

Bericht 12

1997

Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz 'LV95'

Teil 6

GPS-Landesnetz: GPS-Messungen 1988-94

B. Vogel, D. Gutknecht, W. Santschi, Th. Signer, A. Wiget

Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz 'LV95'

Teil 6

GPS-Landesnetz: GPS-Messungen 1988-94

© 1998
Bundesamt für Landestopographie
Office fédéral de topographie
Ufficio federale di topografia
Uffizi federal da topografia
Federal Office of Topography

Redaktion: D. Schneider
B. Vogel
A. Wiget
Ch. Studer
Auflage: 500 Exemplare
Druck: EDMZ

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung / Übersicht	1
2	Grundsätzliches zu den GPS-Messungen in LV95	3
2.1	Rekognoszierung	3
2.2	Netzaufbau / Konzept	3
2.3	Vorbereitung und Organisation der Messkampagnen	4
2.4	Messzeiten.....	5
2.5	Satellitenkonstellation	6
2.6	Messvorgang und Geräte	6
2.6.1	Messvorgang	6
2.6.2	GPS-Empfänger.....	7
2.6.3	Andere Geräte	7
2.7	Telekommunikation.....	8
2.8	Erfassung der Meteodaten	8
2.9	Datenübertragung / Datenkontrolle	8
3	Antennentests	9
4	GPS-Messkampagnen	9
4.1	NEOTEKTONIK Nordschweiz 1988	11
4.1.1	Tabelle mit Angaben zum Netz.....	11
4.1.2	Besondere Vorkommnisse.....	12
4.1.3	Satellitenkonstellation 10. Oktober 1988	12
4.1.4	Netzübersicht	12
4.2	LV95-89 (Teil Nordost)	13
4.2.1	Tabelle mit Angaben zum Netz.....	13
4.2.2	Besondere Vorkommnisse.....	14
4.2.3	Satellitenkonstellation 22. September 1989	14
4.2.4	Netzübersicht	14
4.3	LV95-90 (Teil West)	17
4.3.1	Tabelle mit Angaben zum Netz.....	17
4.3.2	Besondere Vorkommnisse.....	17
4.3.3	Satellitenkonstellation 6. Oktober 1990	18
4.3.4	Netzübersicht	18
4.4	LV95-91 (Teil Südwest)	19
4.4.1	Tabelle mit Angaben zum Netz.....	19
4.4.2	Besondere Vorkommnisse.....	20
4.4.3	Satellitenkonstellation 9. September 1991	20
4.4.4	Netzübersicht	20
4.5	LV95-91A (Teil Südwest, Anschlüsse Gebirgspunkte)	23
4.5.1	Tabelle mit Angaben zum Netz.....	23
4.5.2	Besondere Vorkommnisse.....	23
4.5.3	Satellitenkonstellation 24. August 1992.....	24
4.5.4	Netzübersicht	24
4.6	LV95-92 (Teil Südost)	25
4.6.1	Tabelle mit Angaben zum Netz.....	25
4.6.2	Besondere Vorkommnisse.....	26
4.6.3	Satellitenkonstellation 7. September 1992	26
4.6.4	Netzübersicht	27
4.7	LV95-92A (Teil Südost, Anschlüsse Gebirgspunkte)	29
4.7.1	Tabelle mit Angaben zum Netz.....	29
4.7.2	Besondere Vorkommnisse.....	30
4.7.3	Satellitenkonstellation 25. August 1993.....	30
4.7.4	Netzübersicht	31

4.8	EUREF-CH-92	33
4.8.1	Tabelle mit Angaben zum Netz.....	33
4.8.2	Besondere Vorkommnisse.....	34
4.8.3	Satellitenkonstellation 5. August 1992.....	34
4.8.4	Netzübersicht.....	35
4.9	EUREF-D/NL-93	37
4.9.1	Tabelle mit Angaben zum Netz.....	37
4.9.2	Besondere Vorkommnisse.....	37
4.9.3	Satellitenkonstellation 10. Mai 1993.....	38
4.9.4	Netzübersicht.....	38
4.10	LV95-94 Oberarth (Ergänzung zum Teilnetz 92)	39
4.10.1	Tabelle mit Angaben zum Netz.....	39
4.10.2	Besondere Vorkommnisse.....	39
4.10.3	Satellitenkonstellation 20. März 1994.....	40
4.10.4	Netzübersicht.....	40
4.11	LV95-94A (LFP1-Anschlüsse der restlichen Gebirgspunkte)	41
4.11.1	Tabelle mit Angaben zum Netz.....	41
4.11.2	Besondere Vorkommnisse.....	42
4.11.3	Satellitenkonstellation 15. August 1994.....	42
4.11.4	Netzübersicht.....	43
5	Zusammenstellung aller Anschlüsse	45
5.1	Netzübersicht AP Landestriangulation.....	46
5.2	Netzübersicht AP Landesnivellement.....	46
6	Anschlussmessungen an die lokalen Fixpunkte im Bezugsrahmen LV03, Punkteinnmessungen	47
7	LV95-Verdichtung	47
8	Dokumentation und Archivierung der Messdaten	47
9	Dank	48

Literatur

Abkürzungen und Begriffe

Technische Berichte der L+T

Berichte aus der L+T

1 Einleitung / Übersicht

Der 6. Teil der Berichteserie zu LV95 befasst sich mit der Organisation und dem Ablauf der Messungen für die einzelnen Kampagnen von 1988 bis 1994. Die allgemeinen Grundsätze zur Messung des LV95-Netzes werden erläutert. In kurzer tabellarischer Form wird je ein Überblick über die einzelnen Messkampagnen gegeben und schliesslich wird das Konzept für die Dokumentation und Archivierung der Messungen vorgestellt. Zu jeder Messkampagne existiert ein L+T-interner technischer Bericht, in welchem die detaillierten Angaben und speziellen Vorkommnisse vollständig beschrieben sind. Für nähere Angaben zu den Teilnetzen selbst wird deshalb auf die entsprechenden technischen Berichte verwiesen.

Die folgende Tabelle zeigt die in diesem Bericht behandelten Kampagnen. Zusammen ergeben diese Messungen die offizielle Erstbestimmung des LV95-Hauptnetzes mit den Netzanschlüssen zu EUREF, zur Landestriangulation 1./2. Ordnung und zum Landesnivellement. Die nach 1994 laufend erfolgten Ergänzungsmessungen (Verdichtungsnetze, Grundlagennetze zu grossen Bauprojekten etc.) sind in separaten technischen Berichten beschrieben und dokumentiert.

Teilnetz	Gebiet	Vorbereitung	Messung	Lit.-Angabe
NEOTEKTONIK-88	Nord-Schweiz	1987	Okt. 1988	TB 95-02
LV95-89	Nordost-Schweiz	1988	Sept. 1989	TB 95-30
LV95-90	West-Schweiz	1989	Okt. 1990	TB 95-31
LV95-91	Südwest-Schweiz	1990	Sept. 1991	TB 95-32
LV95-91A	Anschlüsse Gebirgspunkte Teil 91	1991/92	Aug. 1992	TB 95-33
LV95-92	Südost-Schweiz	1991	Sept. 1992	TB 95-34
LV95-92A	Anschlüsse Gebirgspunkte Teil 92	1992/93	Sept. 1993	TB 95-35
EUREF-CH-92	5 EUREF-Punkte Schweiz		Aug. 1992	TB 96-12
EUREF-D/NL-93	3 EUREF-Punkte Schweiz		Mai 1993	TB 95-31
LV95-94 Oberarth	Zentralschweiz (Ergänzungnetz)	1993	März 1994	TB 95-37
LV95-94A	Anschlüsse restliche Gebirgspunkte	1993/94	Aug. 1994	TB 95-36

Tab. 2.1-1: Überblick LV95-Messkampagnen 1988 bis 1994

In allen Messkampagnen wurde versucht, für den optimalen Messablauf eine möglichst grosse Geräteflotte zusammenzustellen. Damals waren aber die zur Verfügung stehenden GPS-Empfänger noch nicht sehr weit verbreitet. Wie die L+T verfügten bereits ab 1988 das Landesverwaltungsamt Niedersachsen (LVA-NS, Hannover) und ab 1989 das Österreichische Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV, Wien) über geodätische GPS-Empfänger vom Typ Trimble 4000. Das BEV besass allerdings nur 2 Einfrequenz-Empfänger. Später beschafften auch das Institut für Geodäsie und Photogrammetrie der ETH Zürich (IGP-ETHZ) und das private Ingenieurbüro Grunder Ingenieure AG Trimble-Empfänger. Dank guter Kontakte zu diesen Stellen konnten die Empfänger jeweils gegenseitig ausgeliehen werden.

Grosse Bedeutung wurde der Bestimmung der relativen Offsets der Antennenphasenzentren unter den verwendeten Antennen beigemessen. Jährlich wurde vor und/oder nach den Kampagnen ein Antennentest auf der Eichstrecke in Thun durchgeführt. Dabei galt es, zu den möglichst gleichen Bedingungen (Messzeit, Satellitenkonstellation) wie in den Kampagnen selbst, die Antennenoffsets zu bestimmen. Auch dazu sind entsprechende Berichte und Resultate abgelegt.

2 Grundsätzliches zu den GPS-Messungen in LV95

Die Messkampagnen von 1988 bis 1994 unterschieden sich nicht so gravierend, dass für jeden einzelnen Feldeinsatz ein neues Messkonzept beschrieben werden müsste. Es waren damals vor allem die Erfahrungen aus den GPS-Messungen im Testnetz Turtmann [Jeanrichard et al., 1992 (Teil 1) und 1995 (Teil 2)] und jene aus dem Netz NEOTEKTONIK Nordschweiz 1988 [Wiget et al.; 1991], welche die Vorbereitung und Durchführung der geplanten Messkampagnen entscheidend beeinflussten. Zwar musste für jedes Jahr wieder mit Änderungen in der Satellitenkonstellation gerechnet werden, war doch das GPS Navigationssystem des US-amerikanischen Verteidigungsministeriums (DoD) noch im Aufbau begriffen und stand dieses System erst als Testkonfiguration mit anfänglich 7 bis später ca. 20 GPS-Satelliten zur Verfügung. Wichtige Randbedingungen waren die optimale Satellitenverfügbarkeit, welche die Tageszeit und die Länge der Messfenster bestimmte, und die ionosphärischen Störeinflüsse, welche durch Nachtmessungen verringert werden konnten. Genügende Beobachtungsfenster standen insbesondere Ende der 80er Jahre nur während 4 bis 11 Stunden täglich zur Verfügung. Da sie jeweils in den Monaten August bis November in die Nachtstunden fielen, mussten die Messkampagnen im Herbst stattfinden. Mit Ausnahme der unterschiedlichen Länge der Nachtmessungen und der (mit den Jahren zunehmenden) Anzahl getrackter Satelliten pro Kampagne war der Messablauf grundsätzlich immer der gleiche, was aber nicht heissen sollte, dass die Erfahrungen aus den vorangegangenen Messungen in die nächstfolgenden Kampagnen nicht eingeflossen wären.

Vom Prinzip der Nachtmessungen ausgenommen waren die Anschluss-Kampagnen LV95-91A, LV95-92A und LV95-94A, in welchen die Anschlüsse an die Gebirgspunkte der Landestriangulation 1./2. Ordnung gemessen wurden. Diese z.T. recht exponierten Hochgebirgspunkte konnten nicht in der Nacht gemessen werden. Dies war auch der Grund, weshalb dafür Feldeinsätze, die sich in der Organisation und in den Messzeiten von den übrigen Kampagnen leicht unterschieden (z.B. Helikoptereinsätze, kürzere Basislinien), separat geplant werden mussten.

Nachfolgend wird der allgemeine Messablauf, an welchen sich grundsätzlich jeder Einsatzleiter halten konnte, kurz beschrieben.

2.1 Rekognoszierung

Eine vorgängige Rekognoszierung für die Messungen auf den Hauptpunkten erübrigte sich, weil die Punkte in der Regel im Vorjahr oder spätestens im Frühling/Sommer vor den Messungen definitiv gekennzeichnet wurden. Nähere Hinweise dazu sind aus dem Teil 5 der LV95-Berichte oder aus den technischen Berichten zu entnehmen.

Die leicht zugänglichen Anschlusspunkte der Landestriangulation 1./2. Ordnung und des Landesnivellementes wurden entweder kurz vor der Messkampagne begangen, um die dortigen Messbedingungen und -standorte (zentrisch oder exzentrisch) zu rekognoszieren, oder es wurde bereits bei der Festlegung der LV95-Punktstandorte abgeklärt, wie diese Anschlüsse zu messen sind. Bei den schwierig zu begehenden Anschlusspunkten im Berggebiet wurde anhand der Nachführungseinträge in den Punktprotokollen entschieden, ob eine vorgängige Revision und Rekognoszierung notwendig wäre. In den meisten Fällen wurde dann auf eine vorgängige Punktrekognoszierung verzichtet, mit dem Risiko, dass bei Überraschungen eventuell im Nachhinein eine exzentrische oder improvisierte Station noch eingemessen und instandgestellt werden müsste.

2.2 Netzaufbau / Konzept

Das LV95-Netz musste aus Kapazitätsgründen in Teilnetzen bearbeitet werden. Die Netzanordnung jedes Teilnetzes musste die folgenden Kriterien erfüllen:

- ⇒ Anschluss an EUREF
- ⇒ Anschluss an die Teilnetze
- ⇒ unabhängige Doppelstationierung
- ⇒ Nachbarbeziehung
- ⇒ Messung in der Nacht (ionosphärische Einflüsse)
- ⇒ gute Verknüpfung der einzelnen Sessionen
- ⇒ Anschluss an Landestriangulation und -Nivellement

In der Regel wurden diese Teilnetze in Haupt- und Detailnetze unterteilt. Die Hauptnetze bestanden aus den nächst gelegenen EUREF-Punkten, wobei die Station Zimmerwald immer miteinbezogen wurde, sowie 2 bis 3 ausgewählten, homogen im Netz verteilten Punkten. Über mindestens drei Hauptpunkte wurden die Sessionen des Detailnetzes jeweils optimal miteinander verbunden.

Abb. 2.2-1: Übersicht der Netzunterteilung von LV95

2.3 Vorbereitung und Organisation der Messkampagnen

In allen Kampagnen waren mehrere (bis max.13) Messequipen gleichzeitig im Einsatz, was von dem jeweiligen Einsatzleiter eine äusserst sorgfältige Vorbereitung und Organisation verlangte. Die L+T alleine verfügte nicht über die Kapazität, um alles Material und genügend Personal zur Verfügung zu stellen. Man war deshalb auf Mithilfe von verschiedenen externen Betrieben oder Institutionen angewiesen, was bei rechtzeitiger Anmeldung erfreulicherweise auch gut gelang.

Das Einsatzgebiet erstreckte sich pro Messtag über eine solche Ausdehnung, dass sich die Beteiligten nicht mehr zentral treffen konnten. Anhand von detaillierten Einsatzplänen musste sich jeder Operateur selbständig zurechtfinden können, um die verlangten Arbeitsabläufe einzuhalten, um bei Schwierigkeiten erreichbar zu bleiben, um die nötige Datenübertragung zu gewährleisten, usw. In der Regel wurden dazu in verschiedenen Hotels Kleinzentren eingerichtet, was es dem Einsatzleiter erleichterte, mit seinen Kollegen und Kolleginnen im Kontakt zu bleiben. Zudem waren alle Operateure mit Funkgeräten ausgerüstet.

Die folgende Tabelle zeigt die wichtigsten Komponenten und Institutionen:

<i>Personal</i>	Bundesamt für Landestopographie, Abt. Geodäsie und andere Abteilungen (L+T) Landesverwaltungsamt Niedersachsen (LVA-NS) Eidg. Vermessungsdirektion (V+D) Eidg. Technische Hochschule Zürich, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie (IGP-ETHZ) Ingenieurschule beider Basel, Abt. Vermessungswesen (IBB) WK-Soldaten
<i>Instrumente und Vermessungsmaterial</i>	L+T, LVA-NS, IGP-ETHZ, IGM-EPFL Österr. Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) Grunder Ingenieure AG (Grunder)
<i>Telekommunikation</i>	Funkgeräte von L+T (SE-125 und Motorola) und vom Bundesamt für Übermittlungstruppen, BAUEM (SE-225)
<i>Datenübertragung</i>	Diverse PCs von L+T, IGP-ETHZ, LVA-NS und V+D

Tab. 2.3-1: Beteiligte Institute und Betriebe

2.4 Messzeiten

Der zeitliche Ablauf der Messungen ist jeweils in einem "Beobachtungsplan" tabellarisch mit der Angabe der Sessionsnummer bzw. des Beobachtungstages, des zu stationierenden Punktes und der Equipen-Nummer ersichtlich. Zudem sind diese Messpläne graphisch als Netzpläne dargestellt (siehe dazu Kap. 4)

Station	8.10	9.10	10.10	11.10.	12.10	15.10	16.10	17.10	18.10	Total Stationierungen
	Beobachtungstag									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
60 Travers <i>Le Soliat</i> <i>Noraigue</i>						5		9 12aT 12bN		2 1 1
61 Vogelberg	11	10								2
62 Vully <i>Sugiez</i>		11		2 7bN						2 1
27 Zimmerwald	1	1	1	1	1	2	2	2	2	9
04 Chrischona	2	2	2	9		3		3	3	7
23 Sins	9								7	2
26 Wartburg	10	8								2
Total 36	13	13	13	13	13	13	13	13	13	96

Legende: **fett:** LV95-Punkt
kursiv: Anschlusspunkt Triangulation bzw. Nivellement
Nummern in Tabelle: Equipen-Nummer 1-13: a = erste Hälfte der Nacht, b = zweite Hälfte der Nacht
T = Anschluss Triangulation; N = Anschluss Nivellement

Tab. 2.4-1: Beispiel: Ausschnitt eines Beobachtungsplanes (LV95 Teil 90)

Ausschlaggebend für den Zeitpunkt der Messungen war die Verfügbarkeit der Satelliten. Um über eine möglichst lange Zeitepoche pro Tag mindestens 4 Satelliten gleichzeitig empfangen zu können, waren von 1988 bis 1994 anfänglich 4- bis zuletzt 8-stündige Messfenster auszunutzen.

Die Sonnenfleckentätigkeit, welche im wesentlichen die Ionosphäre beeinflusst, schwankt in einem Rhythmus von 11 Jahren und erreichte im Jahre 1990 ein Maximum. Damit waren gerade zum Zeitpunkt der LV95-Messkampagnen die Störeinflüsse der Ionosphäre besonders gross. Da sich diese tagsüber deutlich spürbarer auswirken, wurden die Messungen generell in der Nacht von ca. 22:00 Uhr bis 06:00 Uhr durchgeführt.

Das Feldpersonal wurde dadurch besonders stark gefordert. Tagsüber musste neben der Datenübertragung der vergangenen Nachtmessungen und der Dislokation die nächste Messstation vorbereitet werden. Diese Vorbereitung war nicht zu unterschätzen, musste doch die Zentrierung der Antennen mit höchster Präzision erfolgen. Auch waren z.T. Absicherungen notwendig, um die Messung in der Nacht nicht zu gefährden. Wo die Zeit ausreichte, erfolgten auch einfache terrestrische Einmessungen (z.B. Exzenterbestimmungen oder kurze Nivellementsanschlüsse bei den zugänglichen Anschlusspunkten). Während der Nacht wurde die Messung periodisch überwacht, indem in bestimmten Zeitabständen auf den Messstationen auch die Meteodaten zu erfassen waren. Es war also für die Beobachter oft schwierig, sich auch in den dazwischenliegenden Zeitabschnitten die nötige Ruhezeit einzuplanen.

2.5 Satellitenkonstellation

Weil sich das GPS-Navigations-System damals noch in der Aufbauphase befand, waren die Satellitenkonstellationen in jeder Messkampagne wieder anders. Für jede Messkampagne wurde das Messfenster aufgrund der verfügbaren Satelliten festgelegt. Diese Satellitenverfügbarkeiten waren wichtige Planungsgrundlagen und basierten auf den Annahmen, dass die Satelliten erst ab einer Elevation von mind. 15° über dem Horizont getrackt wurden und dass die Satelliten tatsächlich zur Verfügung standen. Es kam denn auch vor, dass bei der Planung die Konstellation noch anders war als bei den effektiven Messungen. Zu Beginn standen insgesamt 7 Satelliten zur Verfügung, im Jahre 1994 waren es bereits 19.

2.6 Messvorgang und Geräte

2.6.1 Messvorgang

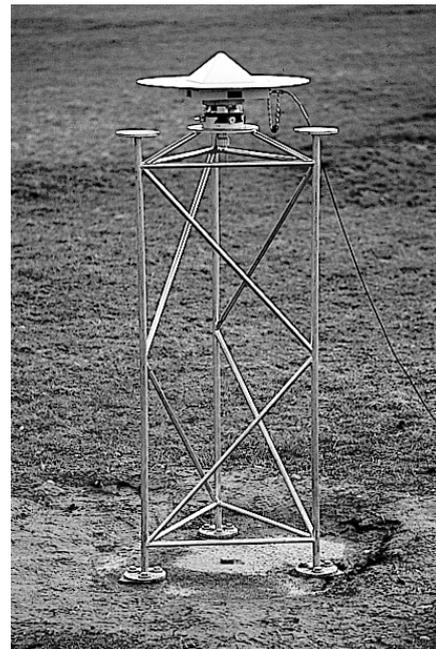
Auf den sorgfältigen Messablauf wurde grosses Gewicht gelegt, sollten doch die Messungen mit höchster Präzision erhoben werden. Jeder Operateur hatte deshalb eine Feldmappe zur Verfügung, in welcher Bedienungsanleitungen für die Messgeräte, Checklisten und Feldprotokolle beilagen. Mit diesen Unterlagen konnte sich jeder einzelne auf der Messstation gut zurechtfinden.

Besondere Sorgfalt galt der Zentrierung der GPS-Antenne, welche auf wenige Zehntelmillimeter genau über dem Messpunkt montiert werden musste. Dazu wurde im Zentrum des Lochbolzens eine Zentriermarke (System Le Pont-Zapfen) aufgesetzt. Mittels eines drehbaren optischen Lotes wurde sodann der Antennenaufsatz präzise zentriert. Die Antennenhöhe wurde wo möglich nivelliert oder über unabhängige Schrägmasse mit dem Doppelmeter auf das vertikale Mass reduziert. Auch mussten die Antennen immer nach Norden ausgerichtet werden, um die relativen Antennenoffsets später richtig berücksichtigen zu können. Die Zuverlässigkeit dieser Zentrierung wurde gewährleistet, indem vor und nach jeder Messung alles unabhängig kontrolliert und in die Feldblätter eingetragen wurde.

Während der eigentlichen GPS-Messdauer wurden die Punkte in regelmässigen Abständen besucht, um die tadellose Messung zu überwachen (Stromversorgung, Messunterbrüche, Satelliten, Schutz der GPS-Empfänger, sonstige Einwirkungen etc.), und um die Meteodaten zu registrieren. Alle Vorkommnisse wurden jeweils in den Feldblättern protokolliert. Dieses Vorgehen hat sich bewährt, mussten doch schliesslich über alle Kampagnen hinweg nur sehr wenige Messausfälle zur Kenntnis genommen werden.

2.6.2 GPS-Empfänger

Vor der Messung des Netzes LV95 hatte die L+T in aufwendigen Evaluationsverfahren Gerätetests im Testnetz Turtmann [Jeanrichard et al., 1995] durchgeführt und sich schliesslich für die Beschaffung von 4 Zweifrequenzen-GPS-Empfängern des Typs "Trimble 4000 SLD" entschieden.



Fotos 2.6-1/2: GPS-Empfänger Trimble 4000 SL/SLD

Antenne auf Messpfeiler

Diese Geräte kamen in den Teilkampagnen 1988 bis 1992 zusammen mit weiteren, von anderen Institutionen ausgeliehenen Trimble-Geräten zum Einsatz (siehe Kap. 2.3). Das Netz wurde also ausschliesslich mit Geräten der Marke Trimble gemessen. Infolge der rasanten technischen Entwicklung waren es aber unterschiedliche Typen. Im Jahre 1991 kaufte die L+T einen zusätzlichen "Trimble 4000 SST" und 1993 wurde die ursprüngliche L+T-Geräteflotte bereits durch 5 neue Geräte des Typs "Trimble 4000 SSE" ersetzt.

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die verwendeten Geräte:

Gerät	Frequenz	Einsatz
Trimble 4000SX	L1	Reservegerät und/oder für kurze Basislinien zu Anschlusspunkten
Trimble 4000SL	L1	kurze Basislinien für Messungen zu den Anschlusspunkten
Trimble 4000SD	L1/L2	Referenzstation Zimmerwald 1988
Trimble 4000SLD	L1/L2	Hauptpunkte 1988 bis 1992
Trimble 4000STD	L1/L2	Hauptpunkte 1990 bis 1992
Trimble 4000SST	L1/L2	Hauptpunkte 1990 bis 1992
Trimble 4000SSE	L1/L2	Hauptpunkte und Anschlusspunkte 1993 bis 1994

Tab. 2.6-1: Trimble-Geräteserien, die für LV95 eingesetzt wurden

2.6.3 Andere Geräte

Neben den reinen GPS-Messgeräten kam noch folgendes Instrumentarium zum Einsatz, um die hohen Anforderungen während des Messablaufes gewährleisten zu können:

Gerät	Zweck
Wild Nadirlot NL	Zentrierung der GPS-Antennen
optische Lote der Kern Theodolite DKM-2A , E2 und Mekometer-Prismen	Zentrierung der GPS-Antennen
Rekta Bussolen	Ausrichtung der GPS-Antennen nach Norden
Leica Tachimeter TC2002	Einmessung der exz. Zeichen (Rückversicherung) und trigonometrische Anschlussmessungen an die benachbarten LFP1/2
Theodolite Kern E2, Leica T3000 und Kern Mekometer ME5000	Einmessung der exz. Zeichen (Rückversicherung) und trigonometrische Anschlussmessungen an die benachbarten LFP1/2
Wild Nivelliergeräte NA2	Anschlussmessungen an die benachbarten Höhenfixpunkte und Messung der GPS-Antennenhöhen (wo möglich)
Thommen Aneroidbarometer und Höhenmesser	Erfassung der Meteodaten (Luftdruck)
HAENNI Aspirations-Psychrometer	Erfassung der Meteodaten (Feucht- und Trockentemperatur)
div. Funkgeräte / Natel C	Telekommunikation zwischen Feldpersonal und Einsatzleitung
div. Feld-PCs	Datenübertragung und Datensicherung

Tab.2.6-2: Zusätzliches Instrumentarium

2.7 Telekommunikation

In den Teilnetzen 1988 bis 1990 (Mittelland) wurden die Operateure mit den Funkgeräten SE-125 und/oder SE-225 ausgerüstet, um möglichst jederzeit miteinander in Kontakt zu bleiben. Aus topographischen Gründen konnte aber nie zu allen Operateuren eine vollständige Verbindung aufgebaut werden. Deshalb war der Einsatzleiter jeweils zu festgelegten Zeiten mit dem Telefon in den vereinbarten Hotels zu erreichen. Ab 1991 konnten die Verbindungen zum Einsatzleiter auch mit NatelC sichergestellt werden. So konnten wichtige Mitteilungen dennoch übermittelt werden. In den Alpengebieten musste dann auf die Funkverbindungen definitiv verzichtet werden.

2.8 Erfassung der Meteodaten

Während der gesamten Messzeit wurden auf jeder Station periodisch - anfänglich alle halben Stunden, später ca. alle 2 Stunden - der Luftdruck sowie die Trocken- und Feuchttemperatur gemessen und in den Feldblättern registriert. Gleichzeitig konnten dadurch der Messablauf kontrolliert und bei allfälligen Problemen die erforderlichen Massnahmen getroffen werden. Die Barometer und Psychrometer wurden vor und nach jeder Kampagne miteinander verglichen. Die Geräte der L+T wurden zudem in der Druckkammer des Amtes für Messwesen regelmässig geeicht.

2.9 Datenübertragung / Datenkontrolle

Die Datenübertragung von den GPS-Empfängern erfolgte täglich auf einen PC. Anfänglich standen erst wenige PCs zur Verfügung, so dass die Datenübertragung in Kleinzentren gut organisiert werden musste. Als Sicherheitskopien wurden pro Messstation je 2 Disketten beschrieben, wovon eine beim Operateur zurückblieb und eine per Post an die L+T geschickt wurde. In der L+T war eine Person verantwortlich für die Datenkontrolle. Diese bestand einerseits in der Kontrolle auf Vollständigkeit und

andererseits in einer Art Qualitätskontrolle, indem pro Messtag einzelne Basislinien provisorisch berechnet wurden. Die definitive Ablage der Daten erfolgte schliesslich auf den L+T-Rechner (GPS-Server). Als zusätzliche Datensicherung liegt eine Kopie der kompletten Messungen auf Bernoullibox vor.

Als weitere Dokumentation zu den Messungen existiert für jede Messstation ein Feldblatt mit detaillierten Angaben zum Messgeschehen (Beobachter, Datum, Messzeit, Empfängertyp, Messoptionen, Satelliteninformationen, Antennenhöhe, Meteodaten, Bemerkungen, etc.). Diese Feldblätter sind kampagnenweise abgelegt.

3 Antennentests

Anlässlich jeder Messkampagne wurden alle eingesetzten GPS-Empfänger auf der Antennen-Teststrecke in Thun geprüft. Das primäre Ziel dieser sogenannten "Antennentests" war:

- ⇒ Bestimmung der relativen Offsets der Phasenzentren aller Antennen, d.h. der Ablage des über eine Session gemittelten elektronischen Phasenzentrums gegenüber dem mechanischen Zentrum der Antenne (eine Antenne mit den Nominaloffsets nach Herstellerangaben = Referenz)

Bei gleicher Gelegenheit konnten auch folgende Zielsetzungen erreicht werden:

- ⇒ Überprüfung der Funktionstüchtigkeit aller Empfänger
- ⇒ Nachweis der Vollständigkeit des GPS-Materials
- ⇒ Auffrischen der Kenntnisse der GPS-Operateure in der Bedienung der Empfänger

Bei den Tests sollten möglichst die gleichen Bedingungen wie in den Kampagnen selbst vorliegen. Deshalb wurden diese Messungen unmittelbar vor oder nach der Kampagne organisiert. Die Messzeit entsprach also den gleichen Messfenstern wie in den jeweiligen Kampagnen. Als Beobachter reichten zwei bis drei Personen aus, um die Messungen zu überwachen und die Meteodaten regelmässig zu registrieren.

4 GPS-Messkampagnen

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die einzelnen Teil-Kampagnen 1988 bis 1994, die dem eigentlichen Aufbau des gesamten GPS-Landesnetzes LV95 gedient haben. Die Angaben beschränken sich bewusst auf ein Minimum. Detailangaben sind den entsprechenden Technischen Berichten zu entnehmen.

4.1 NEOTEKTONIK Nordschweiz 1988

4.1.1 Tabelle mit Angaben zum Netz

NEOTEKTONIK Nordschweiz 1988	
Netzausdehnung	Nordschweiz: Rheinfelden-Sissach-Olten bis Singen-Frauenfeld-Turbenthal (80 km x 40 km), kombiniert mit dem Tunnelnetz für den Wisenberg-Tunnel
Anzahl Punkte	36 Neupunkte, inkl. 1 EUREF-Punkt (Zimmerwald), davon sind 11 Punkte als Hauptpunkte ins LV95-Netz aufgenommen worden
Messkonzept	4 Punkte als Haupt- oder übergeordnetes Netz mit L1/L2-Empfängern: Hönggerberg, Siblingen, Sissach, Zimmerwald (Referenzstation) <i>Wis88</i> : 5 Sessionen über 3 Hauptpunkte (inkl. Zimm) verknüpft <i>Neo88</i> : 8 Sessionen über 4 Hauptpunkte (inkl. Zimm) verknüpft
Europäische Referenzstationen	CIGNET-Stationen: Onsala, Tromsø, Wettzell (TI4100-Empfänger)
Personalaufwand	
Einsatzleiter	D. Schneider
Beteiligte Institute / Personen	L+T: 12, LVA-NS: 3
Anzahl Equipen	10, GPS-Messungen und lokale Rückversicherungen
Messzeiten / Satelliten	
Datum der Messtage	<i>Antennentests</i> : 10.-12. Okt. 1988 (3 Nächte) <i>Teilnetz Wis88</i> 13.-15. Okt., 21. und 24. Okt. 1988 (total 5 Nächte) <i>Teilnetz Neo88</i> 17.-20. Okt. und 25.-28. Okt. 1988 (total 8 Nächte)
Messfenster	<i>Beginn</i> : 10. Okt.: ~ 02:00 Uhr bis 06:20 Uhr MEZ <i>Schluss</i> : 28. Okt.: ~ 01:30 Uhr bis 05:50 Uhr MEZ
Satelliten	Manuelle Auswahl: Sat. PRN-Nr.: 03, 06, 08, 09, 11, 12, 13 S/A war ausgeschalten
Messung	
Messgeräte	<i>GPS (Trimble 4000...)</i> : - 2 SL (L1) der L+T - 4 SX (L1) des LVA-NS - 1 SD (L1/L2) Trimble Navigation Ltd. (Zimmerwald) - 2 SLD (L1/L2) der L+T - 2 SLD (L1/L2) des LVA-NS <i>Meteo</i> : - Barometer Thommen (Aneroidbarometer oder einfache Höhenmesser) - Aspirations-Psychrometer HAENNI <i>Funk</i> : - Funkgeräte SE-225 vom BAUEM
Messmodus	Statisch; Epochenintervall 15 Sek.; Elevation ab 15 Grad Nachtmessungen
Meteo-Registrierung	Alle 30 Minuten
Feldauswertung	Tägliche Kontrollberechnungen mit TRIMVEC Multibase Software Vers. 88.044MB; getrennt für L1- und L1/L2-Empfänger (ohne Zimm)
Terrestrische Rückversicherungen	Terr. Richtungs- und Distanzmessungen, meist während der GPS-Kampagne

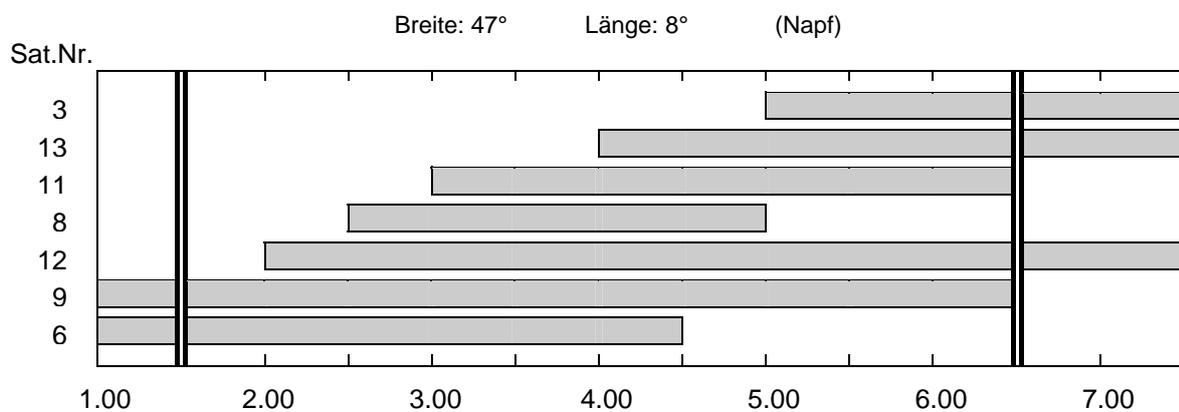
Tab. 4.1-1: Übersicht Messkampagne NEOTEKTONIK-88

4.1.2 Besondere Vorkommnisse

Die Kampagne Neotektonik Nordschweiz 1988 war die erste grosse GPS-Messkampagne der L+T [Wiget et al., 1991]. Dabei wurden in der Vorbereitung wie in der Durchführung wichtige Erfahrungen für alle weiteren Teilkampagnen von LV95 gemacht. Als Grundlage für den Projektentwurf und für das Messkonzept wurde bereits 1987 vom Astronomischen Institut der Universität Bern (AIUB, Prof. Dr. G. Beutler) eine Simulation und Präanalyse des GPS-Netzes NEOTEKTONIK Nordschweiz berechnet [TB 95-02].

Die Messkampagne konnte dank dem guten Einsatz aller Beteiligten ohne grössere Schwierigkeiten abgeschlossen werden. Kleinere Zwischenfälle betrafen kurze Stromausfälle infolge Fehlmanipulationen auf zwei Stationen sowie eine irrtümlich nach Süden orientierte Antenne auf einer Station. Am dritten Tag fiel eine L1/L2-Antenne aus und konnte nicht mehr repariert werden (Ersatz durch eine L1-Antenne). Damit konnten nur noch auf den vier Hauptpunkten (inkl. Zimmerwald) Zweifrequenzmessungen gemacht werden.

4.1.3 Satellitenkonstellation 10. Oktober 1988



Tab. 4.1-2: Satelliten-Konstellation NEOTEKTONIK-88

Lokalzeit MEZ (UT + 1 h)

4.1.4 Netzübersicht

Fig. 4.1-1: Netz NEOTEKTONIK-88

4.2 LV95-89 (Teil Nordost)

4.2.1 Tabelle mit Angaben zum Netz

LV95-89 (Teil Nordost)	
Netzausdehnung	nordöstliches Mittelland (Basel - St. Margrethen und Schaffhausen - Einsiedeln) Kantone AG, ZH, SH, TG, AI, AR, SG
Anzahl Punkte	27 Neupunkte, inkl. 3 EUREF-Punkte (Chrischona, Pfänder, Zimmerwald), davon sind 11 Punkte identisch mit Punkten des Netzes 'NEOTEKTONIK-88' 23 AP Landestriangulation; 21 AP Landesnivellement
Messkonzept	Rahmennetz mit 8 Punkten (davon 3 EUREF-Punkte) 2 mal gemessen; Verdichtungsnetz mit 8 Sessionen, welche jeweils über mindestens 2 Punkte mit dem Rahmennetz verbunden sind
Europäische Referenzstationen	nur Zimmerwald
Personalaufwand	
Einsatzleiter	Th. Signer
Beteiligte Institute / Personen	L+T: 11, LVA-NS: 2, ETHZ: 1
Anzahl Equipen	10, davon 1 Equipe zeitweise für terr. Einmessungen eingesetzt
Messzeiten / Satelliten	
Datum der Messtage	<i>Antennentests:</i> 12.-15. Sept. 1989 <i>Rahmennetz:</i> 19. und 20. Sept., Nachmessungen 30. Sept. 1989 <i>Verdichtungsnetz:</i> 21.-29. Sept. 1989 (7 Nächte)
Messfenster	<i>Beginn:</i> 19. Sept.: ~ 03:15 Uhr bis 07:45 Uhr MEZ <i>Schluss:</i> 30. Sept.: ~ 02:30 Uhr bis 07:00 Uhr MEZ
Satelliten	Manuelle Auswahl: Sat. PRN-Nr.: 03, 06, 08, 09, 11, 12, 13 S/A war ausgeschaltet
Messung	
Messgeräte	<i>GPS (Trimble 4000...):</i> - 4 SLD (L1/L2) der L+T (davon 1 in Zimmerwald) - 4 SLD (L1/L2) des LVA-NS - 2 SL (L1) des BEV - 2 SX (L1) des LVA-NS (davon 1 als Reservegerät) <i>Meteo:</i> - Barometer Thommen (Aneroidbarometer oder einfache Höhenmesser) - Aspirations-Psychrometer HAENNI <i>Funk:</i> - Funkgeräte SE-225 vom BAUEM
Messmodus	Statisch; Epochenintervall 15 Sek.; Elevation ab 15 Grad Nachtmessungen
Meteo-Registrierung	Alle 30 Minuten
Feldauswertung	Rahmennetz: Kontrollberechnung durch prov. Auswertung einzelner Basislinien in der L+T mit Berner Software Version 3.2 Verdichtungsnetz: Tägliche Kontrollberechnungen einzelner Basislinien mit TRIMVEC Multibase Software (nur L1), Vers. 88.044MB
Terrestrische Rückversicherungen	z.T. Einmessungen während der Messkampagne, z.T. in separater Kampagne

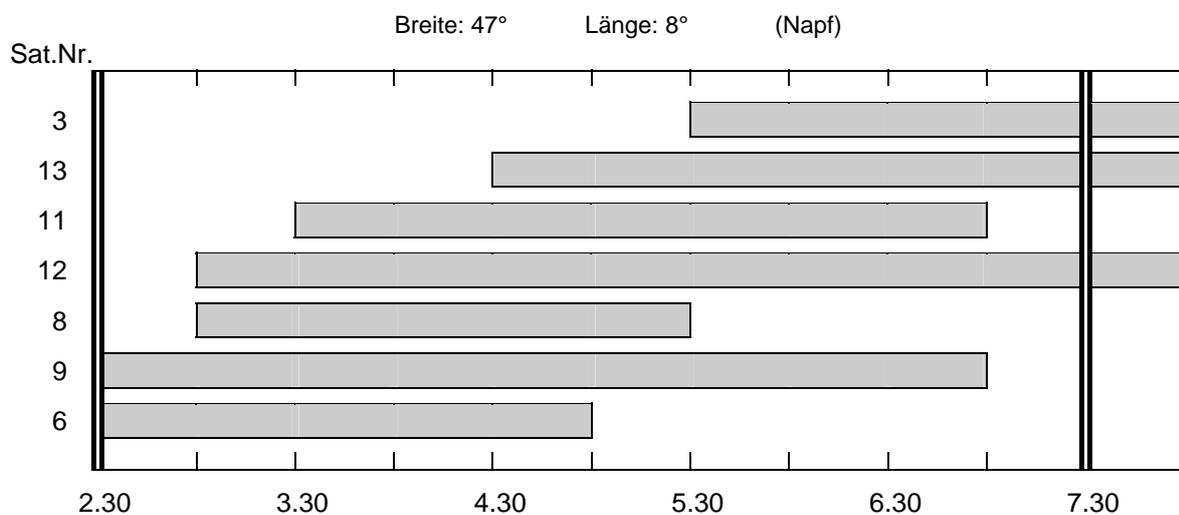
Tab. 4.2-1: Übersicht Messkampagne LV95-89

4.2.2 Besondere Vorkommnisse

Auch für diesen Netzteil wurde vorgängig eine Simulationsberechnung mit der Berner Software durchgeführt. Diese hat ergeben, dass die Auflösung der Ambiguities bei den langen Basislinien des Rahmennetzes Probleme bringen könnte. Testberechnungen während der Messkampagne haben dies denn auch bestätigt, so dass am 30. Sept. 89 Nachmessungen auf den Stationen Gaster, Höggerberg, Nollen und Zimmerwald erfolgten.

Dank der im Netz NEOTEKTONIK Nordschweiz 1988 gemachten Erfahrungen sowie dem Einsatz aller Beteiligten lief die Messkampagne ohne grössere Schwierigkeiten ab. Kleinere Zwischenfälle betrafen zwei Stationen mit Stromausfällen sowie eine Station (Anschluss Nivellement), wo infolge einer starken Frequenzdrift der Empfänger neu gestartet werden musste. Am 29. Sept. fiel eine L1/L2-Antenne aus und musste durch eine L1-Antenne ersetzt werden. Am 29. und 30. Sept. (Sessionen 272 und 273) waren alle Satelliten auf 'unhealthy' gesetzt. Durch entsprechende Einstellungen an den Empfängern konnte jedoch dennoch gemessen werden.

4.2.3 Satellitenkonstellation 22. September 1989



Tab. 4.2-2: Satelliten-Konstellation LV95-89

Lokalzeit MEZ (UT + 1 h)

4.2.4 Netzübersicht

Fig. 4.2-1: Rahmennetz LV95-89

Fig. 4.2-2: Gesamtnetz LV95-89

4.3 LV95-90 (Teil West)

4.3.1 Tabelle mit Angaben zum Netz

LV95-90 (Teil West)	
Netzausdehnung	Jura, westliches Mittelland, Westschweiz
Anzahl Punkte	31 Neupunkte; 2 AP Netz LV95-89; 3 EUREF-Punkte, 31 AP Landestriangulation; 27 AP Landesnivellement
Messkonzept	4 Hauptpunkte als Haupt- oder übergeordnetes Netz 9 Sessionen über mindestens 3 Hauptpunkte verknüpft Zimmerwald als Referenzstation
Europäische Referenzstationen	Graz, Madrid, Onsala, Tromsö, Wettzell
Personalaufwand	
Einsatzleiter	B. Vogel
Beteiligte Institute / Personen	L+T: 21, LVA-NS: 3, FHBB: 2, ETHZ: 1
Anzahl Equipen	13, ausschliesslich GPS-Messungen
Messzeiten / Satelliten	
Datum der Messtage	<i>Antennentests:</i> 2./3. Okt. und 19./20. Okt. 1990 <i>Teilnetz:</i> 8. Okt. bis 18. Okt. 1990 (9 Nächte)
Messfenster	<i>LV95- und EUREF-Punkte:</i> ~ 21 bis ~ 05 Uhr MEZ <i>Anschlusspunkte (TP / LN):</i> 1. Messung: ~ 21 bis ~01 Uhr MEZ 2. Messung: ~ 01 bis ~05 Uhr MEZ
Satelliten	Manuelle Auswahl: Sat. PRN-Nr.: 02, 06, 09, 12, 13, 16, 18, 20 S/A war ausgeschalten
Messung	
Messgeräte	<i>GPS (Trimble 4000...):</i> - 4 SLD der L+T - 2 SLD, 3 STD, 1 SST und 1 SD des LVA-NS - 2 SL des BEV <i>Meteo:</i> - Barometer Thommen (Aneroidbarometer und einfache Höhenmesser) - Aspirations-Psychrometer HAENNI <i>Funk:</i> - 10 Funkgeräte SE-225 vom BAUEM - Funkgeräte SE-125 der L+T - Motorola Funkgeräte der L+T
Messmodus	Statisch; Epochenintervall 15 Sek.; Elevation ab 15 Grad Nachtmessungen
Meteo-Registrierung	Alle vollen Stunden
Feldauswertung	Keine Tägliche Kontrollberechnungen durch prov. Auswertungen einzelner Basislinien in der L+T mit Berner SW
Terrestrische Rückversicherungen	Diese Einmessungen erfolgten in separaten Kampagnen

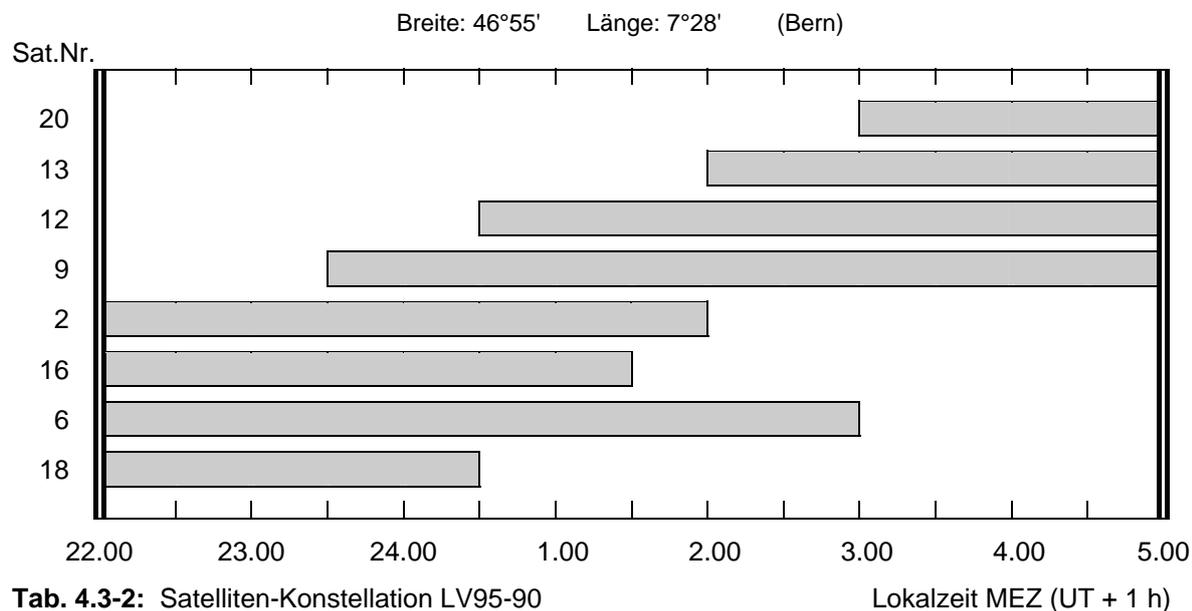
Tab. 4.3-1: Übersicht Messkampagne LV95-90

4.3.2 Besondere Vorkommnisse

Die gesamte Messkampagne verlief ohne Zwischenfälle, die den Einsatzleiter zu besonderen Umdisponierungen gezwungen hätten. Erwähnenswert ist vielleicht, dass auf den Stationen "La Chau-de-Fonds" und "Vogelberg" verhältnismässig viele L2-Verluste auftraten. Auf einzelnen Stationen traten

z.T. erklärliche aber auch unerklärliche Stromunterbrüche auf, die aber glücklicherweise nur kurze Messausfälle zur Folge hatten. Zudem wurde auf dem Punkt "Savigny" vor Messbeginn der Session 285 (12.10.1990) das Stativ samt Zentriervorrichtung durch einen Unbekannten böswillig entwendet.

4.3.3 Satellitenkonstellation 6. Oktober 1990



Tab. 4.3-2: Satelliten-Konstellation LV95-90

4.3.4 Netzübersicht

Fig. 4.3-1: Netz LV95-90

4.4 LV95-91 (Teil Südwest)

4.4.1 Tabelle mit Angaben zum Netz

LV95-91 (Teil Südwest)	
Netzausdehnung	Wallis , Berner Oberland, Innerschweiz, Tessin
Anzahl Punkte	27 Neupunkte; 8 AP zu den Teilnetzen LV95-89/90; 3 EUREF-Punkte, 7 AP Landestriangulation; 7 AP Landesnivellement
Messkonzept	5 Hauptpunkte als Haupt- oder übergeordnetes Netz, davon 3 EUREF Punkte 9 Sessionen über mindestens 3 Hauptpunkte verknüpft Zimmerwald als Referenzstation Die AP Landestriangulation im Gebirge mussten in einer separaten GPS-Kampagne (siehe LV95-91A) bestimmt werden.
Europäische Referenzstationen	Graz, Madrid, Onsala, Tromsö, Wettzell
Personalaufwand	
Einsatzleiter	D. Gutknecht
Beteiligte Institute / Personen	L+T: 15, LVA-NS: 2, V+D: 3, FHBB: 1
Anzahl Equipen	13, ausschliesslich GPS-Messungen
Messzeiten / Satelliten	
Datum der Messtage	<i>Antennentests:</i> 5./6. Sept. 1991 <i>Teilnetz:</i> 9. Sept. bis 20. Sept. 1991 (9 Nächte)
Messfenster	<i>LV95- und EUREF-Punkte:</i> ~ 21 bis ~ 05 Uhr MESZ <i>Anschlusspunkte (TP / LN):</i> 1. Messung: ~ 21 bis ~01 Uhr MESZ 2. Messung: ~ 01 bis ~05 Uhr MESZ
Satelliten	Manuelle Auswahl: Sat. PRN-Nr.: 02, 06, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 23, 24 S/A war ausgeschalten
Messung	
Messgeräte	<i>GPS (Trimble 4000...):</i> - 4 SLD, 1 SST der L+T (alle L1/L2) - 3 SLD, 3 STD, des LVA-NS (alle L1/L2) - 2 SL (L1) des BEV - 1 SST (L1/L2) der ETHZ <i>Meteo:</i> - Barometer Thommen (Aneroidbarometer und einfache Höhenmesser) - Aspirations-Psychrometer HAENNI <i>Telefon:</i> - 1 Natel C für den Kampagnenleiter
Messmodus	Statisch; Epochenintervall 15 Sek.; Elevation ab 15 Grad Nachtmessungen Minimalzahl zu messende Satelliten: 2, um Messunterbrüche wegen der topographischen Verhältnisse zu verhindern
Meteo-Registrierung	Alle 2 Stunden; zu Beginn und am Ende je 3x halbstündlich
Feldauswertung	Keine
Terrestrische Rückversicherungen	Diese Einmessungen erfolgten in separaten Kampagnen

Tab. 4.4-1: Übersicht Messkampagne LV95-91

Fig. 4.4-2: Gesamtnetz LV95-91

4.5 LV95-91A (Teil Südwest, Anschlüsse Gebirgspunkte)

4.5.1 Tabelle mit Angaben zum Netz

LV95-91A (Anschlüsse Gebirgspunkte Teil Südwest)	
Netzausdehnung	Wallis , Berner Oberland, Tessin
Anzahl Punkte	13 LV95-Punkte 21 AP Landestriangulation 1. / 2. Ordnung
Messkonzept	je 3 LV95-Punkte als Basis für jeweils 6 AP der Landestriangulation
Europäische Referenzstationen	Zimmerwald
Personalaufwand	
Einsatzleiter	D. Gutknecht
Beteiligte Personen	L+T: 8, plus 1 externer Bergführer
Anzahl Equipen	6, ausschliesslich GPS-Messungen
Messzeiten / Satelliten	
Datum der Messtage	<i>Anschlussmessungen:</i> 24. bis 28. Aug. 1992 <i>Antennentests:</i> 11./12. Sept. 1992 (wie für Teilnetz LV95-92)
Messfenster	<i>LV95-Punkte:</i> ca. 6 bis 8 Stunden: ~ 09 bis ~ 17 Uhr MESZ <i>Anschlusspunkte:</i> je ca. 3 Stunden: 1. AP vormittags 2. AP nachmittags
Satelliten	Manuelle Auswahl: Sat. PRN-Nr.: 03, 11, 12, 15, 17, 20, 21, 23, 24, 25, 28 S/A war eingeschalten
Messung	
Messgeräte	<i>GPS (Trimble 4000...):</i> - 2 SLD (L1/L2) der L+T - 2 STD (L1/L2) des LVA-NS - 2 SST (L1/L2) der ETHZ <i>Meteo:</i> - Barometer Thommen (Aneroidbarometer und einfache Höhenmesser) - Aspirations-Psychrometer HAENNI <i>Funk:</i> - Motorola Funkgeräte der L+T
Messmodus	Statisch; Epochenintervall 15 Sek.; Elevation ab 15 Grad Tagesmessungen
Meteo-Registrierung	Alle vollen Stunden
Feldauswertung	Keine
Terrestrische Rückversicherungen	Auf den AP wurden die exz. Zeichen mit dem Messband kontrolliert

Tab. 4.5-1: Übersicht Messkampagne LV95-91A

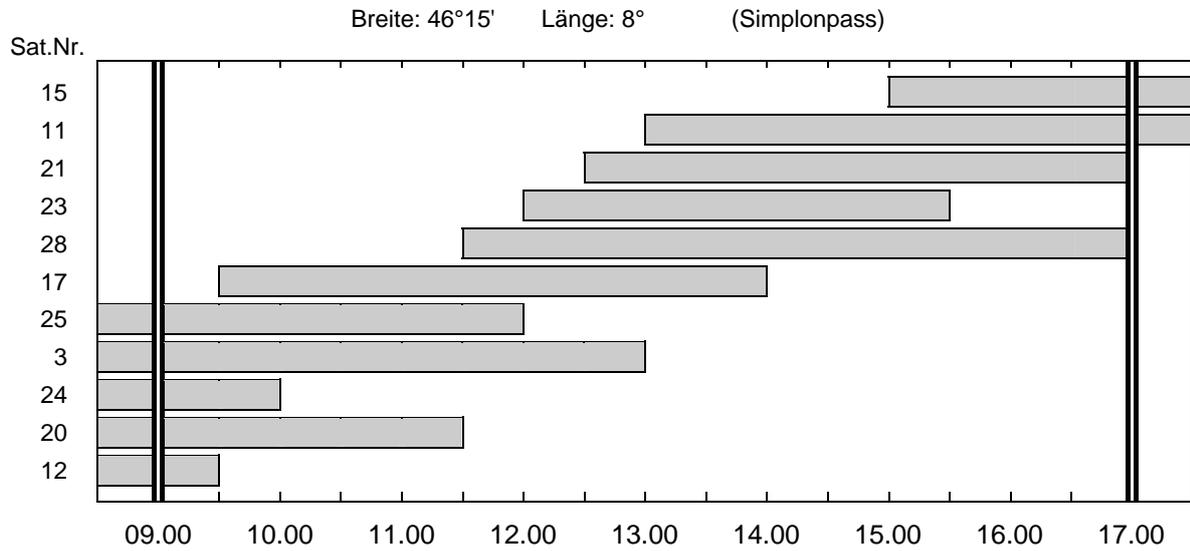
4.5.2 Besondere Vorkommnisse

Das Gelingen dieser Messkampagne im Hochgebirge war sehr stark vom Wetter abhängig, welches sich bis und mit Donnerstag von der besten Seite zeigte. Frühmorgens am Freitag, dem 28. August, änderte sich plötzlich die Wetterlage, so dass die 3 geplanten Punkte "Poncione della Freccione", "Pizzo di Vogorno" und "Monte Tamaro" nicht mehr angeschlossen werden konnten.

Die 3 Punkte "Monte Generoso", "Titlis" und "Jungfaujoch" wurden bereits vor 1991 terrestrisch im Rahmen der GPS-Netze EUREF und GRANIT an die nächstgelegenen LV95-Punkte angeschlossen.

Von den insgesamt 20 Nivellementsanschlüssen wurden 7 Punkte im Rahmen des Teilnetzes LV95-91 mit GPS-Messungen angeschlossen. Die übrigen 13 Punkte wurden in separaten Einsätzen klassisch nivelliert.

4.5.3 Satellitenkonstellation 24. August 1992



Tab. 4.5-2: Satelliten-Konstellation LV95-91A

Lokalzeit MESZ (UT + 2 h)

4.5.4 Netzübersicht

Fig. 4.5-1: Netz LV95-91A

4.6 LV95-92 (Teil Südost)

4.6.1 Tabelle mit Angaben zum Netz

LV95-92 (Teil Südost)	
Netzausdehnung	Innerschweiz, Graubünden
Anzahl Punkte	18 Neupunkte; 10 AP zu den Teilnetzen LV95-89/90/91; 3 EUREF-Punkte, 1 AP Landestriangulation; 1 AP Landesnivellement
Messkonzept	11 Hauptpunkte als Haupt- oder übergeordnetes Netz, davon 3 EUREF Punkte 9 Sessionen über mindestens 3 Hauptpunkte verknüpft Zimmerwald als Referenzstation Die AP Landestriangulation im Gebirge mussten in einer separaten GPS-Kampagne (siehe LV95-92A) bestimmt werden. Die meisten AP Landesnivellement wurden separat nivelliert.
Europäische Referenzstationen	ca. 30 europäische GPS-Stationen im Rahmen der ersten IGS- Testkampagne
Personalaufwand	
Einsatzleiter	W. Santschi
Beteiligte Institute / Personen	L+T: 19, LVA-NS: 4 , V+D: 2, WK-Soldaten: 2
Anzahl Equipen	1. Woche 10, 2. Woche 9, ausschliesslich GPS-Messungen
Messzeiten / Satelliten	
Datum der Messtage	<i>Antennentests:</i> 12./13. Sept. 1992 <i>Teilnetz:</i> 7. Sept. bis 17. Sept. 1992 (9 Nächte)
Messfenster	<i>LV95- und EUREF-Punkte:</i> ~ 20 bis ~ 04 Uhr MESZ <i>Anschlusspunkte (TP / LN):</i> 1. Messung: ~ 20 bis ~ 24 Uhr MESZ 2. Messung: ~ 00 bis ~ 04 Uhr MESZ
Satelliten	automatische Auswahl: Sat. PRN-Nr.: 2, 12, 13, 14, 16, 18, 19, 21,23, 24, 26 S/A war eingeschalten
Messung	
Messgeräte	<i>GPS (Trimble 4000...):</i> - 4 SLD (L1/L2) der L+T - 3 SST, 2 STD, des LVA-NS (alle L1/L2) - 2 SST (L1/L2) der ETHZ <i>Meteo:</i> - Barometer Thommen (Aneroidbarometer und einfache Höhenmesser) - Aspirations-Psychrometer HAENNI <i>Telefon:</i> - 1 Natel C für den Kampagnenleiter
Messmodus	Statisch; Epochenintervall 15 Sek.; Elevation ab 15 Grad Nachtmessungen
Meteo-Registrierung	Alle 2 Stunden; zu Beginn und am Ende je 3x halbstündlich
Feldauswertung	Keine
Terrestrische Rückversicherungen	Diese Einmessungen erfolgten in separaten Kampagnen

Tab. 4.6-1: Übersicht Messkampagne LV95-92

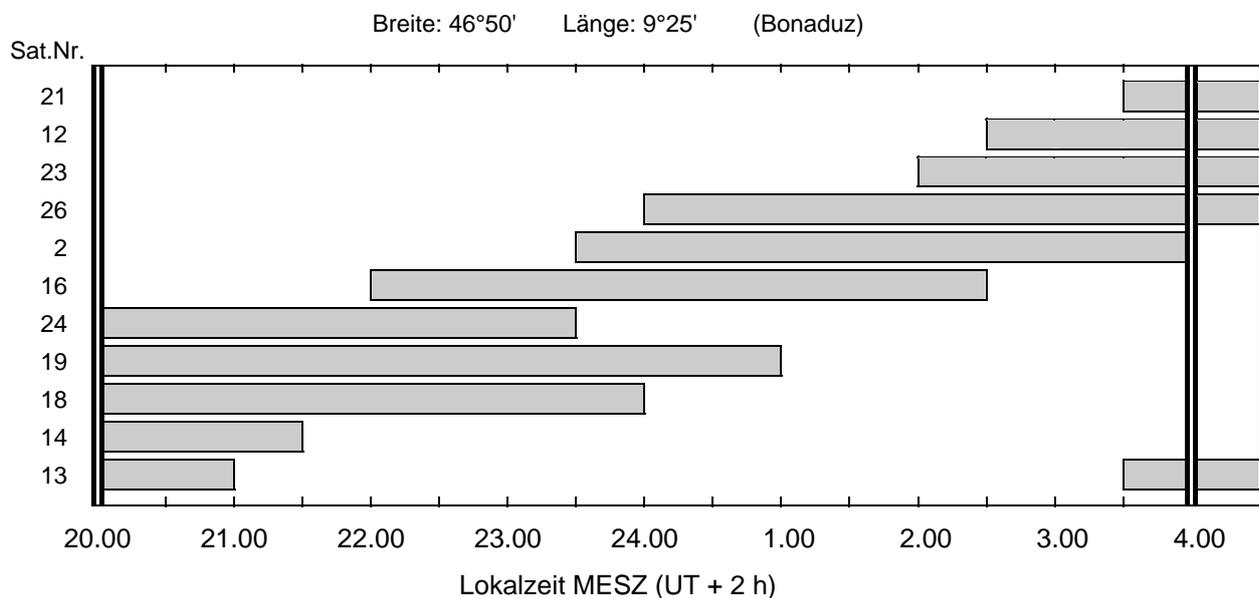
4.6.2 Besondere Vorkommnisse

Auf der Station Oberarth konnten aus unerklärlichen Gründen nur L1-Beobachtungen empfangen werden (mit Ausnahme der Session 254). Diese Messausfälle bedingten die spätere Ergänzungskampagne LV95-94 "Oberarth". Wegen eines Defektes des GPS-Empfängers (L+T Nr.122) missglückte auch die Messung auf dem Punkt Mesocco (Session 254). Infolge des Ausfalles eines weiteren GPS-Empfängers (LVA-NS Nr. 293) musste das Messprogramm für die 2. Woche umdisponiert werden.

Einer der zugemieteten PC war von Viren befallen. Dank der sofortigen Erkennung konnte das Problem behoben und vermieden werden, dass die Viren in ein weiteres System einschleichen konnten. Am letzten Messtag (Session 261) ist das Barometer Nr.1 der FHBB ausgefallen. Dadurch sind auch die Meteodaten auf dem Punkt Davos unvollständig.

Die erste Woche war von schlechtem Wetter begleitet. Infolge eines starken Unwetters war die Equipe 2 einige Stunden auf dem Monte Generoso blockiert, weil der Bahnbetrieb eingestellt werden musste. Auch funktionierte das dort eingesetzte GPS-Gerät (L+T Nr.122) nachher nicht mehr. Bei einigen Fahrzeugen waren zudem Pannen zu beheben, glücklicherweise entstanden aber dadurch keine bedeutenden Messungsverluste.

4.6.3 Satellitenkonstellation 7. September 1992



Tab. 4.6-2: Satelliten-Konstellation LV95-92

4.6.4 Netzübersicht

Fig. 4.6-1: Netz LV95-92

4.7 LV95-92A (Teil Südost, Anschlüsse Gebirgspunkte)

4.7.1 Tabelle mit Angaben zum Netz

LV95-92A (Anschlüsse Gebirgspunkte Teil Südost)	
Netzausdehnung	Innerschweiz, Graubünden
Anzahl Punkte	13 LV95-Punkte + Zimmerwald 18 AP Landestriangulation 1. / 2. Ordnung
Messkonzept	je 3 LV95-Punkte als Basis für 3 bis 6 AP der Landestriangulation
Europäische Referenzstationen	Zimmerwald
Personalaufwand	
Einsatzleiter	W. Santschi
Beteiligte Personen	L+T: 9, plus 1 externer Bergführer
Anzahl Equipen	6, ausschliesslich GPS-Messungen
Messzeiten / Satelliten	
Datum der Messtage	<i>Anschlussmessungen:</i> 30. Aug. bis 3. Sept. 1993 <i>Antennentests:</i> 27./28. April 1993 (im Rahmen der Abnahmetests der neuen Trimble 4000SSE)
Messfenster	<i>LV95-Punkte:</i> ca. 7 bis 9 Stunden: ~ 8 bis ~ 17 Uhr MESZ <i>Anschlusspunkte:</i> je ca. 3 Stunden: 1. AP i.d.R. vormittags 2. AP nachmittags
Satelliten	automatische Auswahl: Sat. PRN-Nr.: 1, 2, 3, 7, 14, 15, 17, 20-25, 28, 31 S/A war eingeschalten; Sat Nr. 2 und 7 z.T. "unhealthy" gesetzt
Messung	
Messgeräte	<i>GPS (Trimble 4000...):</i> - 5 SSE (L1/L2) der L+T - 1 SSE (L1/L2) des Ing.Büros Grunder <i>Meteo:</i> - Barometer Thommen (Aneroidbarometer und einfache Höhenmesser) - Aspirations-Psychrometer HAENNI <i>Funk:</i> - Motorola Funkgeräte der L+T - 1 Natel C
Messmodus	Statisch; Epochenintervall 15 Sek.; Elevation ab 15 Grad Tagesmessungen
Meteo-Registrierung	Alle vollen Stunden
Feldauswertung	Keine
Terrestrische Rückversicherungen	Auf den AP wurden die exz. Zeichen mit dem Messband kontrolliert.
Bemerkungen	Auf den AP konnte nicht immer zentrisch stationiert werden, z.T. waren die zentrischen Zeichen unter Steinmann oder nicht GPS-tauglich. Es konnten aber immer bestehende exz. Zeichen benutzt werden. Bei zweifelhafter Beurteilung der Punkteinmessung wurden die Punkte später revidiert und die exz. Beziehung nachgemessen.

Tab. 4.7-1: Übersicht Messkampagne LV95-92A

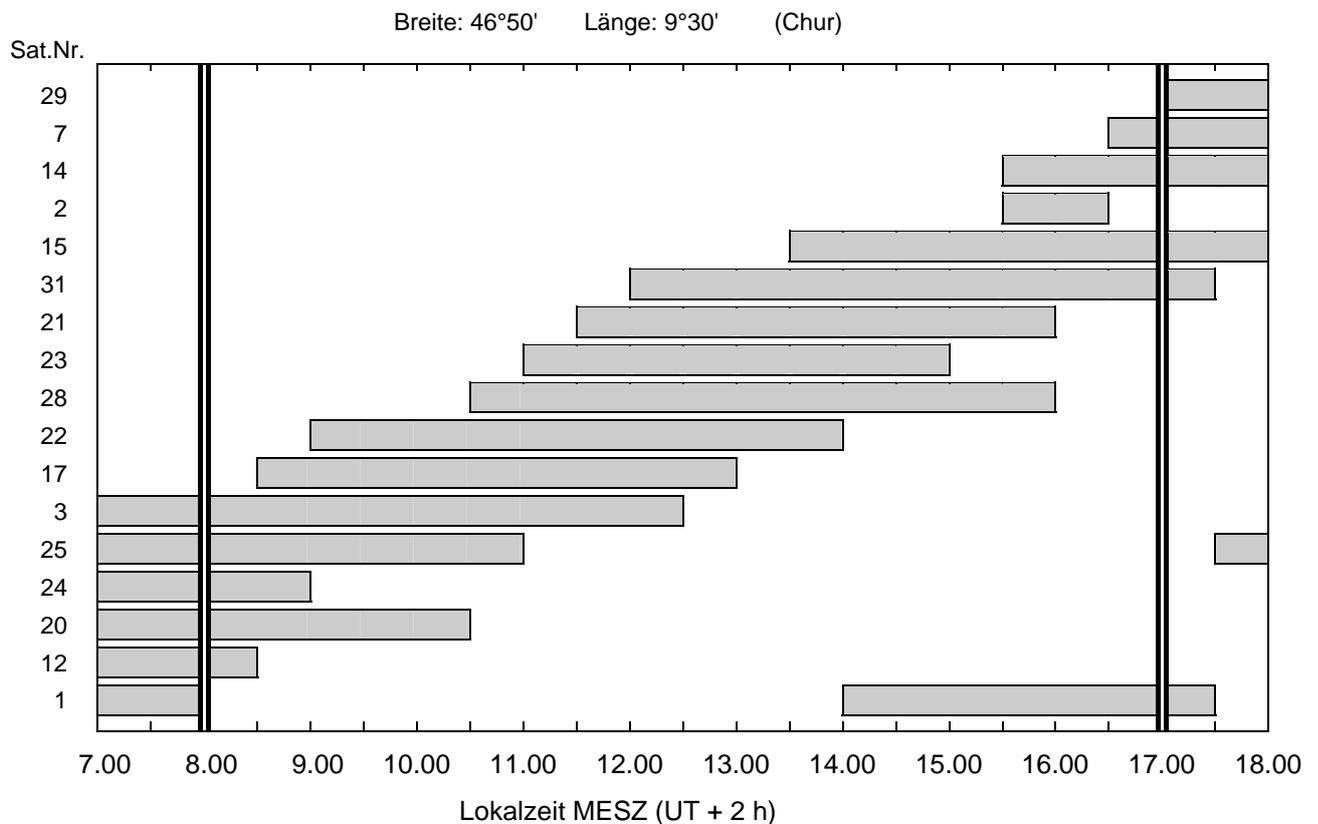
4.7.2 Besondere Vorkommnisse

Weil in dieser Kampagne das Wetter nicht wunschgemäss mitspielte, konnten die Messungen nicht plangemäss durchgeführt werden. So musste auf die Punkte "Piz Bernina", "Piz Michel" und "Piz Beverin" verzichtet werden. Da auch in anderen Messkampagnen nicht alle geplanten Anschlüsse an die Landstriangulation gemessen werden konnten, wurde eine zusätzliche Kampagne für 1994 vorgesehen (siehe LV95-94A).

Auf den LV95-Punkten "Ramosch" und "Davos" wurde statt mit dem Kreuzschlitten nur mit dem Lotstock zentriert.

Von den insgesamt 13 Nivellementsanschlüssen wurde nur 1 Punkt (Ramosch) während der Teilkampagne LV95-92 mit GPS angeschlossen. Die übrigen 12 Punkte wurden in separaten Einsätzen klassisch nivelliert.

4.7.3 Satellitenkonstellation 25. August 1993



Tab. 4.7-2: Satelliten-Konstellation LV95-92A

4.7.4 Netzübersicht

Fig. 4.7-1: Netz LV95-92A

4.8 EUREF-CH-92

4.8.1 Tabelle mit Angaben zum Netz

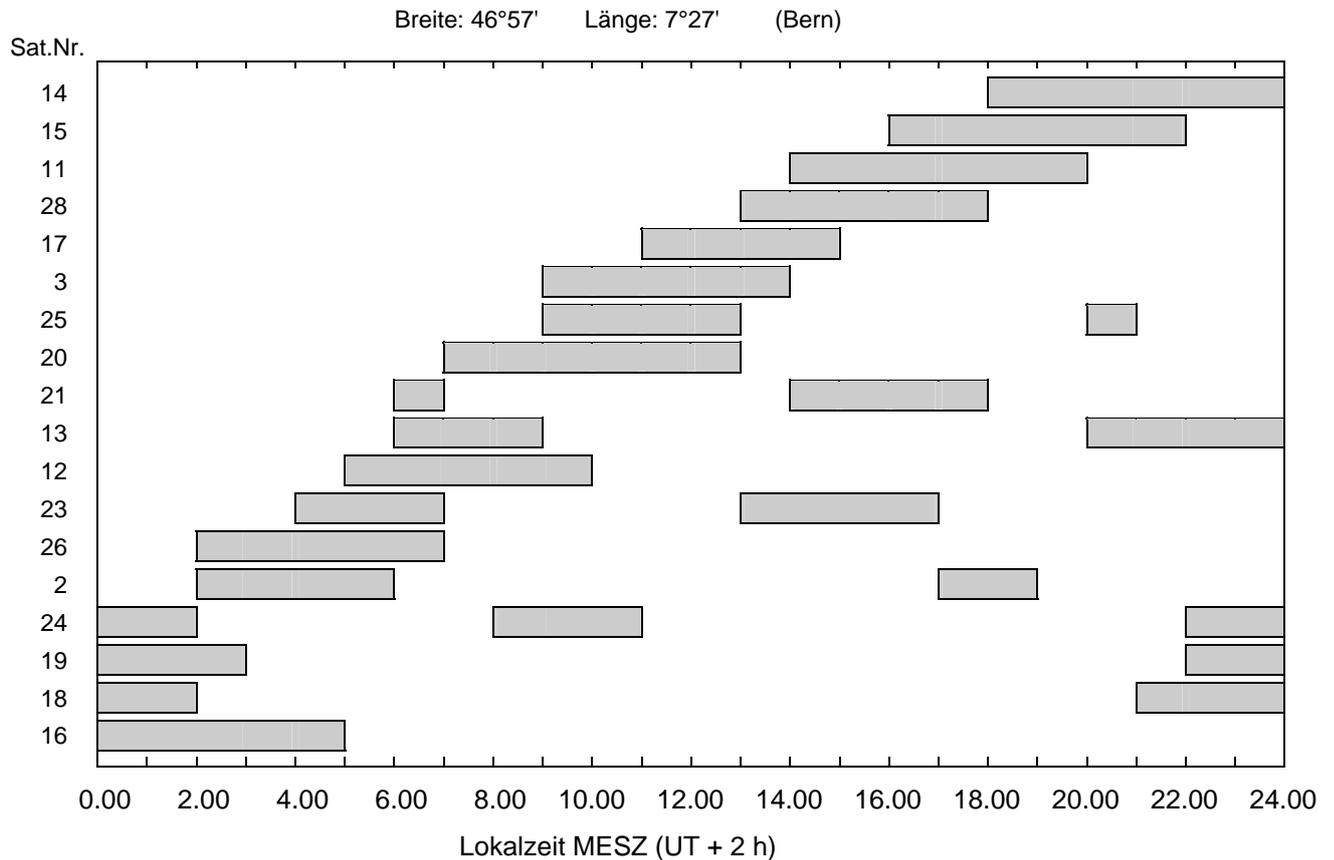
EUREF-CH-92	
Netzausdehnung	Ganze Schweiz. Messung im Rahmen der IGS Epoch'92 Kampagne
Anzahl Punkte	5 EUREF-Stationen: Chrischona (EUREF-55), Zimmerwald (EUREF-56), La Givrine (EUREF-57), Mt. Generoso (EUREF-58), Pfänder (A) (EUREF-60)
Messkonzept	Auf allen Stationen durchgehende Messung mit koordinierten Unterbrüchen um 20h MESZ (UT+2) abends und 10h morgens für Datentransfer und Batteriewechsel. In Zimmerwald beide Empfängertypen (SLD und SST).
Europäische Referenzstationen	Alle IGS-Stationen (IGS Epoch'92 Kampagne)
Personalaufwand	
Einsatzleiter	A. Wiget
Beteiligte Institute / Personen	L+T: 6
Anzahl Equipen	4, exkl. Zimmerwald
Messzeiten / Satelliten	
Datum der Messtage	<i>IGS Epoch'92, 2. Woche:</i> 3.-8. Aug. 1992 (5 Nächte / 4 Tage)
Messfenster	<i>Beginn:</i> 3. Aug.: 20:00h MESZ (UT+2; Start z.T. früher) <i>Ende:</i> 8. Aug.: 08:00h MESZ (UT+2)
Satelliten	Automatische Auswahl: 18 Satelliten: PRN-Nr.: 02, 03, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 25, 26, 28. S/A war eingeschalten
Messung	
Messgeräte	<i>GPS (Trimble 4000...):</i> - 4 SLD (L1/L2; standard format, half cycles L2) der L+T - 2 SST (L1/L2; compact format, full cycles L2) des IGP-ETHZ <i>Meteo:</i> - Barometer Thommen (Aneroidbarometer) - Aspirations-Psychrometer HAENNI
Messmodus	Statisch; Epochenintervall 30 Sek.; Elevation ab 15 Grad 24h - Messungen
Meteo-Registrierung	Alle 2 - 3 Stunden (zwischen 08:00h und 20:00h MESZ)
Feldauswertung	Keine
Terrestrische Rückversicherungen	Kontrolle auf La Givrine
Anschlüsse an Landestriangulation und Landesnivellement	LN-Anschluss Chrischona. Übrige Anschlüsse (terrestrisch und z.T. mit GPS) vgl. Bericht [Danuser und Wiget, 1993]

Tab. 4.8-1: Übersicht Messkampagne EUREF-CH-92

4.8.2 Besondere Vorkommnisse

In der Messkampagne EUREF-CH-92 standen zwei verschiedene Empfängertypen im Einsatz: Trimble 4000SLD und 4000SST. Die beiden Geräte wiesen einen unterschiedlichen Messmodus auf. Um allfällige Probleme der Kompatibilität vermeiden zu können, wurden in Zimmerwald (quasi als Pivotpunkt) beide Typen eingesetzt, ein 4000SLD auf dem Dachpunkt GPS87 und ein 4000SST auf dem Mast L+T88. Ein weiterer 4000SST war auf dem Monte Generoso, die übrigen Stationen hatten 4000SLD-Empfänger.

4.8.3 Satellitenkonstellation 5. August 1992



Tab. 4.8-2: Satelliten-Konstellation EUREF-CH-92

4.8.4 Netzübersicht

Fig. 4.8-1: Netz EUREF-CH-92

4.9 EUREF-D/NL-93

4.9.1 Tabelle mit Angaben zum Netz

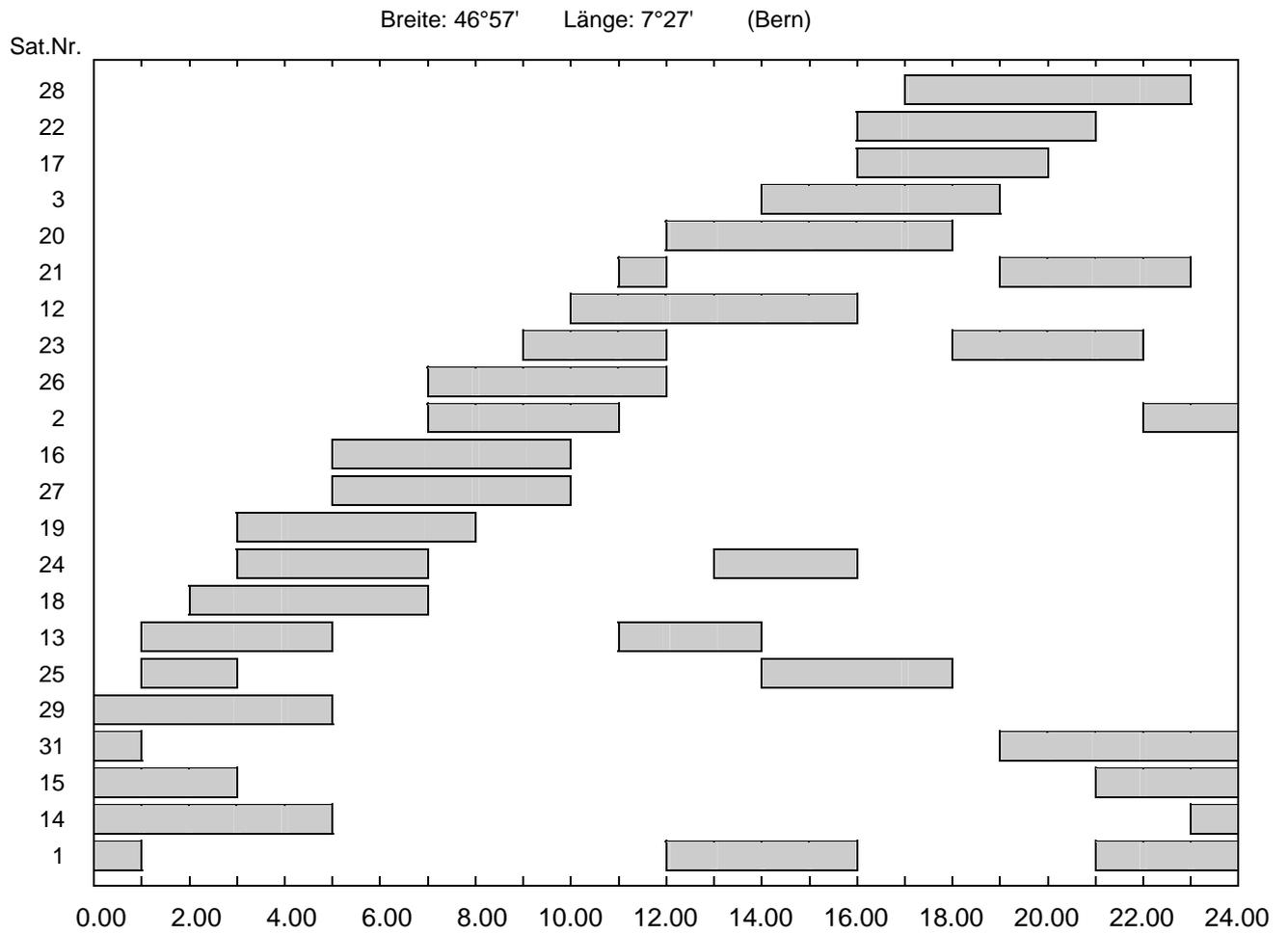
EUREF-D/NL-93	
Netzausdehnung	Nord-Schweiz. Messung auf Anfrage des Instituts für Angewandte Geodäsie (IfAG), Frankfurt
Anzahl Punkte	3 EUREF-Stationen: Chrischona (EUREF-55), Zimmerwald (EUREF-56), Pfänder (A) (EUREF-60)
Messkonzept	Auf allen Stationen durchgehende 24 h-Messung mit koordinierten Unterbrüchen um 11:00h MESZ (UT+2h) für Datentransfer und Batteriewechsel.
Europäische Referenzstationen	IGS-Stationen (Graz, Herstmonceux, Kootwijk, Onsala, Wettzell, Zimmerwald)
Personalaufwand	
Einsatzleiter	Dr. W. Schlüter, IfAG
Beteiligte Institute / Personen	L+T: 2
Anzahl Equipen	2, exkl. Zimmerwald
Messzeiten / Satelliten	
Datum der Messtage	10.-15. Mai 1993 (5 Nächte / 4 Tage)
Messfenster	<i>Beginn:</i> 10. Mai: 11:00h MESZ (UT+2h) <i>Ende:</i> 15. Mai: 11:00h MESZ (UT+2h)
Satelliten	Automatische Auswahl: 22 Satelliten: PRN-Nr.: 01, 02, 03, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31. S/A war eingeschalten
Messung	
Messgeräte	<i>GPS (Trimble 4000...):</i> - 3 SSE (L1/L2; standard format, full cycles L2) der L+T <i>Meteo:</i> - Barometer Thommen (Altitronic Professional) - Aspirations-Psychrometer Hänni
Messmodus	Statisch; Epochenintervall 15 Sek.; Elevation ab 10 Grad 24h - Messungen
Meteo-Registrierung	Auf Pfänder tagsüber alle 2 - 4 Stunden; Zimmerwald automatisch
Feldauswertung	Keine
Terrestrische Rückversicherungen	Keine
Anschlüsse an Landestriangulation und Landesnivellement	Keine; vgl. Bericht [Danuser und Wiget, 1993]

Tab. 4.9-1: Übersicht Messkampagne EUREF-D/NL-93

4.9.2 Besondere Vorkommnisse

In der Messkampagne EUREF-D/NL-93 standen überall Empfänger vom Typ Trimble 4000SSE im Einsatz. Auf den von der L+T betreuten Stationen gab es keine besonderen Vorkommnisse.

4.9.3 Satellitenkonstellation 10. Mai 1993



Tab. 4.9-2: Satelliten-Konstellation EUREF-D/NL-93

Lokalzeit MESZ (UT + 2 h)

4.9.4 Netzübersicht

Fig. 4.9-1: Netz EUREF-D/NL-93

4.10 LV95-94 Oberarth (Ergänzung zum Teilnetz 92)

4.10.1 Tabelle mit Angaben zum Netz

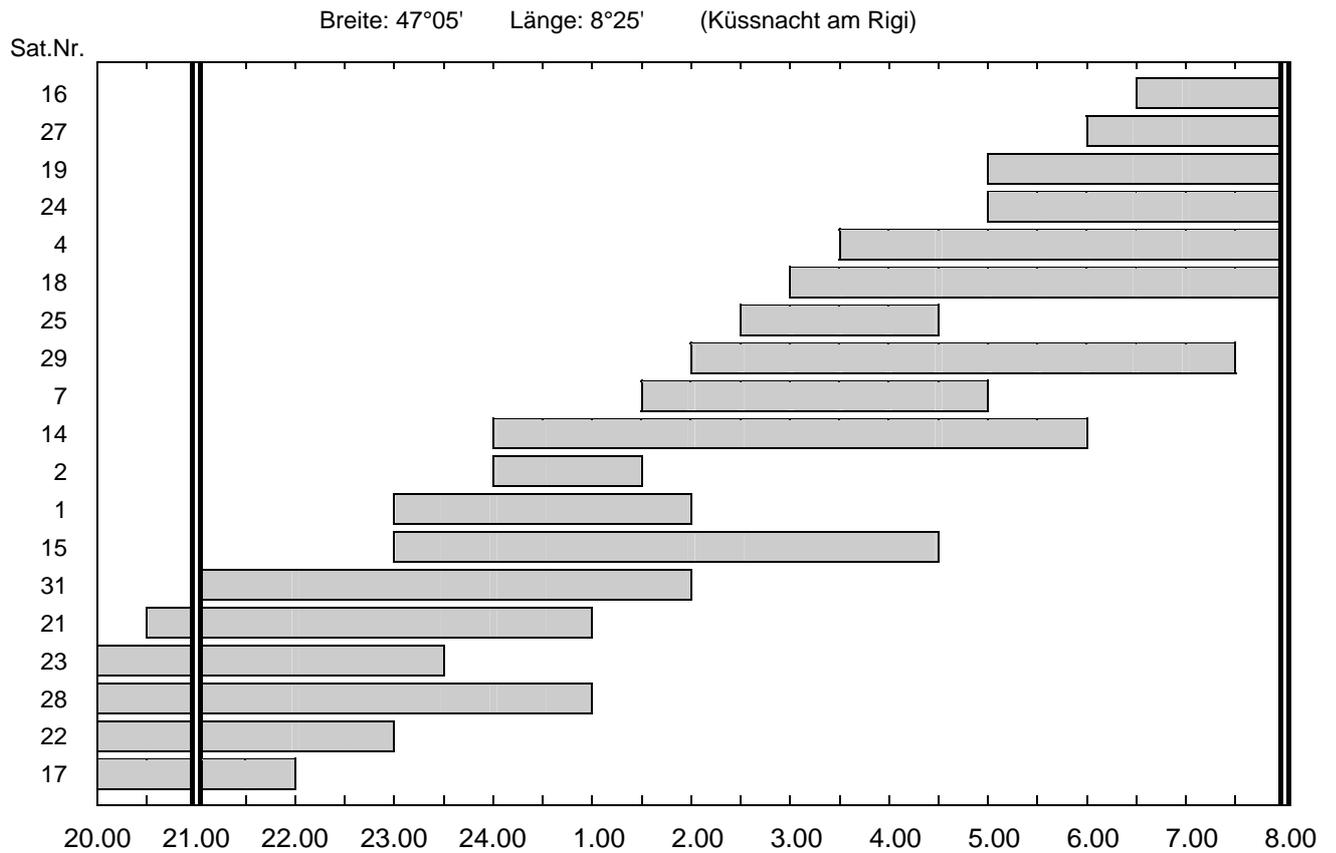
LV95-94 Oberarth (Ergänzung Teil 92)	
Netzausdehnung	Innerschweiz
Anzahl Punkte	6 LV95-Punkte + Zimmerwald 2 AP Landestriangulation 1. / 2. Ordnung
Messkonzept	Punkteinschaltung (2 unabhängige Sessionen)
Europäische Referenzstationen	Zimmerwald
Personalaufwand	
Einsatzleiter	W. Santschi
Beteiligte Personen	L+T: 8
Anzahl Equipen	7, davon 1 für TP-Anschlüsse und Exz.-Einmessungen
Messzeiten / Satelliten	
Datum der Messtage	<i>Netz Oberarth:</i> 28. / 29. März 1994 <i>Antennentests:</i> 14.-16. März 1994 (Thun 94.1)
Messfenster	<i>LV95-Punkte:</i> ca. 11 Stunden ~ 21 bis ~ 08 Uhr MEZ (UT+1h) <i>Anschlusspunkte:</i> je ca. 11 Stunden: Sessionsunterbruch und Neu-Zentrierung nach 5 Stunden
Satelliten	automatische Auswahl: Sat. PRN-Nr.: 1, 2, 4, 7, 14-19, 21-25, 27-29, 31 S/A war eingeschalten
Messung	
Messgeräte	<i>GPS (Trimble 4000...):</i> - 5 SSE (L1/L2) der L+T - 3 SSE (L1/L2) des Ing.Büros Grunder <i>Meteo:</i> - Barometer Thommen (Aneroidbarometer und einfache Höhenmesser) - Aspirations-Psychrometer HAENNI <i>Funk:</i> - Motorola Funkgeräte der L+T - 1 Natel C
Messmodus	Statisch; Epochenintervall 15 Sek.; Elevation ab 15 Grad Nachtmessungen
Meteo-Registrierung	Messbeginn / -ende, dazwischen ca. alle 2 Stunden
Feldauswertung	Keine
Anschluss LFP1 / LFP2	Auf den LFP1 <i>Rigi</i> und <i>Schwerzlen</i> konnte nicht zentrisch stationiert werden (Pyramiden). Die exz. Messpunkte waren aber vorbereitet und wurden tagsüber durch die betroffene Messequipe trigonometrisch eingemessen. Am ersten Messtag wurde überdies der LV95-Punkt <i>Oberarth</i> an zwei umliegende LFP2 angeschlossen (mit GPS-Reservegerät je eine halbe Nacht), so dass auch die lokalen Gebrauchskordinaten vorliegen.

Tab. 4.10-1: Übersicht Messkampagne LV95-94 Oberarth

4.10.2 Besondere Vorkommnisse

Diese kurze Messkampagne verlief ohne besondere Probleme.

4.10.3 Satellitenkonstellation 20. März 1994



Tab. 4.10-2: Satelliten-Konstellation LV95-94 Oberarth

4.10.4 Netzübersicht

Fig. 4.10-1: Netz LV95-94 Oberarth

4.11 LV95-94A (LFP1-Anschlüsse der restlichen Gebirgspunkte)

4.11.1 Tabelle mit Angaben zum Netz

LV95-94A (LFP1-Anschlüsse der restlichen Gebirgspunkte)	
Netzausdehnung	ganze Schweiz
Anzahl Punkte	18 LV95-Punkte + Zimmerwald 27 AP Landestriangulation 1. / 2. Ordnung
Messkonzept	je 2 LV95-Punkte als Basis für 3 AP der Landestriangulation
Europäische Referenzstationen	Zimmerwald
Personalaufwand	
Einsatzleiter	D. Gutknecht
Beteiligte Personen	L+T: 7, plus z.T. Bergführer durch Heli-Firmen organisiert
Anzahl Equipen	5, ausschliesslich GPS-Messungen
Messzeiten / Satelliten	
Datum der Messtage	<i>Anschlussmessungen:</i> 15.- 24. Aug. 1994 <i>Antennentests:</i> 14.- 16. März 1994 (Thun 94.1)
Messfenster	<i>LV95-Punkte:</i> ca. 5 ½ Stunden 8.30 bis 14 Uhr MESZ <i>Anschlusspunkte:</i> ca. 3 bis 5 Stunden (je nach Länge der Basislinie)
Satelliten	automatische Auswahl: Sat. PRN-Nr.: 1, 5, 6, 15, 17, 21-25, 28 und 31 S/A war eingeschalten
Messung	
Messgeräte	<i>GPS:</i> - 5 Trimble 4000SSE (L1/L2) der L+T <i>Meteo:</i> - Barometer Thommen (Aneroidbarometer und einfache Höhenmesser) - Aspirations-Psychrometer HAENNI <i>Funk:</i> - Motorola Funkgeräte der L+T - 1 Natel C
Messmodus	Statisch; Epochenintervall 15 Sek.; Elevation ab 15 Grad Tagesmessungen
Meteo-Registrierung	Alle vollen Stunden
Feldauswertung	Keine
Terrestrische Rückversicherungen	Auf den AP wurden die exz. Zeichen i.d.R. mit dem Messband kontrolliert.
Bemerkungen	Auf 15 AP konnte nicht zentrisch stationiert werden, z.T. waren die zentrischen Zeichen unter Steinmann oder nicht GPS-tauglich. Es konnten aber immer bestehende exz. Zeichen benutzt werden. Bei zweifelhafter Beurteilung der Punkteinmessung wurden die Punkte später revidiert und die exz. Beziehung nachgemessen.

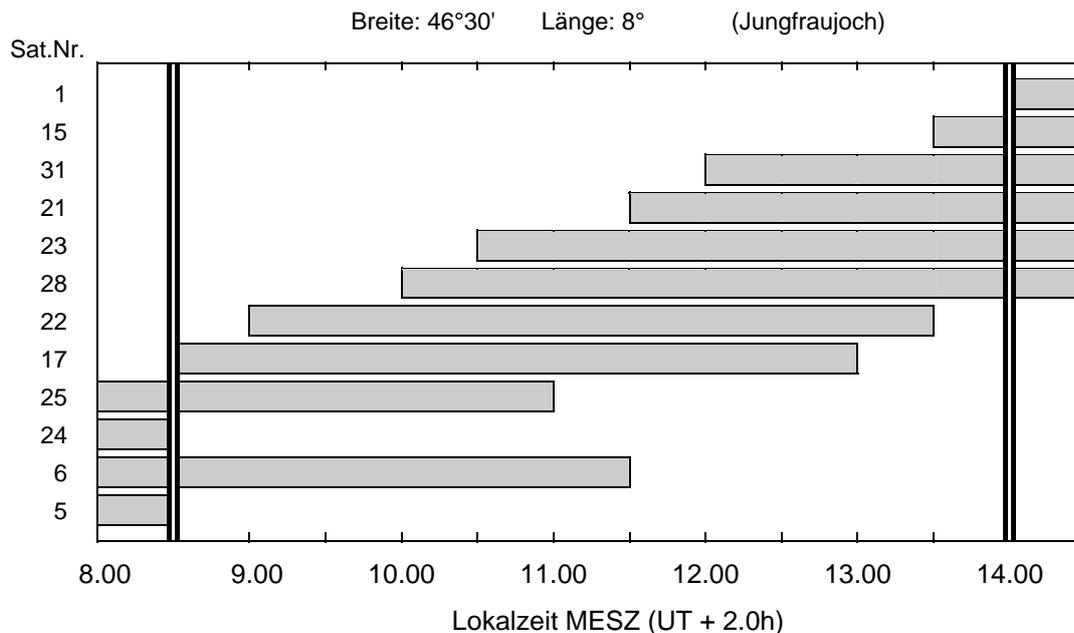
Tab. 4.11-1: Übersicht Messkampagne LV95-94A

4.11.2 Besondere Vorkommnisse

Von den geplanten 11 Sessionen konnten nur deren 9 gemessen werden, da die Wetterbedingungen an zwei Tagen keine Heli-Flüge zuließen. Es erfolgten keine weiteren Nachmessungen mehr, da mit total 124 Anschlüssen eine genügende Verbindung an die Triangulation 1./2. Ordnung hergestellt ist.

Auf dem Punkt "Piz Bernina" traten beim GPS-Empfänger Nr.305 unerklärlich viele Messunterbrüche auf. Nach wiederholten erfolglosen Startversuchen wurden schliesslich die Empfänger (Nr.305 und 301) der Stationen "Piz Bernina" und "Berninapass" ausgetauscht. Dies brachte den erhofften Erfolg, hatte aber zur Folge, dass nur 80 Minuten gemeinsame Daten vorlagen, was letztlich genügte.

4.11.3 Satellitenkonstellation 15. August 1994



Tab. 4.11-2: Satelliten-Konstellation LV95-94A

4.11.4 Netzübersicht

Fig. 4.11-1: Netz LV95-94A

5 Zusammenstellung aller Anschlüsse

Insgesamt tragen 11 Messkampagnen zur offiziellen Erstbestimmung des LV95-Hauptnetzes bei (s. vorheriges Kapitel). In all diesen Einsätzen wurden sukzessive auch die Anschlüsse an die Landestriangulation 1. / 2. Ordnung (LFP1) und an das Landesnivellement (HFP1) hergestellt. Während im Mittelland der grösste Teil dieser Anschlüsse kombiniert mit den GPS-Hauptkampagnen erfolgen konnte, mussten im Alpengebiet die Anschlüsse an die unzugänglichen und exponierten Triangulationspunkte mit separaten GPS-Messungen durchgeführt werden. Es waren dies die Kampagnen LV95-91A, LV95-92A und LV95-94A. Wo die LV95-Punkte unmittelbar in der Nähe dieser Anschlusspunkte liegen und direkte Verbindungen mit klassischen Messungen möglich waren, wurden sie trigonometrisch oder nivellitisch angeschlossen.

Für die Anschlussmessungen galten wegen der geringeren Genauigkeitsanforderungen (1-2 cm) und infolge der wesentlich kürzeren Basislinien zum Teil andere Kriterien als jene für die Bestimmung der LV95-Punkte. Grundsätzlich wurden folgende Eigenschaften beachtet:

- Anschluss an stabile und unveränderte AP (Hinweise aus der laufenden Nachführung und aus DIA93 [Chablais et al., 1995])
- Zugänglichkeit
- möglichst kurze Basislinien
- homogene Verteilung über die ganze Schweiz
- kürzere Messzeit / L1-Messungen zulässig
- Stationierung nur 1x, dafür unabhängige Kontrolle der Zentrierung
- Anschluss der LV95-Punkte an die direkt benachbarten LFP2, um für die Amtliche Vermessung auch die offiziellen Gebrauchskoordinaten zur Verfügung zu stellen

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Anzahl der Anschlusspunkte der Landestriangulation 1./2.Ordnung und des Landesnivellements sowie die eingesetzten Messmethoden. Auf den anschliessenden Übersichtsplänen wird die Verteilung dieser Anschlüsse sichtbar.

AP Landestriangulation 1./2. Ordnung	Anzahl Punkte
Anschluss mit GPS-Messungen	111
Anschluss mit trigonometrischen Messungen	16
Total AP Landestriangulation	127
AP Landesnivellement	Anzahl Punkte
Anschluss mit GPS und Nivellement kombiniert	37
Anschluss direkt mit Nivellement	45
Total AP Landesnivellement	82

Tab. 4.11-3: Anzahl AP mit Angabe der Messmethode

Eine detailliertere Übersicht über die genauen Beziehungen zwischen den LV95-Punkten und den AP zur Landestriangulation und zum Landesnivellement ist aus dem Technischen Bericht der L+T Nr. 95-39, "Zusammenstellung der Anschlüsse an LV03 und LN02" zu entnehmen.

5.1 Netzübersicht AP Landestriangulation

5.2 Netzübersicht AP Landesnivellement

6 Anschlussmessungen an die lokalen Fixpunkte im Bezugsrahmen LV03, Punkteinmessungen

Unabhängig von den GPS-Kampagnen für das LV95-Netz wurde jeder LV95-Punkt auch lokal an die benachbarten LFP2 im Bezugsrahmen LV03 angeschlossen. Damit können diese Punkte für die Amtliche Vermessung als offizielle Fixpunkte mit den gebräuchlichen Landeskoordinaten verwendet werden. Diese Anschlussmessungen erfolgten je nach Situation mit der trigonometrischen oder der GPS-Methode. Gleichzeitig mit diesem Arbeitsgang wurden auch die exzentrischen Sekundärzeichen der LV95-Punkte als sogenannte Rückversicherung mit hoher Präzision eingemessen. Dadurch sollte jeder Hauptpunkt mit Millimetergenauigkeit wieder rekonstruiert werden können.

Als Messinstrumente kamen die L+T-eigenen GPS-Empfänger Trimble 4000SLD oder 4000SSE zum Einsatz. Für die trigonometrisch gemessenen Anschlüsse benutzte man entweder das Kern-Mekometer ME5000 kombiniert mit dem Kern-Theodolit E2 resp. Leica T3000 oder den Leica Tachimeter TC2002. Für die kurzen Nivellementsanschlüsse wurde mit dem Leica-Nivelliergerät NA2 gemessen.

Diese Arbeiten erfolgten punktweise in separaten Feldeinsätzen. Die Dokumentation und die Berechnungen dazu sind pro Punkt abgelegt.

7 LV95-Verdichtung

Bis 1994 wurden noch keine LV95-Verdichtungspunkte erstellt. Vorgesehen ist dort, wo ein Bedarf besteht, das aus 104 Punkten bestehende LV95-Hauptnetz fortlaufend mit neuen gleichwertigen Punkten zu verdichten. Dies bedeutet, dass nicht systematisch über die ganze Schweiz ein homogenes Verdichtungsnetz aufgebaut wird, sondern dass in enger Zusammenarbeit mit den Verantwortlichen von grossen Ingenieurprojekten und mit den Kantonen (z.B. AlpTransit oder neue Fixpunkt-konzepte für die AV) zusätzliche Punkte entstehen.

Es wird darauf geachtet, dass die Messungen dieser Verdichtungsnetze optimal geplant und koordiniert werden, um pro Messkampagne möglichst viele Bedürfnisse gleichzeitig abzudecken und aufwendigere Einzelpunkteinschaltungen zu vermeiden.

Die Verdichtung von LV95 ist Gegenstand des Teils 9 der Berichtereihe zu LV95 (L+T-Bericht Nr.15).

8 Dokumentation und Archivierung der Messdaten

Im Gegensatz zu den klassischen trigonometrischen und nivellitischen Messungen, wo i.d.R. pro Messstation eine übersichtliche Zusammenstellung der gemittelten Messwerte vorliegt, ist es bei den GPS-Messungen nicht mehr sinnvoll, die riesige Anzahl Einzelmessungen auszuweisen. Eine Statistik über die verwendeten Messungen resp. Single-Differenzen der Phasenmessungen wird erst in der Berechnung der einzelnen Basislinien aufgelistet. Dennoch ist es notwendig, die auf elektronischen Datenträgern vorliegenden Originalmessungen sicherzustellen, den fehlerlosen Datenfluss zu gewährleisten und schliesslich die richtigen Messungen zu dokumentieren und zu archivieren.

Bei den Messkampagnen des LV95-Netzes liegen hauptsächlich folgende Messdaten vor:

- Original Phasenmessungen der GPS-Empfänger mit zusätzlichen Informationspaketen auf elektronischem Datenträger (sogenannte DAT-, EPH-, ION- und MES-Files)
- Präzise Satellitenbahnen der amerikanischen Defense Mapping Agency (DMA) sowie des Center für Orbit Determination in Europe (CODE)
- Stationsblätter pro Stationierung
- Terrestrische Messungen zur Einmessung der exz. Zeichen und zum Anschluss an die nahegelegenen LFP und HFP

Die in den GPS-Empfängern **elektronisch registrierten Daten** wurden (zur Datensicherung während der Messkampagne) immer nach dem Sessionsende auf einen PC und zwei magnetische Disketten im Trimble-Originalformat kopiert. Später wurden diese Rohdaten in der L+T einerseits auf Bernoullibox (grössere Speicherkapazität) kopiert und so im Archiv abgelegt. Andererseits mussten die Daten für die Weiterbearbeitung mit der Bernese GPS-Software zuerst in das internationale "RINEX"-Format umgewandelt werden. Diese "RINEX"-Daten liegen somit im System des L+T-Rechners für die Berechnungen bereit, wurden aber ebenfalls auf Bernoullibox kopiert und im Archiv der L+T abgelegt.

Damit ist eine unabhängige Datensicherung gewährleistet. Zur Zeit ist vorgesehen, den Datenträger der Bernoullibox durch die dauerhaftere und sicherere CD-ROM zu ersetzen.

Die präzisen **Satellitenbahnen** wurden von der DMA auf Disketten pro GPS-Woche geliefert, vom CODE via FTP direkt vom Rechner des AIUB herunterkopiert. Alle GPS-Messdaten, Satellitenbahninformationen und Meteomessungen wurden auf dem L+T-Rechner kampagnenweise in der Directory-Struktur der Berner GPS-Software abgelegt.

Die vom Feldpersonal **manuell geführten Stationsprotokolle** dienten einerseits dazu, alle punkt- und messspezifischen Vorkommnisse aufzuzeichnen, andererseits wurden auch die Meteodaten in diese Formulare eingetragen. Diese Unterlagen sind kampagnenweise abgelegt und dienten zudem zur Kontrolle bei der Aufarbeitung für die "RINEX"-Formate (Punktnummern, Antennenhöhen etc.).

Die **terrestrischen Messungen**, welche hauptsächlich für die Einmessung der exzentrischen Zeichen sowie für die Anschlüsse an die nahegelegenen Anschlusspunkte der Landestriangulation (LFP1), des Landesnivellementes (HFP1) und der Amtlichen Vermessung (LFP2) erhoben wurden, sind wie bei den herkömmlichen klassischen Punktbestimmungen abgelegt und liegen der Dokumentation punktweise bei (Stationsprotokolle und LTOP-Berechnungen).

9 Dank

Sämtliche Messkampagnen verliefen ohne gravierende Schwierigkeiten und Unfälle. Diese sehr positive und nicht selbstverständliche Tatsache verdanken wir allen beteiligten Personen, die sich in pflichtbewusster und kompetenter Art und Weise für das Ganze eingesetzt haben. Neben den betroffenen L+T-Mitarbeiterinnen und -Mitarbeitern gilt der besondere Dank auch allen externen Institutionen, welche sich entweder mit unterstützender Personalbeteiligung oder auch mit der Ausleihe von Messinstrumenten kenntlich gezeigt haben. Allen voran ist sicher das Landesverwaltungsamt Niedersachsen (LVA-NS) zu erwähnen, welches uns während allen Kampagnen von 1988 bis 1992 sowohl mit erfahrenen Beobachtern als auch mit mehreren GPS-Empfängern tatkräftig unterstützt hatte. Folgende weitere Stellen haben bei den Messungen einen wertvollen Beitrag geleistet: Österreichisches Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV), Eidg. Vermessungsdirektion (V+D), Eidg. Technische Hochschulen Zürich (ETHZ) und Lausanne (ETHL), Fachhochschule beider Basel (FHBB), Grunder Ingenieure AG und Bundesamt für Übermittlungstruppen (BAUEM). Mit allen durften wir in äusserst angenehmer Art und Weise zusammenarbeiten, ganz herzlichen Dank!

Literatur

- Ammann R., A. Carosio, W. Ulrich (1996): Konsequenzen der neuen Landesvermessung (LV95) für die Amtliche Vermessung (AV). *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik* 2/96, S. 66 - 69.
- 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, Bundesamt für Landestopographie, Wabern.
- Danuser G. und A. Wiget (1993): EUREF-Stationen der Schweiz. Lokale Beziehungen zwischen RETrig/DIA und EUREF/LV95. Interner Bericht des Bundesamtes für Landestopographie, Wabern 1993.
- Engelhardt G. (1994): EUREF-D/NL 1993 GPS Campaign - Results and Relation to the ITRF-91 and EUREF-89. In Gubler E. und Hornik H. (Eds.): *Report on the Symposium of the IAG Sub-commission for the European Reference Frame (EUREF), Warsaw, 8-11 June 1994, Veröffentlichungen der Bayerischen Kommission für die Internationale Erdmessung, Heft Nr. 54.* Warsaw 1994.
- 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* 2/96, S. 47-65.
- Gurtner W. und G. Beutler (1986): Die Rolle der Satellitengeodäsie in der Vermessung. *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik* 8/86, S. 336-341.
- Gurtner W., G. Beutler, S. Botton, M. Rothacher, A. Geiger, H.-G. Kahle, D. Schneider and A. Wiget (1987): The Use of GPS in Mountainous Areas. Paper presented at the XIXth IUGG General Assembly, Vancouver, Aug. 1987.
- Jeanrichard F. (Ed.; 1992): Dreidimensionales Testnetz Turtmann 1985 - 1990: Teil I. Diverse Autoren. *Geodätisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz*, Band 45, Zürich 1992.
- Jeanrichard F. (Ed.; 1995): Dreidimensionales Testnetz Turtmann 1985 - 1993: Teil II (GPS-Netz). Diverse Autoren. *Geodätisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz*, Band 51, Zürich 1995.
- Matthias H. (1977): Landestriangulation der Schweiz: Rückblick, Umschau, und Vorschläge für die zukünftige Entwicklung. *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik* 7/77, S. 221-229.
- Rothacher M. (1992): Orbits of Satellite Systems in Space Geodesy. *Geodätisch-geophysikalische Arbeiten in der Schweiz*, Band 46, Zürich 1992.
- Schneider D. (1993): Neues Konzept der Schweizerischen Landesvermessung: Erste Erfahrungen bei der Realisierung eines GPS-gestützten Landesnetzes. *Beitrag zum 31. DVW-Seminar: GPS - eine universelle geodätische Methode.* Technische Universität Dresden, 22. - 24. März 1993.
- Schneider D., E. Gubler, A. Wiget (1995): Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' Teil 1: Vorgeschichte, Konzept, Projektorganisation und Planung. *Berichte aus der L+T*, Nr.6, Bundesamt für Landestopographie, Wabern.
- Schneider D., E. Gubler, U. Marti und W. Gurtner (1995): Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz 'LV95' Teil 3: Terrestrische Bezugssysteme und Bezugsrahmen. *Berichte aus der L+T*, Nr. 8, Bundesamt für Landestopographie, Wabern.
- Signer T. und B. Vogel (1997): 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, Bundesamt für Landestopographie, Wabern (in prep.).
- Vogel B., Th. Signer, D. Gutknecht, W. Santschi (1997): Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz 'LV95'. Teil 5: GPS-Landesnetz: Netzanlage, Materialisierung, Dokumentation und Nachführung. *Berichte aus der L+T*, Nr. 11, Bundesamt für Landestopographie, Wabern.
- Wiget A., E. Gubler und D. Schneider (1991): GPS-Präzisionsnetz zur Bestimmung von rezenten Krustenbewegungen in der Nordschweiz. *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik* 8/91, S. 415-426.
- Wiget A., U. Wild, T. Signer und B. Vogel (1997b): Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz 'LV95': Teil 7: GPS-Landesnetz: Auswertung der GPS-Messungen 1988-94; Bezugsrahmen

'CHTRF95' und 'LV95'. *Berichte aus der L+T*, Nr.13, Bundesamt für Landestopographie, Wabern (in prep.).

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, Bundesamt für Landestopographie, Wabern 1995.

Abkürzungen und Begriffe

AIUB	Astronomisches Institut, Universität Bern
AP	Anschlusspunkt
AV	Amtliche Vermessung
BAUEM	Bundesamt für Übermittlungstruppen (seit 1996 BA für Unterstützungstruppen BAUT)
BEV	Oesterr. Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen
CODE	Center for Orbit Determination in Europe
DMA	Defense Mapping Agency
EPFL	Ecole Polytechnique Fédéral Lausanne
ETHZ	Eidgenössische Technische Hochschule Zürich
EUREF	European Reference Frame
FHBB	Fachhochschule beider Basel (früher IBB)
HFP	Höhenfixpunkt
IBB	Ingenieurschule beider Basel (neu: FHBB)
IGP	Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, ETH Zürich
IGM	Institut de géodésie et mensuration, EPF Lausanne
LVA-NS	Landesverwaltungsamt Niedersachsen
L1 / L2	Frequenzen der GPS-Signale
LTOP	Ausgleichungssoftware der L+T
L+T	Bundesamt für Landestopographie
LFP	Lagefixpunkt
LV	Landesvermessung
LN	Landesnivellement
V+D	Eidgenössische Vermessungsdirektion

Liste der relevanten Technischen Berichte der L+T

TB-Nr.	Titel	Autoren	Ausgabe-Datum
95-02	GPS-Netz NEOTEKTONIK NORDSCHWEIZ Konzept und Messprogramm 1995	D. Schneider A. Wiget	01. 95
95-30	Neue Landesvermessung LV95-89 Messungen und Berechnungen Teilnetz 1989	Th. Signer	1995
95-31	Neue Landesvermessung LV95-90 Messungen und Berechnungen Teilnetz 1990	B. Vogel	1995
95-32	Neue Landesvermessung LV95-91 Messungen und Berechnungen Teilnetz 1991	D. Gutknecht Th. Signer	1995
95-33	Neue Landesvermessung LV95-91A Anschlusskampagne 1991	D. Gutknecht Th. Signer	1995
95-34	Neue Landesvermessung LV95-92 Messungen und Berechnungen Teilnetz 1992	W. Santschi U. Wild	1995
95-35	Neue Landesvermessung LV95-92A Anschlusskampagne 1992	W. Santschi A. Wiget	1995
95-36	Neue Landesvermessung LV95-94A Anschlusskampagne 1994	D. Gutknecht U. Wild	1995
95-37	Neue Landesvermessung LV95-94Oberarth Ergänzungsnetz Oberarth 1994	W. Santschi Th. Signer	1995
95-38	Neue Landesvermessung LV95 Choix des emplacements et matérialisation des points (1989-1992)	D. Gutknecht B. Vogel W. Santschi	1995
95-39	Neue Landesvermessung LV95 Zusammenstellung der Anschlüsse an die LV03 und das LN02	B. Vogel	1997
96-05	GPS-Netz NEOTEKTONIK NORDSCHWEIZ Messkampagne 1995 und Deformations-Grobanalyse 1988-95	A. Wiget E. Gubler und D. Schneider	06. 96
96-12	EUREF - CH '92 / 93: Swiss GPS Campaigns for the densification of EUREF and the establishment of the new national network 'LV95'	A. Wiget	01. 96
96-20	Einmessung LV95(EUREF)-Neupunkt Generoso 1995: GPS-Messungen vom 25.-26.4.1995	U. Wild	6. 96

Liste der L+T-Publikationen

Nr.	Titel (Autoren)	Ausgabe	Preis
1	Jahresbericht / Rapport annuel 1993	1994	
2	Publikationen 1980–93 Publications 1980–93	1994	CHF 8.-
3	Die neue Strassenkarte 1:200'000 (H.U. Feldmann und M. Oehrli) Die neue Landeskarte 1:1'000'000 (H.U. Feldmann)	1995	CHF 10.-
4	Jahresbericht / Rapport annuel 1994	1995	
5	Jahresbericht / Rapport annuel 1995	1996	
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	CHF 8.-
7	Teil 2: Geostation Zimmerwald: Satellite Laser Ranging (SLR) und GPS-Permanentbetrieb (U. Wild und W. Gurtner)	1995	CHF 8.-
8	Teil 3: Terrestrische Bezugssysteme und Bezugsrahmen (D. Schneider, E. Gubler, U. Marti und W. Gurtner)	in prep.	
9	Teil 4: Diagnoseausgleichung der Triangulation 1. und 2. Ordnung 'DIA93' (H. Chablais, Th. Signer und B. Vogel)	1995	CHF 8.-
10	Jahresbericht / Rapport annuel 1996	1997	
11	Aufbau der neuen Landesvermessung der Schweiz 'LV95': Teil 5: GPS-Landesnetz: Netzanlage, Materialisierung, Dokumentation und Nachführung (W. Santschi, D. Gutknecht, Th. Signer, und B. Vogel)	in prep.	
12	Teil 6: GPS-Landesnetz: GPS-Messungen 1988-94 (B. Vogel, D. Gutknecht, W. Santschi, T. Signer und A. Wiget)	1997	CHF 8.-
13	Teil 7: GPS-Landesnetz: Auswertung der GPS-Messungen 1988-94; Bezugsrahmen 'CHTRF95' und 'LV95' (A. Wiget, U. Wild, T. Signer und B. Vogel)	in prep.	
14	Teil 8: Gesamtausgleichungen des GPS-Landesnetzes mit dem Diagnosenetz der Triangulation 1. und 2. Ordnung 'DIA95' (D. Schneider, T. Signer, B. Vogel und A. Wiget)	in prep.	
15	Teil 9: GPS-Landesnetz: Verdichtung und Bezug zur bisherigen Landesvermessung. Transformation 'LV95 <-> LV03' (T. Signer und B. Vogel)	in prep.	