 20032	2.1	2.1	2.2	2.6
47 Files L3		LA94229	5	17244 / 18656	5.2	5.2	4.9	5.3
		LA94230	5	18783 / 20737	2.9	2.9	2.8	3.2
1 Tropoparam.	CD1D2736.STD	LA94231	5	16637 / 17329	2.3	2.2	2.2	2.3
	94A.CLK	LA94232	5	17150 / 18786	3.6	3.5	3.3	3.5
		LA94234	5	19573 / 21124	3.4	3.3	3.6	3.9
		LA94235	7	16787 / 18306	2.7	2.7	2.6	3.0
		LA94236	5	16853 / 18425	4.5	4.5	4.4	5.0

LV95-1994V: 12.09. - 15.09.1994 (Verdichtung LV95 Engelberg / Bahn 2000)

Allgemeine Angaben	GPS-Empfänger Kampagnenspezif. Files	Tageslösungen			Sigma der Single Diff.			
		Beobachtungen			Meteo-Version:			
		Namen	Files	20° / 15°	S	O	N	L
21 Stationen	Trimble 4000SSE	VV94255	10	123567/139682	2.5	2.5	2.5	2.9
4 Tage	PHASECC.94V	VV94256	11	170968/192794	2.8	2.8	2.8	3.1
42 Files L3		VV94257	10	150167/165962	3.2	3.3	3.1	3.5
3 Tropoparam.	CD1D5559.STD	VV94258	11	147567/162551	3.0	3.0	3.0	3.6
	CD1D5559.RPR							
	CD1D5559.CLK							

LV95 – Gesamtlösung mit dem Programm ADDNEQ

Bernese GPS Software Version 3.5

**Auszug aus der
Kombination aller Einzelsessionen**

COMBINATION OF NORMAL EQUATIONS OF DIFFERENT SOLUTIONS 31-JAN-96 13:21

LIST OF INPUT AND OUTPUT FILENAMES

GENERAL CONSTANTS : X:/GEN/CONST.
POLE INFORMATION (SCRATCH) : /TMPGPS/ADDNE1.SCR
LOCAL GEODETIC DATUM : X:/GEN/DATUM.
APRIORI COORDINATES : P:/LV95.CMB/STA/LV95APR.CRD
SPECIAL FIXING VELOCITIES : ---
A PRIORI VELOCITY FIELD : ---
SPECIAL FIXING COORDINATES : P:/LV95.CMB/STA/LV95APR.CRD
COORDINATE RESULTS : P:/LV95.CMB/STA/LV95DEF.CRD
VAR/COVAR MATRIX COORD. : P:/LV95.CMB/STA/LV95DEF.COV
VAR/COVAR MATRIX TOTAL : P:/LV95.CMB/STA/LV95DEF.COT
IONOSPHERE RESULTS : ---
NORMAL EQUATIONS OUTPUT : P:/LV95.CMB/STA/LV95DEF.NEQ
PLOT RESULTS : ---
VELOCITY RESULTS : ---
TROPOSPHERE CORRECTIONS : ---
EARTH ROTATION PARAMETERS : ---
IERS FORMAT ERP OUTPUT : ---
TRANSLATION TABLE (NUVEL1) : ---
HELMERT TRANSFORMATION PARAM: ---
INTERNAL AUX.FILE : /TMPGPS/ADDNEQ.SCR

LIST OF NORMAL EQUATION FILES

NUMBER OF NORMAL EQUATION FILES: 101

FILE	NAME	#PAR	TITLE
1	P:/SCHAFF88/OUT/SCHA173N.NEQ	7	SCHAFF88 SCHAFFHAUSEN 1988: 21. JUNI 1988
2	P:/NE088/OUT/NE0287N.NEQ	43	WISENBERG 1988-1, NE088/WISEN88 NEOTEKTONIK 1988: SESS. 287, ANETZ 20
3	P:/NE088/OUT/NE0288N.NEQ	43	WISENBERG 1988-1, NE088/WISEN88 NEOTEKTONIK 1988: SESS. 288, ANETZ 20
4	P:/NE088/OUT/NE0289N.NEQ	31	WISENBERG 1988-1, NE088/WISEN88 NEOTEKTONIK 1988: SESS. 289, ANETZ 20
5	P:/NE088/OUT/NE0291N.NEQ	43	NEOTEKTONIK 1988, NE088/WISEN88 NEOTEKTONIK 1988: SESS. 291, ANETZ 20
6	P:/NE088/OUT/NE0292N.NEQ	43	NEOTEKTONIK 1988, NE088/WISEN88 NEOTEKTONIK 1988: SESS. 292, ANETZ 20
7	P:/NE088/OUT/NE0293N.NEQ	43	NEOTEKTONIK 1988, NE088/WISEN88 NEOTEKTONIK 1988: SESS. 293, ANETZ 20
8	P:/NE088/OUT/NE0294N.NEQ	43	NEOTEKTONIK 1988, NE088/WISEN88 NEOTEKTONIK 1988: SESS. 294, ANETZ 20
9	P:/NE088/OUT/NE0295N.NEQ	43	WISENBERG 1988-2, NE088/WISEN88 NEOTEKTONIK 1988: SESS. 295, ANETZ 20
10	P:/NE088/OUT/NE0298N.NEQ	39	WISENBERG 1988-2, NE088/WISEN88 NEOTEKTONIK 1988: SESS. 298, ANETZ 20
11	P:/NE088/OUT/NE0299N.NEQ	35	NEOTEKTONIK 1988, NE088/WISEN88 NEOTEKTONIK 1988: SESS. 299, ANETZ 20 (OHNE ZIMM, HBG)

FILE	NAME	#PAR	TITLE
12	P:/NE088/OUT/NE0300N.NEQ	43	NEOTEKTONIK 1988, NE088/WISEN88
13	P:/NE088/OUT/NE0301N.NEQ	43	NEOTEKTONIK 1988: SESS. 300, ANETZ 20
14	P:/NE088/OUT/NE0302N.NEQ	43	NEOTEKTONIK 1988, NE088/WISEN88
15	P:/ETZEL89/OUT/ETZE249N.NEQ	23	NEOTEKTONIK 1988: SESS. 301, ANETZ 20
16	P:/ETZEL89/OUT/ETZE250N.NEQ	23	NEOTEKTONIK 1988: SESS. 302, ANETZ 20
17	P:/LV95.89/OUT/LV89262N.NEQ	39	ETZEL 1989
18	P:/LV95.89/OUT/LV89263N.NEQ	39	ETZEL 1989: TAG 249, ANETZ 20
19	P:/LV95.89/OUT/LV89264N.NEQ	43	ETZEL 1989
20	P:/LV95.89/OUT/LV89265N.NEQ	43	ETZEL 1989: TAG 250, ANETZ 20
21	P:/LV95.89/OUT/LV89268N.NEQ	39	LV 95
22	P:/LV95.89/OUT/LV89269N.NEQ	39	LV95.89: TAG 262, ANETZ 20
23	P:/LV95.89/OUT/LV89270N.NEQ	39	LV 95
24	P:/LV95.89/OUT/LV89271N.NEQ	39	LV95.89: TAG 263, ANETZ 20
25	P:/LV95.89/OUT/LV89272N.NEQ	35	LV 95
26	P:/LV95.89/OUT/LV89273N.NEQ	15	LV95.89: TAG 264, ANETZ 20
27	P:/LV95.90/OUT/LV90281N.NEQ	73	LV 95
28	P:/LV95.90/OUT/LV90282N.NEQ	73	LV95.89: TAG 265, ANETZ 20
29	P:/LV95.90/OUT/LV90283N.NEQ	73	LV 95
30	P:/LV95.90/OUT/LV90284N.NEQ	83	LV95.89: TAG 268, ANETZ 20
31	P:/LV95.90/OUT/LV90285N.NEQ	73	LV 95
32	P:/LV95.90/OUT/LV90288N.NEQ	68	LV95.89: TAG 269, ANETZ 20
33	P:/LV95.90/OUT/LV90289N.NEQ	73	LV 95
34	P:/LV95.90/OUT/LV90290N.NEQ	78	LV95.89: TAG 270, ANETZ 20
35	P:/LV95.90/OUT/LV90291N.NEQ	73	LV 95
36	P:/LV95.91/OUT/LV91252N.NEQ	68	LV95.89: TAG 271, ANETZ 20
37	P:/LV95.91/OUT/LV91253N.NEQ	68	LV 95
38	P:/LV95.91/OUT/LV91254N.NEQ	68	LV95.89: TAG 272, ANETZ 20
39	P:/LV95.91/OUT/LV91255N.NEQ	63	LV 95
40	P:/LV95.91/OUT/LV91256N.NEQ	58	LV95.89: TAG 273, ANETZ 20
41	P:/LV95.91/OUT/LV91259N.NEQ	58	LV95.90
42	P:/LV95.91/OUT/LV91260N.NEQ	58	LV95.90: TAG 281, ANETZ 20
			LV95.90: TAG 282, ANETZ 20
			LV95.90: TAG 283, ANETZ 20
			LV95.90: TAG 284, ANETZ 20
			LV95.90: TAG 285, ANETZ 20
			LV95.90: TAG 288, ANETZ 20
			LV95.90: TAG 289, ANETZ 20
			LV95.90: TAG 290, ANETZ 20
			LV95.90: TAG 291, ANETZ 20
			LV95.91
			LV95.91: TAG 252, ANETZ 20
			LV95.91
			LV95.91: TAG 253, ANETZ 20
			LV95.91
			LV95.91: TAG 254, ANETZ 20
			LV95.91
			LV95.91: TAG 255, ANETZ 20
			LV95.91
			LV95.91: TAG 256, ANETZ 20
			LV95.91
			LV95.91: TAG 259, ANETZ 20
			LV95.91
			LV95.91: TAG 260, ANETZ 20

FILE	NAME	#PAR	TITLE
43	P:/LV95.91/OUT/LV91261N.NEQ	63	LV95.91 LV95.91: TAG 261, ANETZ 20
44	P:/LV95.91/OUT/LV91262N.NEQ	63	LV95.91 LV95.91: TAG 262, ANETZ 20
45	P:/EUREF-CH/OUT/ERCH216N.NEQ	51	EUREFCH, EUREF-CH EUREF-CH'92: SESS. 216, ANETZ 20
46	P:/EUREF-CH/OUT/ERCH217N.NEQ	51	EUREFCH, EUREF-CH EUREF-CH'92: SESS. 217, ANETZ 20
47	P:/EUREF-CH/OUT/ERCH218N.NEQ	51	EUREFCH, EUREF-CH EUREF-CH'92: SESS. 218, ANETZ 20
48	P:/EUREF-CH/OUT/ERCH219N.NEQ	51	EUREFCH, EUREF-CH EUREF-CH'92: SESS. 219, ANETZ 20
49	P:/EUREF-CH/OUT/ERCH220N.NEQ	51	EUREFCH, EUREF-CH EUREF-CH'92: SESS. 220, ANETZ 20
50	P:/LV95.91A/OUT/LA91237N.NEQ	39	LV95.91A LV95.91A: TAG 237, ANETZ 20
51	P:/LV95.91A/OUT/LA91238N.NEQ	35	LV95.91A LV95.91A: TAG 238, ANETZ 20
52	P:/LV95.91A/OUT/LA91239N.NEQ	23	LV95.91A LV95.91A: TAG 239, ANETZ 20
53	P:/LV95.91A/OUT/LA91240N.NEQ	35	LV95.91A LV95.91A: TAG 240, ANETZ 20
54	P:/LV95.92/OUT/LV92251N.NEQ	48	LV95.92 LV95.92: TAG 251, ANETZ 20
55	P:/LV95.92/OUT/LV92252N.NEQ	53	LV95.92 LV95.92: TAG 252, ANETZ 20
56	P:/LV95.92/OUT/LV92253N.NEQ	58	LV95.92 LV95.92: TAG 253, ANETZ 20
57	P:/LV95.92/OUT/LV92254N.NEQ	48	LV95.92 LV95.92: TAG 254, ANETZ 20
58	P:/LV95.92/OUT/LV92255N.NEQ	48	LV95.92 LV95.92: TAG 255, ANETZ 20
59	P:/LV95.92/OUT/LV92258N.NEQ	48	LV95.92 LV95.92: TAG 258, ANETZ 20
60	P:/LV95.92/OUT/LV92259N.NEQ	48	LV95.92 LV95.92: TAG 259, ANETZ 20
61	P:/LV95.92/OUT/LV92260N.NEQ	48	LV95.92 LV95.92: TAG 260, ANETZ 20
62	P:/LV95.92/OUT/LV92261N.NEQ	48	LV95.92 LV95.92: TAG 261, ANETZ 20
63	P:/EUREF-D/OUT/EUD130N.NEQ	21	EUREF-D EUREF-D 93: SESS. 130, ANETZ 20
64	P:/DREF/OUT/DREFTDE1.NEQ	48	EUREFD DREF-93: DEUTSCHLAND, SESS.1, SAAS 20
65	P:/EUREF-D/OUT/EUD131N.NEQ	21	EUREF-D EUREF-D 93: SESS. 131, ANETZ 20
66	P:/DREF/OUT/DREFTDE2.NEQ	48	EUREFD DREF-93: DEUTSCHLAND, SESS.2, SAAS 20
67	P:/EUREF-D/OUT/EUD132N.NEQ	21	EUREF-D EUREF-D 93: SESS. 132, ANETZ 20
68	P:/DREF/OUT/DREFTDE3.NEQ	48	EUREFD DREF-93: DEUTSCHLAND, SESS.3, SAAS 20
69	P:/EUREF-D/OUT/EUD133N.NEQ	21	EUREF-D EUREF-D 93: SESS. 133, ANETZ 20
70	P:/DREF/OUT/DREFTDE4.NEQ	48	EUREFD DREF-93: DEUTSCHLAND, SESS.4, SAAS 20
71	P:/EUREF-D/OUT/EUD134N.NEQ	21	EUREF-D EUREF-D 93: SESS. 134, ANETZ 20
72	P:/DREF/OUT/DREFTDE5.NEQ	48	EUREFD DREF-93: DEUTSCHLAND, SESS.5, SAAS 20

LIST OF STATIONS

TOTAL NUMBER OF STATIONS: 299

A PRIORI SIGMAS FOR STATION COORDINATES:

SIGMAS IN LOCAL GEODECTIC DATUM COORDINATES (M)				
NUM	STATION NAME	NORTH	EAST	UP
888	1186.800G87	fix	fix	fix
50	1186.800	fix	fix	fix
777	WETT	.0020	.0020	.0030
779	GRAZ	.0050	.0050	.0070
722	WETTZELL	.0020	.0020	.0030

SATELLITE ANTENNA OFFSET PARAMETERS:

GROUP	COMP.			A PRIORI SIGMAS (M)			#SAT	SATELLITE NUMBERS
	X	Y	Z	SIGMAX	SIGMAY	SIGMAZ		
1	Y	Y	Y	2.0000	2.0000	2.0000	4	3 11 12 13

TROPOSPHERE MODEL:

TROPOSPHERE MODEL: SAASTAMOINEN
METEO VALUES : OBSERVED (FROM METEO FILES)

TROPOSPHERE PARAMETERS FOR INDIVIDUAL STATIONS:

PAR	STATION NAME	VALIDITY START	VALIDITY END	SIGMA (M)	ABS/REL
1	1031.619	1988 6 20 23.9	1988 6 21 23.1	.00500	ABS
221	1088.800	1990 10 8 19.9	1990 10 9 1.0	.00500	ABS
222	1088.800	1990 10 9 1.0	1990 10 9 6.1	.00300	REL
1661	1129.500	1994 9 16 2.3	1994 9 16 9.1	.00300	REL

STATISTIC OF SOLVED FOR PARAMETERS		#PARAM	#PRE-ELIMINATED
STATION COORDINATES		897	0
TROPOSPHERE PARAMETERS FOR INDIVIDUAL STATIONS		0	1661 (BEFORE INV)
NUMBER OF SOLVE FOR PARAMETERS		897	1661

SHORT SOLUTION STATISTIC

TOTAL NUMBER OF PARAMETERS	:	2677
NUMBER OF OBSERVATIONS	:	4434078

SIGMA OF SINGLE DIFFERENCE OBSERVATION	:	.0038
---	----------	--------------

RESULTS OF COMBINED SOLUTION FOR STATION COORDINATES

TOTAL NUMBER OF STATIONS: 299

NUM	STATION NAME	PARAMETER	NEW VALUE	RMS ERROR	3-D ELLIPSOID	
50	1186.800	X	4331297.2410	.0000		
		Y	567555.6726	.0000		
		Z	4633133.8014	.0000		
		HEIGHT	956.3365	.0000	.0000	.7
		LATITUDE	46 52 37.544609	.0000	.0000	91.1
		LONGITUDE	7 27 54.985732	.0000	.0000	.5

MEAN VALUES OF GEOCENTRIC X,Y,Z - COORDINATES

EPOCH: 1993-01-01 0:00:00

VELOCITY MODEL INTRODUCED TO INDIVIDUAL SOLUTIONS: ZERO VELOCITY FIELD

NUM	STATION	#FIL	FLG	X(m)	RMS(mm)	Y (m)	RMS(mm)	Z (M)	RMS(MM)
888	1186.800G87	17	F	4331293.7475	.0	567541.8548	.0	4633135.9306	.0
50	1186.800	72	F	4331297.2410	.0	567555.6726	.0	4633133.8014	.0
777	WETT	5	W	4075578.6250	.7	931852.6157	.2	4801569.9899	.8
779	GRAZ	5	W	4194422.5845	.6	1162703.0460	.2	4647248.9252	.6
722	WETZELL	5	W	4075577.7002	.5	931855.2344	.1	4801570.2059	.6

COMPARISON OF COMBINED SOLUTION WITH INDIVIDUAL SOLUTIONS

LIST OF RMS VALUES

FILE	FILE NAME	RMS (SINGLE DIFF)	#OBS	#PAR (ORIG.)	#PAR (SOLVED)
1	P:/SCHAFF88/OUT/SCHA173N.NEQ	.0050	2637	7	6
2	P:/NE088/OUT/NE0287N.NEQ	.0043	29930	43	33
3	P:/NE088/OUT/NE0288N.NEQ	.0038	31079	43	33
4	P:/NE088/OUT/NE0289N.NEQ	.0034	21788	31	24
5	P:/NE088/OUT/NE0291N.NEQ	.0074	31479	43	33
6	P:/NE088/OUT/NE0292N.NEQ	.0062	31086	43	33
7	P:/NE088/OUT/NE0293N.NEQ	.0079	33480	43	33
8	P:/NE088/OUT/NE0294N.NEQ	.0076	32133	43	33
9	P:/NE088/OUT/NE0295N.NEQ	.0041	31922	43	33
10	P:/NE088/OUT/NE0298N.NEQ	.0041	29896	39	30
11	P:/NE088/OUT/NE0299N.NEQ	.0063	27130	35	27
12	P:/NE088/OUT/NE0300N.NEQ	.0071	32945	43	33
13	P:/NE088/OUT/NE0301N.NEQ	.0062	34110	43	33
14	P:/NE088/OUT/NE0302N.NEQ	.0063	33517	43	33
15	P:/ETZEL89/OUT/ETZE249N.NEQ	.0049	14288	23	18
16	P:/ETZEL89/OUT/ETZE250N.NEQ	.0050	14493	23	18
17	P:/LV95.89/OUT/LV89262N.NEQ	.0031	24627	39	30
18	P:/LV95.89/OUT/LV89263N.NEQ	.0030	24946	39	30
19	P:/LV95.89/OUT/LV89264N.NEQ	.0036	26776	43	33
20	P:/LV95.89/OUT/LV89265N.NEQ	.0038	27236	43	33
21	P:/LV95.89/OUT/LV89268N.NEQ	.0033	24339	39	30

FILE	FILE NAME	RMS (SINGLE DIFF)	#OBS	#PAR (ORIG.)	#PAR (SOLVED)
22	P:/LV95.89/OUT/LV89269N.NEQ	.0027	22194	39	30
23	P:/LV95.89/OUT/LV89270N.NEQ	.0031	24408	39	30
24	P:/LV95.89/OUT/LV89271N.NEQ	.0031	23735	39	30
25	P:/LV95.89/OUT/LV89272N.NEQ	.0030	20767	35	27
26	P:/LV95.89/OUT/LV89273N.NEQ	.0032	8300	15	12
27	P:/LV95.90/OUT/LV90281N.NEQ	.0029	58415	73	45
28	P:/LV95.90/OUT/LV90282N.NEQ	.0031	54488	73	45
29	P:/LV95.90/OUT/LV90283N.NEQ	.0032	49343	73	45
30	P:/LV95.90/OUT/LV90284N.NEQ	.0031	60366	83	51
31	P:/LV95.90/OUT/LV90285N.NEQ	.0031	53177	73	45
32	P:/LV95.90/OUT/LV90288N.NEQ	.0031	55682	68	42
33	P:/LV95.90/OUT/LV90289N.NEQ	.0030	54923	73	45
34	P:/LV95.90/OUT/LV90290N.NEQ	.0040	61469	78	48
35	P:/LV95.90/OUT/LV90291N.NEQ	.0037	61103	73	45
36	P:/LV95.91/OUT/LV91252N.NEQ	.0034	63159	68	42
37	P:/LV95.91/OUT/LV91253N.NEQ	.0043	65932	68	42
38	P:/LV95.91/OUT/LV91254N.NEQ	.0039	61952	68	42
39	P:/LV95.91/OUT/LV91255N.NEQ	.0037	63571	63	39
40	P:/LV95.91/OUT/LV91256N.NEQ	.0036	55749	58	36
41	P:/LV95.91/OUT/LV91259N.NEQ	.0034	52502	58	36
42	P:/LV95.91/OUT/LV91260N.NEQ	.0050	57042	58	36
43	P:/LV95.91/OUT/LV91261N.NEQ	.0037	60717	63	39
44	P:/LV95.91/OUT/LV91262N.NEQ	.0042	62128	63	39
45	P:/EUREF-CH/OUT/ERCH216N.NEQ	.0042	19923	68	21
46	P:/EUREF-CH/OUT/ERCH217N.NEQ	.0037	29851	65	21
47	P:/EUREF-CH/OUT/ERCH218N.NEQ	.0033	29923	71	21
48	P:/EUREF-CH/OUT/ERCH219N.NEQ	.0038	34863	65	21
49	P:/EUREF-CH/OUT/ERCH220N.NEQ	.0042	30822	75	21
50	P:/LV95.91A/OUT/LA91237N.NEQ	.0029	22639	39	30
51	P:/LV95.91A/OUT/LA91238N.NEQ	.0025	21410	35	27
52	P:/LV95.91A/OUT/LA91239N.NEQ	.0030	14002	23	18
53	P:/LV95.91A/OUT/LA91240N.NEQ	.0028	20257	35	27
54	P:/LV95.92/OUT/LV92251N.NEQ	.0027	43458	48	30
55	P:/LV95.92/OUT/LV92252N.NEQ	.0027	42621	53	33
56	P:/LV95.92/OUT/LV92253N.NEQ	.0034	51730	58	36
57	P:/LV95.92/OUT/LV92254N.NEQ	.0047	39627	48	30
58	P:/LV95.92/OUT/LV92255N.NEQ	.0038	42085	48	30
59	P:/LV95.92/OUT/LV92258N.NEQ	.0037	39253	48	30
60	P:/LV95.92/OUT/LV92259N.NEQ	.0027	41095	48	30
61	P:/LV95.92/OUT/LV92260N.NEQ	.0029	39026	48	30
62	P:/LV95.92/OUT/LV92261N.NEQ	.0024	42131	48	30
63	P:/EUREF-D/OUT/EUD130N.NEQ	.0041	37882	21	9
64	P:/DREF/OUT/DREFTDE1.NEQ	.0034	97540	53	18
65	P:/EUREF-D/OUT/EUD131N.NEQ	.0028	40177	21	9
66	P:/DREF/OUT/DREFTDE2.NEQ	.0029	91218	64	18
67	P:/EUREF-D/OUT/EUD132N.NEQ	.0029	41350	21	9
68	P:/DREF/OUT/DREFTDE3.NEQ	.0036	98247	50	18
69	P:/EUREF-D/OUT/EUD133N.NEQ	.0028	38953	21	9
70	P:/DREF/OUT/DREFTDE4.NEQ	.0032	89326	51	18
71	P:/EUREF-D/OUT/EUD134N.NEQ	.0028	39283	21	9
72	P:/DREF/OUT/DREFTDE5.NEQ	.0032	98755	52	18
73	P:/LV95.92A/OUT/LA92242N.NEQ	.0022	24613	27	21
74	P:/LV95.92A/OUT/LA92243N.NEQ	.0035	23893	27	21
75	P:/LV95.92A/OUT/LA92244N.NEQ	.0034	36620	39	30
76	P:/LV95.92A/OUT/LA92245N.NEQ	.0021	28939	27	21
77	P:/LV95.92A/OUT/LA92246N.NEQ	.0026	26771	27	21
78	P:/GENF/OUT/GENF026N.NEQ	.0033	47904	27	21
79	P:/GENF/OUT/GENF027N.NEQ	.0029	45948	27	21
80	P:/GENF/OUT/GENF028N.NEQ	.0030	48924	27	21
81	P:/TURT.93/OUT/TURT931N.NEQ	.0024	22433	21	9
82	P:/TURT.93/OUT/TURT932N.NEQ	.0023	21056	21	9
83	P:/TURT.93/OUT/TURT933N.NEQ	.0023	22197	21	9
84	P:/TURT.93/OUT/TURT934N.NEQ	.0025	21696	21	9

FILE	FILE NAME	RMS (SINGLE DIFF)	#OBS	#PAR (ORIG.)	#PAR (SOLVED)

85	P:/NEAT/OUT/NEAT080N.NEQ	.0028	90664	75	27
86	P:/NEAT/OUT/NEAT081N.NEQ	.0028	89809	75	27
87	P:/LV95.94/OUT/LV94087N.NEQ	.0023	79044	57	30
88	P:/LV95.94/OUT/LV94088N.NEQ	.0022	62611	45	24
89	P:/LV95.94A/OUT/LA94227N.NEQ	.0026	19182	23	18
90	P:/LV95.94A/OUT/LA94228N.NEQ	.0022	18063	23	18
91	P:/LV95.94A/OUT/LA94229N.NEQ	.0049	17244	23	18
92	P:/LV95.94A/OUT/LA94230N.NEQ	.0028	18783	23	18
93	P:/LV95.94A/OUT/LA94231N.NEQ	.0022	16637	23	18
94	P:/LV95.94A/OUT/LA94232N.NEQ	.0033	17150	23	18
95	P:/LV95.94A/OUT/LA94234N.NEQ	.0036	19573	23	18
96	P:/LV95.94A/OUT/LA94235N.NEQ	.0026	16787	23	18
97	P:/LV95.94A/OUT/LA94236N.NEQ	.0044	16853	23	18
98	P:/LV95.94V/OUT/VV94255N.NEQ	.0025	123567	63	33
99	P:/LV95.94V/OUT/VV94256N.NEQ	.0028	170968	69	36
100	P:/LV95.94V/OUT/VV94257N.NEQ	.0031	150167	63	33
101	P:/LV95.94V/OUT/VV94258N.NEQ	.0030	147576	63	33

		.0038	4434078	2677	897

 STATISTIC OF PARAMETER TYPES

PAR. TYPE #PAR INVOLVED

1 897
 6 1661
 ELI. 119

LV95 – Gesamtlösung mit dem Programm ADDNEQ

Bernese GPS Software Version 4.2

Auszug aus der
Kombination der Teilkampagnen

COMBINATION OF NORMAL EQUATIONS OF DIFFERENT SOLUTIONS
LV95: ZIMM free WETT+GRAZ sig, ANETZ 20 0.005 m/0.003 m

PROGRAM ADDNEQ 08-AUG-02 17:11
BERNESE GPS SOFTWARE VERSION 4.2

LIST OF INPUT AND OUTPUT FILENAMES

```

GENERAL CONSTANTS      : X:/GEN/CONST.
STATION CRUX FILE      : X:/GEN/STACRX.LV95
SATELLITE PROBLEMS     : X:/GEN/SAT_2000.CRX
SATELLITE INFORMATION  : X:/GEN/SATELLIT.TTT
PHASE CENTER ECCENTRICITIES : X:/GEN/PHAS_BLS.01
SINEX GENERAL INPUT FILE : X:/GEN/SINEX.
POLE INFORMATION (SCRATCH) : U:/WORK/ADDNE1.SCR
LOCAL GEODETIC DATUM   : X:/GEN/DATUM.
APRIORI COORDINATES    : Q:/LV95.CMB/STA/LV95DEF.CRD
SPECIAL FIXING VELOCITIES : ---
A PRIORI VELOCITY FIELD : ---
SPECIAL FIXING COORDINATES : Q:/LV95.CMB/STA/LV95DEF.CRD
COORDINATE RESULTS     : Q:/LV95.CMB/STA/LV95CAM.CRD
VAR/COVAR MATRIX COORD. : Q:/LV95.CMB/OUT/LV95CAM.COV
VAR/COVAR MATRIX TOTAL : ---
SINEX FORMAT (CRD,VEL,ERPS) : ---
INTERNAL AUX.FILE      : /TMPGPS/ADDNEQ.SCR
AUX FILES FOR COV-COMP-EST. : /TMPGPS/ADD

```

LIST OF NORMAL EQUATION FILES

```

1  Q:/LV95.CMB/OUT/DREF93.NEQ
2  Q:/LV95.CMB/OUT/ERCH216N.NEQ
3  Q:/LV95.CMB/OUT/ERCH217N.NEQ
4  Q:/LV95.CMB/OUT/ERCH218N.NEQ
5  Q:/LV95.CMB/OUT/ERCH219N.NEQ
6  Q:/LV95.CMB/OUT/ERCH220N.NEQ
7  Q:/LV95.CMB/OUT/ETZEL89.NEQ
8  Q:/LV95.CMB/OUT/EUD93.NEQ
9  Q:/LV95.CMB/OUT/GENF93.NEQ
10 Q:/LV95.CMB/OUT/LA91237N.NEQ
11 Q:/LV95.CMB/OUT/LA91238N.NEQ
12 Q:/LV95.CMB/OUT/LA91239N.NEQ
13 Q:/LV95.CMB/OUT/LA91240N.NEQ
14 Q:/LV95.CMB/OUT/LA92.NEQ
15 Q:/LV95.CMB/OUT/LA94.NEQ
16 Q:/LV95.CMB/OUT/LV89.NEQ
17 Q:/LV95.CMB/OUT/LV90.NEQ
18 Q:/LV95.CMB/OUT/LV91.NEQ
19 Q:/LV95.CMB/OUT/LV92.NEQ
20 Q:/LV95.CMB/OUT/LV94.NEQ
21 Q:/LV95.CMB/OUT/NEAT94.NEQ
22 Q:/LV95.CMB/OUT/NEOWIS88.NEQ
23 Q:/LV95.CMB/OUT/TURT93.NEQ
24 Q:/LV95.CMB/OUT/VV95.NEQ

```

NUMBER OF NORMAL EQUATION FILES: 24

FILE	FILE NAME	#PAR/COV-FAC.	TITLE
1	Q:/LV95.CMB/OUT/DREF93.NEQ	18 1.00000000	DREF 1993 ADDNEQ VERSION 4.2
2	Q:/LV95.CMB/OUT/ERCH216N.NEQ	51 1.00000000	1EUREFCH, EUREF-CH EUREF-CH'92: SESS. 216, ANETZ 20
3	Q:/LV95.CMB/OUT/ERCH217N.NEQ	51 1.00000000	1EUREFCH, EUREF-CH EUREF-CH'92: SESS. 217, ANETZ 20
4	Q:/LV95.CMB/OUT/ERCH218N.NEQ	51 1.00000000	1EUREFCH, EUREF-CH EUREF-CH'92: SESS. 218, ANETZ 20
5	Q:/LV95.CMB/OUT/ERCH219N.NEQ	51 1.00000000	1EUREFCH, EUREF-CH EUREF-CH'92: SESS. 219, ANETZ 20
6	Q:/LV95.CMB/OUT/ERCH220N.NEQ	51 1.00000000	1EUREFCH, EUREF-CH EUREF-CH'92: SESS. 220, ANETZ 20
7	Q:/LV95.CMB/OUT/ETZEL89.NEQ	18 1.00000000	ETZEL 1989 ADDNEQ VERSION 4.2
8	Q:/LV95.CMB/OUT/EUD93.NEQ	9 1.00000000	EUREF-D'93 ADDNEQ VERSION 4.2
9	Q:/LV95.CMB/OUT/GENF93.NEQ	27 1.00000000	GENF 1993 ADDNEQ VERSION 4.2
10	Q:/LV95.CMB/OUT/LA91237N.NEQ	39 1.00000000	1LV95.91A LV95.91A: TAG 237 (ANETZ) (20)
11	Q:/LV95.CMB/OUT/LA91238N.NEQ	35 1.00000000	1LV95.91A LV95.91A: TAG 238 (ANETZ) (20)
12	Q:/LV95.CMB/OUT/LA91239N.NEQ	23 1.00000000	1LV95.91A LV95.91A: TAG 239 (ANETZ) (20)
13	Q:/LV95.CMB/OUT/LA91240N.NEQ	35 1.00000000	1LV95.91A LV95.91A: TAG 240 (ANETZ) (20)
14	Q:/LV95.CMB/OUT/LA92.NEQ	96 1.00000000	LV95-1992A ADDNEQ VERSION 4.2
15	Q:/LV95.CMB/OUT/LA94.NEQ	138 1.00000000	LV95-1994A ADDNEQ VERSION 4.2
16	Q:/LV95.CMB/OUT/LV89.NEQ	141 1.00000000	LV95-1989 ADDNEQ VERSION 4.2
17	Q:/LV95.CMB/OUT/LV90.NEQ	225 1.00000000	LV95-1990 ADDNEQ VERSION 4.2
18	Q:/LV95.CMB/OUT/LV91.NEQ	153 1.00000000	LV95-1991 ADDNEQ VERSION 4.2
19	Q:/LV95.CMB/OUT/LV92.NEQ	93 1.00000000	LV95-1992 ADDNEQ VERSION 4.2
20	Q:/LV95.CMB/OUT/LV94.NEQ	33 1.00000000	LV95-1994 ADDNEQ VERSION 4.2
21	Q:/LV95.CMB/OUT/NEAT94.NEQ	27 1.00000000	NEAT 1994 ADDNEQ VERSION 4.2
22	Q:/LV95.CMB/OUT/NEOWIS88.NEQ	108 1.00000000	NEOTEKTONIK / WISENBERG 1988 ADDNEQ VERSION 4.2
23	Q:/LV95.CMB/OUT/TURT93.NEQ	9 1.00000000	TURTMANN 1993 ADDNEQ VERSION 4.2
24	Q:/LV95.CMB/OUT/VV95.NEQ	63 1.00000000	LV95-1994V ADDNEQ VERSION 4.2

LIST OF STATIONS

TOTAL NUMBER OF STATIONS: 299

			000000000000000000000000000000	
			000000000011111111111122222	
NUM	STATION	VELO R #FIL	123456789012345678901234	
50	1186.800	16	NNNNN N	NNNNNNNN NN
888	1186.800G87	6	NNNNN	N
777	WETT	5	WWWWW	
722	WETTZELL	1	W	
779	GRAZ	1	W	
726	ASTEN	1	X	
724	OBERKOCHEN	1	X	
746	HOHENPEISSENBERG	1	X	
16	1076.800	9	XXXXXX X	X X
3	1047.700	8	XXXXX X	XX
80	1260.800	7	XXXXX	XX
104	1353.700	7	XXXXX	XX
931	1132.G1	1	X	
34	1132.500	4	X	X XX
933	1132.PF4	1	X	
935	1152.111.3	1	X	
932	1132.G4	1	X	
934	1132.720.3	1	X	
94	1301.100	2	X	X
950	1300.852	1	X	
954	1301.034	1	X	
952	1300.513	1	X	
955	1301.803	1	X	
953	1300.447	1	X	
72	1241.800	2	X	X
88	1281.000	2	X	X
951	1281.526	1	X	
82	1267.300	4	X	X X X
606	1267.216ZP	1	X	
75	1246.041	3	X	X X
95	1306.400	2	X	X
98	1325.200	2	X	X
609	1325.342ZP	1	X	
610	1305.211ZP	1	X	
611	1246.004ZP	1	X	
616	1306.139ZP	1	X	
617	1285.805ZP	1	X	
99	1327.100	2	X	X
607	1347.106ZP	1	X	
608	1327.201ZP	1	X	
91	1289.400	3	X	X X
614	1308.204.3	1	X	
615	1289.612ZP	1	X	
103	1348.100	2	X	X
612	1328.701ZP	1	X	
613	1348.603ZP	1	X	
96	1312.600	3	X	X X
600	1332.104.3	1	X	
84	1273.500	4	X	X XX
101	1333.600	3	X	XX
601	1293.807.3	1	X	
618	1314.216ZP	1	X	
85	1274.600	2	X	X
619	1294.613ZP	1	X	
620	1254.812ZP	1	X	
93	1292.000	2	X	X
602	1271.306ZP	1	X	
603	1292.025ZP	1	X	
79	1252.600	3	X	XX
604	1252.232ZP	1	X	
605	1232.821W	1	X	
54	1197.300	2	X	X
55	1199.600	2	X	X
712	1217.706ZP	1	X	
71	1239.800	2	X	X
707	1179.518.3	1	X	

000000000000000000000000000000			
0000000001111111111111222222			
NUM	STATION	VELO R #FIL	123456789012345678901234

716	1239.310ZP	1	X
70	1235.500	2	X X
86	1276.600	3	XX X
715	1235.713.3	1	X
704	1157.202.3	1	X
717	1296.303.3	1	X
53	1195.300	2	X X
61	1214.000	2	X X
711	1215.307ZP	1	X
706	1175.626.3	1	X
41	1153.700	2	X X
708	1192.810ZP	1	X
709	1194.202.3	1	X
702	1153.507ZP	1	X
703	1154.509ZP	1	X
51	1192.000	4	X XX X
705	1172.225ZP	1	X
69	1234.100	2	X X
714	1233.707ZP	1	X
68	1232.200	4	X XX X
713	1232.112ZP	1	X
710	1197.109ZP	1	X
42	1155.500	3	XX X
701	1135.440.3	1	X
24	1096.100	3	XXX
700	1095.530	1	X
58	1208.400_1994	2	X X
851	1228.708.1	1	X
850	1248.011.1	1	X
852	1267.806.1	1	X
89	1284.700	2	X X
854	1304.536.3	1	X
74	1243.700	2	X X
853	1284.002.3	1	X
855	1242.549.3	1	X
66	1224.100	2	X X
47	1182.621	2	X X
857	1203.508.S	1	X
858	1203.820PC	1	X
856	1202.505.3	1	X
67	1225.200	3	X XX
860	1225.602.3	1	X
861	1204.610.3	1	X
859	1246.432.3	1	X
862	1273.020.1	1	X
864	1313.201.1	1	X
863	1333.108.3	1	X
28	1113.100	2	XX
865	1134.112.3	1	X
8	1054.400	2	XX
866	1093.336.3	1	X
867	1033.610.1	1	X
869	1175.119.1	1	X
870	1156.601.3	1	X
868	1136.002.1	1	X
87	1278.200	2	X X
872	1277.608.1	1	X
873	1257.808.3	1	X
871	1256.604.3	1	X
39	1149.200	4	X XX X
875	1149.320.3	1	X
32	1129.500	3	X X X
876	1149.809.3	1	X
874	1110.031.1	1	X
200	1068.1	2	X X
35	1133.600	2	X X
22	1091.300	2	X X
14	1074.000	1	X
212	9076	1	X
207	1076.801.3	1	X
2	1031.366	2	X X
213	9166	1	X
10	1068.400	3	X X X

			000000000000000000000000000000			
			0000000000111111111122222			
NUM	STATION	VELO R #FIL	123456789012345678901234			

4	1049.000	2		X	X	
5	1049.400	2		X	X	
206	1069.721ZP	1		X		
21	1090.000	3		X	X X	
214	9146	1		X		
218	9226	1		X		
20	1088.800	4		XX	X X	
6	1051.600	1		X		
210	9036	1		X		
202	1052.130.3	1		X		
11	1071.000	2		X	X	
27	1112.100	1		X		
216	9196	1		X		
33	1130.800	5		XXXXX		
201	1113.115.3	1		X		
209	9016	1		X		
12	1072.100	2		X	X	
13	1073.000	2		X	X	
1	1012.601	2		X	X	
7	1052.600	1		X		
219	9246	1		X		
205	1032.642	1		X		
15	1075.400	1		X		
211	9056	1		X		
204	1075.624.3	1		X		
23	1094.000	1		X		
215	9176	1		X		
29	1114.800	2		X X		
217	9205	1		X		
208	1034.901	1		X		
203	1115.136.3	1		X		
19	1087.869	2		X	X	
36	1144.200	1		X		
45	1168.100	2		XX		
31	1128.400	2		X	X	
328	9426	1		X		
309	1128.421.3	1		X		
38	1147.800	2		X	X	
302	1148.018.3	1		X		
304	1188.226ZP	1		X		
17	1084.600	1		X		
325	9376	1		X		
315	1084.651	1		X		
44	1165.300	1		X		
26	1107.300	2		X	X	
25	1105.700	1		X		
334	9546	1		X		
303	1126.102NE	1		X		
305	1107.235.3	1		X		
37	1146.300	2		X	X	
30	1125.200	1		X		
18	1085.700	1		X		
9	1066.800	1		X		
332	9516	1		X		
311	1066.602	1		X		
336	9576	1		X		
308	1146.346ZP	1		X		
318	1166.770.6	2		XX		
56	1206.400	1		X		
57	1207.500	3		XX X		
48	1184.300	1		X		
314	1164.623EXC	1		X		
49	1185.500	1		X		
306	1206.308ZP	1		X		
329	9436	1		X		
301	1144.001.3	1		X		
321	1206.816.3	1		X		
338	9626	1		X		
81	1264.400	2		XX		
322	9326	1		X		
316	1264.723GPS	1		X		
73	1242.700	1		X		

			000000000000000000000000000000
			0000000001111111111122222
NUM	STATION	VELO R #FIL	123456789012345678901234

65	1222.700	1	X
327	9396	1	X
310	1185.557.3	1	X
317	1243.732.3	1	X
320	1182.814.3	1	X
43	1163.400	1	X
330	9456	1	X
319	1222.806ZP	1	X
64	1221.600	1	X
323	9356	1	X
312	1242.619ZP	1	X
324	9366	1	X
335	9566	1	X
326	9386	1	X
333	9526	1	X
337	9606	1	X
313	1163.621N	1	X
307	1109.332ZP	1	X
300	1169.001EXZ	1	X
331	9506	1	X
102	1345.700	1	X
412	1307.006E	1	X
414	1285.114.3	1	X
407	0802	1	X
90	1288.000	3	X X X
409	0822	1	X
76	1249.200	1	X
46	1170.500	4	XXX X
83	1269.800	2	X X
100	1329.000	1	X
92	1290.600	1	X
408	0812	1	X
410	1353.725	1	X
402	1170.309.3	1	X
60	1211.100	1	X
59	1209.500	2	X X
405	1209.401.3	1	X
78	1251.700	1	X
77	1250.700	2	X X
401	1245.010.3	1	X
58	1208.400_1991	1	X
400	1260.808	1	X
413	0942	1	X
403	0712	1	X
406	0792	1	X
404	1227.721.3	1	X
411	0852	1	X
97	1314.900	1	X
62	1216.539	1	X
63	1218.400	1	X
52	1193.000	1	X
500	1151.318.3	2	XX
501	1143	1	X
40	1151.500	1	X
802	1151.624	1	X
801	1151.530	1	X
800	1130.731.3	1	X
960	G1	1	X
967	G8	1	X
915	5288	1	X
916	5388	1	X
890	1088.468	2	X X
923	6088	1	X
908	1288	1	X
921	5888	1	X
919	5688	1	X
918	5588	1	X
920	5788	1	X
922	5988	1	X
900	0188	1	X
901	0388	1	X
904	0888	1	X
905	0988	1	X

000000000000000000000000000000			
0000000001111111111122222			
NUM	STATION	VELO R #FIL	123456789012345678901234
903	0788	1	X
909	1089.606.3	1	X
910	1488	1	X
902	0488	1	X
906	1088	1	X
907	1188	1	X
912	1988	1	X
911	1688	1	X
913	2288	1	X
936	1288.TURT	1	X
891	1089.300	1	X
893	1127.700	1	X
894	1147.300	1	X
895	1191.300	1	X
892	1109.332	1	X

FLAGS: W: WEIGHTS , F: FIXED, N: FREE NETWORK RESTRICTIONS, X: FREE ESTIM.
R: REFERENCE FOR COVARIANCE COMPONENT ESTIMATION

RESTRICTIONS/FIXING CONCERNING SPECIAL COORDINATES/VELOCITIES :

COORDINATES VELOCITIES
Q:/LV95.CMB/STA/LV95DEF.CRD

A PRIORI SIGMAS FOR STATION COORDINATES / VELOCITIES :

		SIGMAS IN LOCAL GEODETIC DATUM			VELOCITIES (MM/YEAR)			
NUM	STATION NAME	COORDINATES (M)						RELATIVE
		NORTH	EAST	UP	NORTH	EAST	UP	
779	GRAZ	0.00500	0.00500	0.00700				
722	WETZELL	0.00200	0.00200	0.00300				
777	WETT	0.00200	0.00200	0.00300				

SUBTRACT CENTER INFORMATION DUE TO STACRUX FILE: YES

INCREASING ORBIT LENGTH: NO

SATELLITE ANTENNA OFFSET PARAMETERS:

		COMP.	A PRIORI SIGMAS (M)			#SAT	SATELLITE NUMBERS											
GROUP		X Y Z	SIGMAX	SIGMAY	SIGMAZ													
1	Y	Y	Y	0.0001	0.0001	0.0001	3	11	12	13								
2	Y	Y	Y	0.0001	0.0001	0.0001	29	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
								14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
								24	25	26	27	28	29	30	31	32		
3	Y	Y	Y	0.0001	0.0001	0.0001	24	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	
								111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	
								121	122	123	124							

TROPOSPHERE MODEL :

TROPOSPHERE MODEL: SAASTAMOINEN
METEO VALUES : OBSERVED (FROM METEO FILES)

TROPOSPHERE PARAMETERS FOR INDIVIDUAL STATIONS:

PAR	STATION NAME	VALIDITY START	VALIDITY END	SIGMA (M)	ABS/REL
1	1047.700	1992 8 3 6.0	1992 8 3 10.1	0.00500	ABS
180	1232.821W	1992 8 27 5.4	1992 8 27 14.6	0.00500	ABS

STATISTIC OF SOLVED FOR PARAMETERS	#PARAMETERS	#PRE-ELIMINATED	#NO-OBS
STATION COORDINATES	897	0 (BEFORE INV)	0
TROPOSPHERE PARAMETERS FOR INDIVIDUAL STATIONS	0	175 (BEFORE INV)	5
NUMBER OF SOLVE FOR PARAMETERS	897	175	5

SHORT SOLUTION STATISTIC

TOTAL NUMBER OF PARAMETERS : 2676
TOTAL NUMBER OF OBSERVATIONS : 4431441
NUMBER OF SINGLE DIFF. FILES : 888

A POSTERIORI SIGMA OF UNIT WEIGHT : 0.0027
SIGMA OF COORDINATE GROUP : 0.0432
(ESTIMATION OF A MORE REALISTIC SCALING
FACTOR OF THE COVARIANCE MATRIX)

MEAN VALUES OF GEOCENTRIC X,Y,Z - COORDINATES
RMS1: FORMAL ACCURACY OF EACH COORDINATE COMPONENT FROM COMBINED SOLUTION
RMS2: RMS OF WEIGHTED AVERAGE OF EACH COORDINATE COMPONENT

EPOCH: 1993-01-01 0:00:00
VELOCITY MODEL INTRODUCED TO INDIVIDUAL SOLUTIONS: ZERO VELOCITY FIELD

COMPARISON OF COMBINED SOLUTION WITH INDIVIDUAL SOLUTIONS

LIST OF RMS VALUES

FILE	FILE NAME	RMS (SINGLE DIFFERENCE)	#OBS	#PAR (ORIG.)	#PAR (SOLVED)	MJD

1	Q:/LV95.CMB/OUT/DREF93.NEQ	0.0023	475086	198	18	49119.87517
2	Q:/LV95.CMB/OUT/ERCH216N.NEQ	0.0029	19923	68	21	48837.89427
3	Q:/LV95.CMB/OUT/ERCH217N.NEQ	0.0026	29851	65	21	48838.75174
4	Q:/LV95.CMB/OUT/ERCH218N.NEQ	0.0022	29923	71	21	48839.74792
5	Q:/LV95.CMB/OUT/ERCH219N.NEQ	0.0026	34863	65	21	48840.74514
6	Q:/LV95.CMB/OUT/ERCH220N.NEQ	0.0029	30822	75	21	48841.76510
7	Q:/LV95.CMB/OUT/ETZEL89.NEQ	0.0037	28781	28	18	47775.72960
8	Q:/LV95.CMB/OUT/EUD93.NEQ	0.0022	197645	69	9	49119.87509
9	Q:/LV95.CMB/OUT/GENF93.NEQ	0.0022	142776	45	27	49014.44103
10	Q:/LV95.CMB/OUT/LA91237N.NEQ	0.0020	22639	39	30	48858.43724
11	Q:/LV95.CMB/OUT/LA91238N.NEQ	0.0017	21410	35	27	48859.40399
12	Q:/LV95.CMB/OUT/LA91239N.NEQ	0.0021	14002	23	18	48860.50807
13	Q:/LV95.CMB/OUT/LA91240N.NEQ	0.0020	20257	35	27	48861.42448
14	Q:/LV95.CMB/OUT/LA92.NEQ	0.0020	140836	129	96	49231.46806
15	Q:/LV95.CMB/OUT/LA94.NEQ	0.0023	160272	183	138	49583.90651
16	Q:/LV95.CMB/OUT/LV89.NEQ	0.0023	227328	226	141	47793.67170
17	Q:/LV95.CMB/OUT/LV90.NEQ	0.0024	508966	481	225	48178.00686
18	Q:/LV95.CMB/OUT/LV91.NEQ	0.0029	542752	369	153	48513.93741
19	Q:/LV95.CMB/OUT/LV92.NEQ	0.0024	381026	261	93	48877.91224
20	Q:/LV95.CMB/OUT/LV94.NEQ	0.0016	141655	81	33	49440.47005
21	Q:/LV95.CMB/OUT/NEAT94.NEQ	0.0020	180473	123	27	49433.47708
22	Q:/LV95.CMB/OUT/NEOWIS88.NEQ	0.0046	400495	232	108	47454.62752
23	Q:/LV95.CMB/OUT/TURT93.NEQ	0.0017	87382	57	9	49259.49983
24	Q:/LV95.CMB/OUT/VV95.NEQ	0.0020	592278	186	63	49609.43880

		0.0027	4431441	2676	897	48988.00000

UNWEIGHTED RMS VALUES WITH RESPECT TO THE COMBINED SOLUTION IN MM

TOTAL NUMBER OF STATIONS: 299

#FIL	C	RMS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
			21	22	23	24							

COMBI:	24	N	4.2	0.1	20.3	5.6	20.6	10.8	8.3	0.3	0.7	0.2	2.7
		E	2.8	0.0	6.3	4.4	16.6	5.8	3.8	0.1	0.7	0.2	1.8
		U	9.9	0.7	27.7	12.6	17.8	18.5	29.6	0.4	0.0	1.7	7.3
		#STA	299	6	7	7	7	7	7	6	3	9	10
		FAC		1.40	0.88	1.00	1.16	0.99	0.90	0.00	19.62	0.03	0.02

			0.9	4.5	0.4	1.9	2.0	3.8	1.5	1.5	1.9	0.6	
			0.9	2.7	0.8	1.6	2.8	3.2	0.9	1.6	1.5	0.7	
			7.0	13.3	7.9	6.8	10.7	14.8	7.3	8.9	7.5	3.1	
			9	6	9	32	46	47	75	51	31	11	
			0.02	0.01	0.02	4.31	2.87	4.41	5.99	6.21	6.38	9.77	

			0.5	0.7	0.4	0.8							
			0.5	1.0	0.6	1.7							
			4.5	1.5	0.3	4.6							
			9	36	3	21							
			11.17	5.00	20.74	11.17							

WEIGHTED RMS VALUES WITH RESPECT TO THE COMBINED SOLUTION IN MM

TOTAL NUMBER OF STATIONS: 299

#FIL	C	RMS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
			21	22	23	24						
COMBI:	24	N	4.2	0.1	20.3	5.6	20.6	10.8	8.3	0.3	0.7	0.2
		E	2.8	0.0	6.3	4.4	16.6	5.8	3.8	0.1	0.7	0.2
		U	15.9	0.7	27.9	12.6	17.7	18.4	29.4	0.4	0.0	1.7
#STA	299		6	7	7	7	7	7	6	3	9	10
FAC			2.11	1.32	1.50	1.75	1.49	1.35	0.01	29.49	0.05	0.02
			0.9	4.5	0.4	2.0	2.0	3.6	1.7	1.5	1.9	0.6
			0.9	2.7	0.8	1.7	2.8	3.2	1.0	1.6	1.5	0.7
			7.0	13.2	7.9	41.3	15.2	13.7	12.9	13.8	8.0	3.5
			9	6	9	32	46	47	75	51	31	11
			0.03	0.01	0.03	6.48	4.32	6.64	9.00	9.34	9.58	14.69
			0.5	0.7	0.4	0.8						
			0.5	1.1	0.6	1.6						
			7.4	2.2	0.2	5.8						
			9	36	3	21						
			16.79	7.52	31.18	16.79						

OUTLIER DETECTION USING THE MEAN REPEATABILITY RMS OF EACH COMPONENT

DETECTION LEVEL (RESIDUUM/RMS): 3.00

NORTH: 0.012, EAST: 0.009, UP: 0.048 (M)

FILE	STATION	COMPONENT	RESIDUUM(M)	RMS(M)	RMS*FAC(M)	GRP
2	1186.800	N	-0.0300	0.0058	0.0076	
2	1186.800	U	-0.0569	0.0094	0.0124	
2	1353.700	N	-0.0247	0.0058	0.0076	
4	1186.800	N	0.0310	0.0044	0.0077	
4	1353.700	N	0.0249	0.0044	0.0077	
15	1224.100	E	-0.0098	0.0004	0.0017	
16	1073.000	E	-0.0087	0.0003	0.0021	
16	1012.601	N	-0.0143	0.0005	0.0033	

FIXED CENTER POINT IN FREE SOLUTION

X,Y,Z: 4331295.4942 567548.7637 4633134.8660
L,B,H: 46 52 37.630316 7 27 54.672987 955.3

TEST OF THE RESTRICTIONS OF THE FREE SOLUTION

1.: 0.2198238E-03 [M]
2.: 0.1510383E-03 [M]
3.: -0.1781853E-03 [M]
4.: 0.0000000E+00 [M**2]
5.: 0.0000000E+00 [M**2]
6.: 0.0000000E+00 [M**2]
7.: 0.0000000E+00 [-]

Berichte aus der L+T / swisstopo-Doku (seit 2002)

Nr.	Titel (Autoren)	Ausgabe	Preis * CHF
1	Jahresbericht / Rapport annuel 1993	1994	gratis
2	Publikationen 1980–93 Publications 1980–93	1994	8.-
3	Die neue Strassenkarte 1:200'000 (H.U. Feldmann und M. Oehrl) Die neue Landeskarte 1:1'000'000 (H.U. Feldmann)	1995	10.-
4	Jahresbericht / Rapport annuel 1994	1995	gratis
5	Jahresbericht / Rapport annuel 1995	1996	gratis
6	Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz 'LV95': Teil 1: Vorgeschichte, Entstehung des Projekts, Konzept und Planung (D. Schneider, E. Gubler und A. Wiget)	1996	8.-
7	Teil 2: Geostation Zimmerwald: Satellite Laser Ranging (SLR) und GPS-Permanentbetrieb (U. Wild und W. Gurtner)	1995	8.-
8 8f	Teil 3: Terrestrische Bezugssysteme und Bezugsrahmen (D. Schneider, E. Gubler, U. Marti und W. Gurtner) 3e partie: Définition de la nouvelle mensuration nationale de la Suisse 'MN95' (D. Schneider, E. Gubler, U. Marti und W. Gurtner, traduit par H. Dupraz)	2001	8.-
9	Teil 4: Diagnoseausgleichung der Triangulation 1. und 2. Ordnung 'DIA93' (H. Chablais, Th. Signer und B. Vogel)	1995	8.-
10	Jahresbericht / Rapport annuel 1996	1997	gratis
11	Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz 'LV95': Teil 5: GPS-Landesnetz: Netzanlage, Materialisierung, Dokumentation und Nachführung (W. Santschi, B. Vogel, Th. Signer und D. Gutknecht)	1998	8.-
12	Teil 6: GPS-Landesnetz: GPS-Messungen 1988-94 (B. Vogel, A. Wiget, Th. Signer, D. Gutknecht und W. Santschi)	1997	8.-
13	Teil 7: GPS-Landesnetz: Auswertung der GPS-Messungen 1988-94; Bezugsrahmen 'CHTRF95' und 'LV95' (A. Wiget, U. Wild, Th. Signer und B. Vogel)	2003	10.-
14	Teil 8: Gesamtausgleichungen des GPS-Landesnetzes mit dem Diagnosenetz der Triangulation 1. und 2. Ordnung 'DIA95' (Th. Signer und B. Vogel)	2001	8.-
15	Teil 9: GPS-Landesnetz: Verdichtung und Bezug zur bisherigen Landesvermessung. Transformation 'LV95 <-> LV03' (Th. Signer und B. Vogel)	1999	8.-
16	Teil 10: Das Geoid der Schweiz 1998 "CHGEO98" (U. Marti)	2002	10.-
17d 17f 17e	Überlegungen zum Nutzen- und Einsparungspotenzial von Geo-Standards (J. Kaufmann, J. Dorfschmid) Réflexions concernant les potentiels d'utilité et d'économie en relation avec les géo-standards (J. Kaufmann, J. Dorfschmid) Reflections on the benefits and potential economies of geographic data standards (J. Kaufmann, J. Dorfschmid)	2001	8.-
18	Interpolation von DHM25 Level 2: Interpolation eines digitalen Höhenmodells aus Höhenkurven, Zwischenkurven, Seeufern, Bruchkanten, Gewässerlinien und Höphenkoten mittels Dreiecksvermaschung (Felix Arnet)	2001	8.-

* zuzüglich MWSt und Versandkostenanteil